

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039804**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.03.15

(21) Номер заявки
202092212

(22) Дата подачи заявки
2019.03.20

(51) Int. Cl. **F28F 9/02** (2006.01)
F28F 27/00 (2006.01)
F16J 15/02 (2006.01)
F28D 7/16 (2006.01)

(54) УКУПОРЧНЫЕ УЗЛЫ ТЕПЛООБМЕННИКОВ И СПОСОБЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ И МОНТАЖА

(31) 62/645,662

(32) 2018.03.20

(33) US

(43) 2021.02.28

(86) PCT/US2019/023097

(87) WO 2019/183176 2019.09.26

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЛАММУС ТЕКНОЛОДЖИ ИНК. (US)

(56) US-A1-20090095453
US-A1-20020144806
US-A-4961464
US-A-5984001
US-A-4750554

(72) Изобретатель:
Джибб Ричард, Джей Тревор (US),
Букхаудер Хэнк (NL), Гроппи Роберт
(US), Бриньон Винченцо Марко (NL),
Эберли Рэнди, Крич Дэвид, Мичем
Элизабет (US)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Предложен узел теплообменника, включающий в себя удлиненный трубчатый корпус теплообменника, ограничивающий внутреннюю камеру. В пределах внутренней камеры корпуса теплообменника расположена трубная решетка, разделяющая внутреннюю камеру на межтрубное пространство и внутриканальное пространство. Конфигурация внутреннего участка обеспечивает прием с возможностью извлечения пучка труб, расположенного в пределах межтрубного пространства внутренней камеры. В пределах внутриканального пространства внутренней камеры корпуса теплообменника расположен кольцевой втулочный элемент. В пределах внутриканального пространства внутренней камеры теплообменника расположен кольцевой элемент, подвергающийся упругому кручению, так что втулочный элемент располагается между трубной решеткой и элементом, подвергающимся упругому кручению. Элемент, подвергающийся упругому кручению, имеет внутреннюю окружную поверхность, отклоняемую относительно его внешней окружной поверхности для кручения элемента, подвергающегося упругому кручению.

039804 B1

039804 B1

Перекрестная ссылка на родственную заявку

В этой заявке испрашивается приоритет по заявке № 62/645662 на патент США, поданной 20 марта 2018 г., которая во всей ее полноте включена сюда посредством ссылки.

Область техники, к которой относится изобретение

Предложенные варианты осуществления относятся к укупорочным узлам теплообменников и способам их применения и монтажа, конкретнее к системам и способам укупорки для герметизации предназначенных для высокого давления теплообменников кожухотрубного типа, имеющих съемные пучки труб, а еще конкретнее к укупорочным узлам теплообменников, конфигурация которых позволят выдерживать изменяющиеся тепловые нагрузки, имеющих узел укупорочной пробки, который крепится к каналу теплообменника с помощью запорного узла.

Уровень техники

Теплообменники кожухотрубного типа образуют основную часть теплопередающего оборудования без огневого подвода теплоты на химических заводах, нефтеперерабатывающих заводах, тепловых электростанциях и аналогичных сооружениях. Среди наиболее популярных теплообменников, относящихся к основному типу кожухотрубных теплообменников и находящихся в настоящее время, следует отметить теплообменники, имеющие съемные пучки труб, такие как теплообменники с U-образными трубами и плавающей головкой, или имеющие несъемные пучки с неподвижными трубными решетками. На практике желательным обычно является наличие съемного пучка труб, чтобы теплообменник можно было периодически выводить из эксплуатации, извлекать пучок труб для очистки и визуального контроля, а потом собирать снова. Также может оказаться желательным гидростатическое или пневматическое испытание межтрубного пространства трубных теплообменников со съемными пучками труб таким образом, что оказались бы возможными визуальный осмотр или проверка соединений труб и прокладок трубных решеток и можно было бы легко локализовать и устранить утечки. Для извлечения пучка следует предусмотреть укупорку, которую можно было бы открывать быстро и надежно после длительного периода работы в условиях изменяющихся тепловых нагрузок и давлений, обуславливаемых давлениями. Проблемы, связанные с разборкой, извлечением, гидростатическими и пневматическими испытаниями и повторной сборкой, особенно остры, когда трубный теплообменник оказывается относительно крупным (свыше 9144 см (36 дюймов) в диаметре) и предназначен для операций при высоком давлении, превышающем 689475 МПа (1000 фунт-сил на кв. дюйм), поскольку вес требуемых внутренних компонентов становится большим. Конкретным типом укупорки, который разработан для этой цели, является "резьбовая пробка", также известная как укупорка типа "замка лопаточного венца турбины", в которой используется множество взаимно блокируемых ниток резьбы для крепления узла крышки запорного кольца по месту. Основное преимущество системы этого типа заключается в том, что она исключает крупный фланец крышки канала и болтовое крепление других конструкций теплообменников высокого давления. Существуют две общие классификации теплообменников типа резьбовой пробки, описанных в известных технических решениях. В приложениях, где давления превышают 689475 МПа (1000 фунт-сил на кв. дюйм) на обеих сторонах трубной решетки, чтобы сама трубная решетка подвергалась только меньшему перепаду давлений, можно предусмотреть полностью съемную укупорку "в стиле А", вследствие чего можно было бы извлечь пучок, не снимая крышку кожуха. Если разность давлений оказывается слишком высокой, удобнее снимать крышку кожуха, чтобы получать доступ к пучку, и в этом случае можно было бы использовать укупорку "в стиле В".

Более того укупорочные узлы, используемые в теплообменниках этого типа, должны быть достаточно жесткими, чтобы выдерживать внутреннее давление без значительного перемещения укупорочного узла относительно канала, поскольку это приведет к частичному или полному разъединению ниток резьбы, используемых для крепления укупорочного узла. Вместе с тем узел также должен быть достаточно гибким, чтобы выдержать ожидаемые тепловые нагрузки, возникающие во время работы. Ожидаемые тепловые нагрузки представляют собой изменения температуры во времени, которые могут возникать в течение первоначального запуска или последующих ремонтов, либо в случае нарушения производственного процесса или остановки предприятия, причем любое отдельное событие из числа этих может привести к дифференциальному тепловому расширению внутренних компонентов относительно канала. Тепловые нагрузки, если с ними не удастся справиться должным образом в одном или нескольких вариантах осуществления, могут, в свою очередь, вызывать неравномерную пластическую деформацию внутренних компонентов, так что нагрузка на прокладки больше не оказывается равномерно распределенной, а в конечном счете узел начинает течь. В частности, поскольку внутренние компоненты теплообменника часто подвергаются более высокому тепловому расширению, чем канал, из-за различающихся коэффициентов теплового расширения или того факта, что более тонкие компоненты могут нагреваться с большей скоростью, чем толстые материалы канала, жесткий укупорочный узел нежелателен, если он приводит к пластической деформации внутренних компонентов, которая приводит к разгрузке прокладок и утечке; и более высокой нагрузке на резьбовые участки укупорочного узла и канала, что может привести к деформации резьбы. Все вышеупомянутые обстоятельства и условия работы привели к заимствованию многих разных технических решений, которые оказались успешными лишь частично, потому что они решили только некоторые из проблем, внося при этом другие, что особенно справедливо для прило-

жений, где температура, давление и габариты характерны на стороне высокого давления.

Во всех этих известных технических решениях узел резьбового запорного кольца и крышки (или "укупорочную пробку") надо поворачивать несколько раз, обычно 20 или более, чтобы полностью ввести в зацепление нитки резьбы в запорном кольце с нитками резьбы в канале теплообменника. Этому надо уделить особое внимание, поскольку узел запорного кольца должен быть точно центрован и оперт, находясь снаружи канала при повороте в нужное положение. В частности, поскольку нельзя допустить, чтобы вес укупорочной пробки приходился на нитки резьбы, точность манипулирования такой тяжелой деталью оборудования (целых 9450 кг (21000 фунтов)) требует специализированного зажимного приспособления, поставляемого с теплообменником. Разработаны различные конструкции зажимных приспособлений. В некоторых случаях используют консольную систему противовесов, чтобы сбалансировать вес запорного кольца. В других случаях зажимное приспособление крепят непосредственно к каналу.

Вместе с тем специальное зажимное приспособление другой функции не имеет и поэтому может использоваться нечасто, так что бригада, работающая на теплообменнике, в этом контексте опыта не имеет, а в своих действиях полностью руководствуется инструкциями, предоставляемыми фирмой-изготовителем. В наихудшем случае существует опасность причинения травм производственному персоналу, работающему на теплообменнике, если тяжелый узел не закреплен в зажимном приспособлении правильно. Всегда есть риск, что укупорочная пробка может застрять или нитки резьбы могут оказаться поврежденными во время вставления или извлечения. Это справедливо, в частности, когда укупорочную пробку сначала вставляют в канал теплообменника. Во время остановок оборудования или ремонтов критично время, так что любой незапланированный простой, связанный с застрявшей укупорочной пробкой, может приводить к значительным финансовым потерям для химического или нефтеперерабатывающего завода.

Трудность манипулирования запорным кольцом означает, что нежелательно вставлять и удалять запорное кольцо больше одного раза в течение события технического обслуживания. Если необходимо проводить ремонты на трубах или других работающих под давлением компонентах, гидростатическое или пневматическое испытание в межтрубном пространстве следует проводить без крышки, установленной по месту, чтобы осуществить визуальный контроль и убедиться в отсутствии утечек. Ранее созданные конструкции предусматривали использование временного внутреннего фланца для того, чтобы нагружать прокладку при проведении гидравлических испытаний межтрубного пространства теплообменника. Позже созданные конструкции, такие как продемонстрированная в патенте США № 4750554, обеспечивают механизм приложения нагрузки от внутреннего фланца параллельно нагрузке от внутреннего ряда болтов. Для этих позже созданных конструкций внутренний ряд болтов, находящийся в наружном запорном кольце, используется, чтобы нагружать прокладку трубной решетки только в случае утечки. Внутренние компоненты, необходимые для достижения этой функции, могут быть довольно сложными, и, хотя конструкцию оптимизировали должным образом, количество деталей и сложность увеличивают риск их неправильного монтажа, а также внесения увеличенных затрат на изготовление. Поскольку внутренний фланец находится в контакте с технологической текучей средой, болты могут оказаться подверженными коррозии или покрытыми образованиями кокса и понадобится срезать или высверливать последние. Более того дифференциальное тепловое расширение внутренних компонентов может вызывать повреждение или деформацию узла внутреннего фланца, что приводит к затруднению при извлечении и повторном использовании узла.

Следовательно, известные технические решения не решают проблему манипулирования укупорочной пробкой во время вставления и извлечения, а также при обеспечении испытаний под воздействием давления при сохранении более простой конструкции для внутренних компонентов.

Хотя резьбовая укупорочная пробка теплообменника может отвечать нормам проектирования, применяемым для деталей, находящимся под давлением, в пределах границы конструкции оборудования, находящейся под давлением, есть другие компоненты, которые повлияют на затраты, обеспечивающие надежность и срок службы оборудования этого типа. Существует потребность в устройстве, которое будет достаточно жестким, чтобы ограничить перемещение под нагрузкой, обуславливаемой давлением, и при этом избежать причинения повреждения внутренним компонентам в ожидаемых условиях тепловой нагрузки и предоставить отказоустойчивую защиту работающему под давлением сооружению (ниткам резьбы) и т.д. в условиях экстремальной тепловой нагрузки.

Следовательно, в известных технических решениях существует неудовлетворенная потребность в укупорочных узлах теплообменников, конфигурация которых позволяет выдержать изменяющиеся тепловые нагрузки и которые включают в себя запорное кольцо и крышку, которые можно было бы легче монтировать и удалять по потребности, не пользуясь специализированным манипуляционным оборудованием.

Сущность изобретения

Назначение и преимущества описываемых ниже иллюстрируемых вариантов осуществления будут изложены в следующем далее описании и станут ясными из него. Дополнительные преимущества иллюстрируемых вариантов осуществления будут реализованы и достигнуты посредством устройств, систем и способов, информация о которых особо подчеркнута в письменном описании и формуле изобретения, а

также следуют из прилагаемых чертежей.

Чтобы достичь этих и других преимуществ и в соответствии с назначением иллюстрируемых вариантов осуществления в одном аспекте, описываются системы и способы укупорки для теплообменников кожухотрубного типа, в которых конфигурация укупорочных узлов теплообменников позволяет выдерживать изменяющиеся тепловые нагрузки и которые включают в себя запорное кольцо, крепящееся к каналу теплообменника с помощью множества взаимно блокируемых ступиц или ниток резьбы.

Как отмечалось ранее, особую озабоченность у конечных потребителей теплообменников кожухотрубного типа вызывает следующее:

утечка через прокладки, приводящая к выбросу технологических текучих сред, таких как водород и/или углеводород, в окружающую среду;

технологические утечки между текучими средами межтрубного пространства и внутритрубного пространства;

более длительные, чем ожидаемые, времена технического обслуживания из-за заедания укупорочной пробки во время установки-извлечения; и

сложность большого количества внутренних компонентов и специализированного оборудования, которое требуется для того, чтобы опереть укупорочную пробку во время вставления или извлечения.

В соответствии с определенными вариантами осуществления, иллюстрируемыми здесь, раскрываемые сейчас способы и системы для открывания, закрывания и герметизации теплообменника высокого давления предусматривают применение узла крышки и запорного кольца (например, укупорочной пробки), посредством которого укупорочную пробку вставляют в канал теплообменника за одно линейное перемещение и поворачивают предпочтительно менее чем на один-единственный оборот (например, оборот менее чем на 360°) в запорное положение. Несущие нагрузку поверхности (например, ступицы) предпочтительно не находятся в контакте до тех пор, пока не будет приложен последний поворот, эффективно запирающий укупорочную пробку в теплообменник высокого давления. Канал теплообменника высокого давления предпочтительно подвергнут механической обработке с получением первого комплекта ступиц, а запорное кольцо подвергнуто механической обработке с получением второго - дополняющего - комплекта ступиц, чтобы при повороте укупорочной пробки первый комплект ступиц вступал в расцепляемое зацепление со вторым комплектом ступиц. В определенных вариантах осуществления рядом с одним или несколькими комплектами ступиц на запорном кольце и/или канале можно крепить направляющую, чтобы обеспечить приподнятую секцию вдоль одной стороны, что

(i) предотвращает излишний поворот,

(ii) обеспечивает несущую поверхность для вставления узла запорного кольца и

(iii) предотвращает причинение повреждений несущим нагрузку поверхностям.

В определенных иллюстративных вариантах осуществления запорное кольцо подвергнуто механической обработке с получением некоторого предписанного количества (например, 8) комплектов ступиц запорного кольца, а канал теплообменника подвергнуто механической обработке с получением некоторого соответствующего количества комплектов ступиц канала. Специалисты в данной области техники легко поймут, что в рамках изобретательских аспектов данного изобретения количество соответствующих комплектов ступиц можно изменять. В определенных иллюстративных вариантах осуществления, профиль ступиц представляет собой некоторую форму упорной резьбы.

Следует понимать, что определенные преимущества иллюстрируемых вариантов осуществления включают в себя узел укупорочной пробки, который можно монтировать с помощью единственного линейного перемещения и без необходимости специализированного зажимного приспособления или инструмента. Как только узел укупорочной пробки оказывается в нужном положении, где он полностью оперт на канал теплообменника, его запирают посредством единственного частичного оборота (например, поворота пробочного элемента на $22,5^\circ$). Риск заедания укупорочной пробки относительно канала теплообменника исключается. Кроме того, манипулирование пробочным элементом становится безопаснее, поскольку поворот не требуется до тех пор, пока укупорочная пробка не станет полностью опертой относительно теплообменника. Для перемещения укупорочного пробочного элемента в нужное место можно использовать легкодоступное оборудование, такое как краны, тягачи пучков и автопогрузчики с вильчатым захватом, тем самым исключая затраты, связанные со специализированным зажимным приспособлением. Монтаж становится безопаснее, потому что узел запорного кольца и пробку не надо поворачивать одновременно, оставляя их подвешенными и центрованными с помощью противовесов или консоли, а вместо этого предпочтительно обеспечивая скольжение вдоль специально спроектированных направляющих, которые также служат для того, чтобы обеспечить упор при повороте. Направляющим приданы размеры, позволяющие гарантировать, что узел запорного кольца укупорочной пробки будет всем своим весом покоиться на несущих нагрузку поверхностях ступиц.

В соответствии с иллюстрируемыми вариантами осуществления вставление и извлечение узла укупорочной пробки можно проводить быстрее, чем в случае известной резьбовой конструкции. Более быстрое вставление и извлечение позволяет применять упрощенные внутренние компоненты, в частности за счет исключения необходимости внутреннего фланца. В определенных вариантах осуществления, чтобы запереть кольцо узла укупорочной пробки в нужном месте, требуется лишь частичный оборот

(например, поворот на $22,5^\circ$) узла укупорочной пробки относительно трубы теплообменника в отличие от типичных 20 или более полных оборотов согласно известной конструкции. В результате обеспечивается гибкость при выборе формы несущей нагрузки поверхности укупорочной пробки, позволяя сделать ее более оптимальной, чем в случае традиционной дюймовой трапецидальной резьбы, используемой в известных технических решениях.

Что касается известных конструкций и способов, то затяжка винтовой резьбы сравнима со вбиванием клина в зазор до тех пор, пока не произойдет быстрое застревание из-за трения и незначительной пластической деформации. Таким образом, нитка резьбы должна продвигаться на некоторое линейное расстояние в процессе поворота, чтобы достичь полного зацепления. Известные конструкции в типичных случаях предусматривают использование трапецидальной резьбы, обычно с шагом 25,4 мм (1 дюйм), чтобы один полный оборот мог обеспечить продвижение на 25,4 мм (1 дюйм) в канал. В отличие от этого конструкции ступиц согласно определенным иллюстрируемым вариантам осуществления данного изобретения имеют, например, предусматривающую взаимоблокировку или встречно-гребенчатую геометрию с наружной и внутренней резьбами, которые вступают в зацепление посредством вращения в одной плоскости и которые предпочтительно используют форму ступиц (например, конфигурацию упорной резьбы), которая жестче и оказывается более подходящей, когда усилие на ступице приложено главным образом в одном направлении. На ступицах предусмотрены направляющие, конфигурация которых гарантирует, что запорное кольцо узла пробки будет правильно центровано во время вставления, а излишний поворот не произойдет. Направляющие также функционируют, защищая ступицы во время сборки укупорочного пробочного элемента с трубой теплообменника.

Таким образом, отличительным преимуществом, обеспечиваемым иллюстрируемыми вариантами осуществления, является исключение необходимости специализированных "зажимных приспособлений", требующихся для того, чтобы опирать и центровать запорное кольцо во время его поворота. В соответствии с иллюстрируемым вариантом осуществления данного изобретения поворот укупорочной пробки происходит, как только запорное кольцо пробки полностью вставлено в канал, так что конструкция запорного кольца значительно сокращает время, затрачиваемое на открывание и закрывание теплообменника для операций технического обслуживания, исключает необходимость специального оборудования для погрузочно-разгрузочных операций и таким образом снижает риск неправильного монтажа, результатом которого будет утечка. Сокращая время открывания и закрывания, можно также исключить внутренний фланец, используемый в целях испытаний под действием давления, что значительно сокращает количество компонентов, которые должны быть вставлены и/или извлечены для получения доступа к пучку труб.

Следует отметить, что иллюстрируемые варианты осуществления данного изобретения направлены на создание теплообменных сооружений, допускающих тепловое расширение при изменяющихся тепловых нагрузках во время работы за счет использования элемента, подвергающегося упругому кручению. Принимая во внимание ожидаемое тепловое расширение, с помощью элемента, подвергающегося упругому кручению, герметизацию можно поддерживать на протяжении многочисленных рабочих циклов без регулирования работающих на сжатие болтов на укупорочной пробке. Ожидаемые тепловые нагрузки включают в себя нагревание и охлаждение компонентов вследствие запуска, останова, флуктуации скоростей потоков текучих сред и нечастых, но прогнозируемых событий, таких как останов предприятия или внезапный аварийный останов. В случае экстремальной тепловой нагрузки, которая вызывает тепловое расширение внутренних компонентов, выходящее за пределы диапазона, учтенного при проектировании, критичной оказывается защита ступиц укупорочного узла от повреждений, вследствие чего подвергающийся кручению элемент проектируют, придавая ему конфигурацию, обуславливающую пластическую деформацию выше некоторого диапазона упругого отклонения. Следует понимать, что в случае известных конструкций и способов требовалось использование специализированных процедур сборки, чтобы сохранить герметизацию внутренней прокладки трубной решетки, зачастую влекущую за собой повторную затяжку работающих на сжатие болтов во время работы. Даже при этих процедурах во время работы может возникать пластическая деформация внутренних элементов из-за дифференциального теплового расширения. Как отмечалось выше, данное изобретение позволяет обойти это затруднение.

В соответствии с определенными иллюстрируемыми вариантами осуществления данного изобретения для герметизации кожухотрубного теплообменника высокого давления разработаны укупорочные узлы, которым придана конфигурация типа "резьбовой пробки" и которые поддерживают герметизацию у трубной решетки теплообменника под действием давления и изменяющихся тепловых нагрузок. Наружную герметизацию укупорочного узла предпочтительно обеспечивают узлом диафрагмы и прокладкой. Герметичность прокладки диафрагмы предпочтительно поддерживают посредством внешнего ряда нажимных болтов, а внутреннюю герметизацию предпочтительно обеспечивают второй прокладкой, находящейся у трубной решетки, которая нагружена внутренним рядом нажимных болтов. В соответствии с определенными иллюстрируемыми вариантами осуществления нагрузка внутренней герметизации трубной решетки теплообменника передается через работающее на сжатие кольцо, элемент, подвергшийся упругому кручению, и втулочный элемент. Следует понимать, что элемент, подвергшийся упругому кручению, опирается в областях, где он контактирует со втулочным элементом и работающим на

сжатие кольцом.

Во время процедуры сборки согласно определенным иллюстрируемым вариантам осуществления данного изобретения пучок труб с прокладкой трубной решетки вставляют в трубу теплообменника, после чего втулочный элемент, элемент, подвергающийся упругому кручению, а за ними укупорочный пробочный элемент, предпочтительно имеющий узел крышки и запорного кольца. Кроме того, рядом с укупорочной пробкой в трубе теплообменника предусматривают диафрагму и прокладку диафрагмы для обеспечения герметичности. Укупорочный пробочный элемент крепится с возможностью открепления к имеющему открытый конец каналу трубы теплообменника путем поворота укупорочного пробочного элемента коаксиально вокруг продольной оси теплообменника за одно линейное перемещение, и предпочтительно поворачивают его менее чем на один-единственный оборот, чтобы разместить в запорном положении. Следует по достоинству оценить тот факт, что несущие нагрузку поверхности не находятся в несущем контакте друг с другом до тех пор, пока к укупорочной пробке не будет приложен последний поворот.

В соответствии с определенными иллюстрируемыми вариантами осуществления данного изобретения вышеупомянутые несущие нагрузку поверхности укупорочной пробки и имеющего открытый конец канала трубы теплообменника предпочтительно включают в себя первый комплект ступиц, предусмотренный (например, посредством механической обработки) на укупорочной пробке, и второй - дополняющий - комплект ступиц, предусмотренный (например, посредством механической обработки) на участке имеющего открытый конец канала трубы теплообменника, чтобы при повороте укупорочной пробки первый комплект ступиц вводился в зацепление (встречно-гребенчатое) со вторым комплектом ступиц. Следует понимать, что на укупорочной пробке и/или имеющем открытый конец канале теплообменника можно предусмотреть один или несколько комплектов секций ступиц с тем, чтобы они включали в себя приподнятую секцию (например, направляющую), конфигурация которой обеспечивает

- (i) предотвращение избыточного поворота,
- (ii) несущую поверхность для вставления укупорочной пробки и при этом
- (iii) предотвращение причинения повреждений несущим нагрузку поверхностям, как укупорочной пробки, так и имеющего открытый конец канала трубы теплообменника.

В еще одном аспекте предложен теплообменный узел теплообменника, включающий в себя удлиненный трубчатый корпус теплообменника, ограничивающий внутреннюю камеру. В пределах внутренней камеры корпуса теплообменника расположена трубная решетка, разделяющая внутреннюю камеру на межтрубное пространство и внутриканальное пространство. Конфигурация внутреннего участка обеспечивает прием с возможностью извлечения пучка труб, расположенного в пределах межтрубного пространства внутренней камеры. В пределах внутриканального пространства внутренней камеры корпуса теплообменника расположен кольцевой втулочный элемент. В пределах внутриканального пространства внутренней камеры теплообменника расположен кольцевой элемент, подвергающийся упругому кручению, чтобы втулочный элемент оказался расположенным между трубной решеткой и элементом, подвергающимся упругому кручению. Элемент, подвергающийся упругому кручению, имеет внутреннюю окружную поверхность, отклоняемую относительно его внешней окружной поверхности для кручения элемента, подвергающегося упругому кручению. Кроме того, теплообменник может дополнительно содержать одну или несколько следующих особенностей:

- i) перегородочный узел перегородки, где втулочный элемент расположен в пределах внутриканального пространства внутренней камеры корпуса теплообменника, для направления текучей среды из окна, проходящего сквозь корпус по меньшей мере к двум или более трубам в пучке труб;
- ii) прокладку трубной решетки, расположенную между трубной решеткой и буртиком, сформированным в пределах внутренней камеры корпуса теплообменника, и несущее кольцо, расположенное в пределах внутренней камеры корпуса теплообменника, при этом элемент, подвергающийся упругому кручению, расположен между втулочным элементом и несущим кольцом;
- iii) по меньшей мере два окна, проходящих сквозь корпус для обеспечения входа и выхода текучей среды во внутриканальное пространство внутренней камеры корпуса теплообменника и из этого пространства;
- iv) при этом конфигурация элемента, подвергающегося упругому кручению, обеспечивает упругое отклонение вплоть до предела упругого отклонения и пластическое отклонение сверх предела упругого отклонения, чтобы элемент, подвергающийся упругому кручению, отклонялся упруго, выдерживая дифференциальное тепловое расширение и избегая причинение повреждений компонентам теплообменника, когда теплообменник находится в условиях предварительной нагрузки и ожидаемых нагрузки, обуславливаемой давлением, и тепловой нагрузки;
- v) при этом конфигурация элемента, подвергающегося упругому кручению, обеспечивает опору в первой области контакта, где элемент, подвергающийся упругому кручению, контактирует со втулочным элементом, и во второй области контакта, где элемент, подвергающийся упругому кручению, контактирует с несущим кольцом;
- vi) при этом элемент, подвергающийся упругому кручению, имеет четырехугольное поперечное сечение, имеющее скругленные углы;

vii) при этом множество элементов, подвергающихся упругому кручению, последовательно уложены стопой друг относительно друга;

viii) при этом конфигурация элемента, подвергающегося упругому кручению, обеспечивает наличие внешнего радиуса "А" и внутреннего радиуса "В", где внешний радиус меньше, чем внутренний радиус канала внутренней камеры, конфигурация которой обеспечивает прием пучка труб, где отношение "А" к "В" меньше 3;

ix) при этом конфигурация элемента, подвергающегося упругому кручению, обеспечивает наличие высоты "Н", которая составляет приблизительно 50% его предела упругого отклонения, и наличие некоторой толщины "Т", чтобы элемент, подвергающийся упругому кручению, деформировался пластически сверх предела его упругого отклонения;

x) укупорочный узел для герметизации внутриканального пространства внутренней камеры корпуса теплообменника, где укупорочный узел включает в себя запорный кольцевой элемент и крышечный элемент, которые крепятся с возможностью открепления к корпусу теплообменника с помощью запорного узла;

xi) запорный узел, включающий в себя множество разнесенных секций ступиц запорного кольца, конфигурация которых обеспечивает правильное смыкание с соответствующими секциями ступиц канала, сформированными на участке цилиндрической внутренней поверхности корпуса теплообменника;

xii) диафрагму, расположенную так, что внутриканальное пространство внутренней камеры примыкает к стопорному кольцевому и крышечному элементам, и прокладку диафрагмы, прижатую к диафрагме, когда запорный кольцевой элемент крепится с возможностью открепления к корпусу теплообменника;

xiii) при этом укупорочный узел дополнительно включает в себя множество первых удлиненных работающих на сжатие элементов, предусмотренных вдоль участка внешнего радиуса укупорочного узла с тем, чтобы передавать усилие первому работающему на сжатие кольцу, которое передает усилие участку обода диафрагмы и прокладке диафрагмы, и множество вторых удлиненных работающих на сжатие элементов, предусмотренных вдоль участка внутреннего радиуса укупорочного узла с тем, чтобы передавать усилие второму работающему на сжатие кольцу, которое передает усилие к участку диафрагмы, заставляя участок диафрагмы отклоняться дистально от крышечного элемента к элементу, подвергающемуся упругому кручению, когда укупорочный узел крепится с возможностью открепления к корпусу теплообменника;

xiv) при этом конфигурация трубной решетки, втулочного элемента, несущего кольца, первого и второго работающих на сжатие колец, запорного кольца и первого и второго работающих на сжатие элементов обеспечивает сохранение упругости вплоть до достижения или превышения суммарной осевой нагрузки, являющейся результатом предварительной нагрузки, тепловой нагрузки и нагрузки, обуславливаемой давлением, когда укупорочный узел крепят к корпусу теплообменника;

xv) при этом удлиненные работающие на сжатие элементы предварительно нагружены, работающие на сжатие элементы сообщают предварительную нагрузку по первой траектории осевой нагрузки к первой области контакта элемента, подвергающегося упругому кручению, которая передает предварительную нагрузку по траектории крутильной нагрузки через элемент, подвергающийся упругому кручению, ко второй области контакта элемента, подвергающегося упругому кручению, которая передает предварительную нагрузку по второму пути осевой нагрузки прокладке трубной решетки;

xvi) при этом нагрузки, обуславливаемые давлением технологических текучих сред в теплообменнике, прикладываются в пределах обычного предписываемого порогового диапазона, а конфигурация элемента, подвергающегося упругому кручению, обеспечивает упругую деформацию, позволяющую его внешней окружной поверхности совершать осевое перемещение к укупорочному узлу, при этом нагрузки, обуславливаемые давлением технологических текучих сред в корпусе теплообменника, снижают нагрузку на элемент, подвергающийся упругому кручению, за счет деформации укупорочного узла дистально от трубной решетки, а конфигурация элемента, подвергающегося упругому кручению, обеспечивает упругое отклонение вплоть до предела упругого отклонения и пластическое отклонение сверх предела упругого отклонения, чтобы элемент, подвергающийся упругому кручению, выдерживал дифференциальное тепловое расширение во избежание причинения повреждений компонентам теплообменника, когда теплообменник находится в условиях предварительной нагрузки и ожидаемых нагрузки, обуславливаемой давлением, и тепловой нагрузки.

В еще одном аспекте предложен процесс сборки узла трубного теплообменника, заключающийся в том, что обеспечивают удлиненный корпус теплообменника, имеющий внутреннюю камеру, определяющую продольную ось и имеющий открытый конец цилиндрического канала. Обеспечивают укупорочный узел, имеющий запорный узел, конфигурация которого обеспечивает крепление к открытому концу цилиндрического канала удлиненного корпуса теплообменника. Вставляют запорный узел укупорочного узла в открытый конец цилиндрического канала аксиально вдоль продольной оси внутренней камеры теплообменника, чтобы несущие поверхность нагрузку каждого из укупорочного узла и внутренней стенки удлиненного корпуса теплообменника не контактировали друг с другом. Поворачивают укупорочный узел вокруг продольной оси удлиненного корпуса теплообменника, чтобы вызвать крепле-

ние с возможностью открепления запорного узла к взаимодействующему запорному узлу, предусмотренному на внутренней стенке удлиненного корпуса теплообменника, чтобы вызвать контакт несущих нагрузку поверхностей друг с другом с целью передачи нагрузки между укупорочным узлом и удлиненным теплообменником. Кроме того, процесс сборки трубного теплообменника может дополнительно включать в себя один или несколько следующих особенностей:

i) поворачивают укупорочный узел менее чем на 360° , чтобы вызвать крепление с возможностью открепления запорного узла укупорочного узла к взаимодействующему запорному узлу, предусмотренному на внутренней стенке удлиненного корпуса теплообменника;

ii) обеспечивают формирование байонетного запорного узла совместно запорным узлом укупорочного узла и запорным узлом, предусмотренным на внутренней стенке удлиненного корпуса теплообменника;

iii) при этом байонетный запорный узел включает в себя множество разнесенных секций ступиц запорного кольца, предусмотренных на участке внешней поверхности укупорочного узла, и множество разнесенных секций ступиц запорного кольца, предусмотренному на внутренней стенке удлиненного корпуса теплообменника, конфигурация которых обеспечивает правильное смыкание с соответствующими секциями ступиц канала, сформированными на укупорочном узле;

iv) перед вставлением запорного узла вставляют прокладку трубной решетки в открытый конец цилиндрического канала аксиально вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с конфигурацией буртика канала, сформированной в удлиненном корпусе теплообменника, вставляют трубную решетку в открытый конец цилиндрического канала аксиально вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с прокладкой трубной решетки для ограничения межтрубного пространства и внутриканального пространства в пределах внутренней камеры удлиненного корпуса теплообменника, где конфигурация внутренней камеры обеспечивает прием с возможностью извлечения пучка труб, расположенного в пределах межтрубного пространства внутренней камеры, вставляют кольцевой втулочный элемент в открытый конец цилиндрического канала аксиально вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с трубной решеткой, вставляют элемент, подвергающийся упругому кручению, в открытый конец цилиндрического канала вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом со втулочным элементом, вставляют несущее кольцо в открытый конец цилиндрического канала вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с элементом, подвергающимся упругому кручению, и вставляют диафрагму в открытый конец цилиндрического канала вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с несущим кольцом;

v) регулируют множество первых внешних удлиненных работающих на сжатие элементов, предусмотренных вдоль участка внешнего радиуса укупорочного узла, которые проходят в укупорочном узле коаксиально вдоль продольной оси укупорочного узла с целью передачи усилия первому работающему на сжатие кольцу, которое передает усилие на участок обода диафрагмы и прокладку диафрагмы с целью сжатия прокладки диафрагмы у диафрагмы, и регулируют множество вторых внутренних работающих на сжатие элементов, предусмотренных вдоль участка внутреннего радиуса укупорочного узла, которые проходят в укупорочном узле коаксиально вдоль продольной оси укупорочного узла с целью передачи усилия второму работающему на сжатие кольцу, которое передает усилие на участок диафрагмы, заставляя участок диафрагмы отклоняться дистально от укупорочного узла к элементу, подвергающемуся упругому кручению, теплообменного узла, когда укупорочный узел крепят к корпусу теплообменника;

vi) причем конфигурация трубной решетки, втулочного элемента, первого и второго работающих на сжатие колец, укупорочного узла и каждого из первого и второго удлиненных работающих на сжатие элементов обеспечивает сохранение упругости вплоть до достижения или превышения суммарной осевой нагрузки, являющейся результатом предварительной нагрузки, тепловой нагрузки и нагрузки, обуславливаемой давлением, когда укупорочный узел крепят к корпусу теплообменника;

vii) при этом, когда удлиненные работающие на сжатие элементы предварительно нагружают, работающие на сжатие элементы сообщают предварительную нагрузку по первому пути осевой нагрузки к первой области контакта элемента, подвергающегося упругому кручению, которая передает предварительную нагрузку по пути крутильной нагрузки через элемент, подвергающийся упругому кручению, ко второй области контакта элемента, подвергающегося упругому кручению, которая передает предварительную нагрузку по второму пути осевой нагрузки прокладке трубной решетки;

viii) при этом обеспечивают сопротивление крутильной нагрузке путем увеличения механического напряжения и крутильного поворота, позволяющего перемещать первую область контакта элемента, подвергающегося кручению, к трубной решетке;

ix) при этом создание укупорочного узла предусматривает позиционирование крышечного элемента, имеющего цилиндрическую форму и имеющего внешний диаметр, допускающий крепление concentрично с внутренним участком запорного кольцевого элемента, имеющего цилиндрическую форму, ограничивающего участок цилиндрической внешней поверхности и внутренний участок, имеющий цилиндрическую форму, причем участок внешней поверхности снабжен запорным узлом укупорочного узла.

В еще одном аспекте предложен укупорочный узел, конфигурация которого обеспечивает крепление с возможностью открепления к открытому концу канала внутренней камеры теплообменного узла, включающий в себя запорный кольцевой элемент, имеющий цилиндрическую форму, ограничивающий участок цилиндрической внешней поверхности и внутренний участок, имеющий цилиндрическую форму. Участок внешней поверхности снабжен множеством разнесенных секций ступиц запорного кольца, конфигурация которых обеспечивает правильное смыкание с соответствующими секциями ступиц канала, сформированными на участке цилиндрической внутренней поверхности теплообменного узла. Прикрепляемый крышечный элемент, имеющий цилиндрическую форму, концентричен с внутренним участком запорного кольцевого элемента. Кроме того, укупорочный узел может дополнительно содержать одну или несколько следующих особенностей:

i) крышечный элемент крепится с возможностью открепления к запорному кольцевому элементу, а запорный кольцевой элемент имеет внутреннюю диаметральную поверхность с конфигурацией буртика, которая обеспечивает прием взаимодействующей конфигурации буртика, предусмотренной на внешней диаметральной поверхности крышечного элемента;

ii) каждая секция ступицы запорного кольца проходит под предписанным углом, простираясь от участка внешней поверхности запорного кольцевого элемента, конфигурация которой обеспечивает правильное смыкание с соответствующими проходящими под углом секциями ступиц, предусмотренными каждой секцией ступицы канала, сформированной на участке цилиндрической внутренней поверхности теплообменного узла;

iii) проходящий вверх фланцевый элемент, предусмотренный на запорном кольцевом элементе, конфигурация которого обеспечивает останов поворота укупорочного узла во внутреннюю камеру теплообменного узла;

iv) диафрагму, конфигурация которой обеспечивает расположение рядом с запорным кольцевым и крышечным элементами;

v) множество регулируемых внешних удлиненных запорных кольцевых работающих на сжатие элементов, закрепляемых с возможностью открепления в запорном кольцевом элементе, причем каждый удлиненный запорный кольцевой работающий на сжатие элемент проходит через соответствующее отверстие, сформированное коаксиально с продольной осью в запорном кольцевом элементе с целью передачи усилия первому работающему на сжатие кольцу, которое передает усилие на участок обода диафрагмы и прокладку диафрагмы, сжатую у диафрагмы, чтобы расположить диафрагму в промежутке между прокладкой диафрагмы и первым работающим на сжатие кольцевым элементом посредством регулирования внешних удлиненных запорных кольцевых работающих на сжатие элементов, когда запорный кольцевой элемент крепится с возможностью открепления к внутренней камере узла трубного теплообменника;

vi) множество внутренних регулируемых удлиненных крышечных работающих на сжатие элементов, закрепляемых с возможностью открепления в крышечном элементе, причем каждый внутренний удлиненный крышечный работающий на сжатие элемент проходит через соответствующее отверстие, сформированное коаксиально с продольной осью в крышечном элементе с целью передачи усилия второму работающему на сжатие кольцу, которое передает усилие к участку диафрагмы, заставляя участок диафрагмы отклоняться дистально от крышечного элемента к внутренней камере теплообменного узла, когда укупорочный узел крепится с возможностью открепления к открытому концу внутренней камеры теплообменного узла;

vii) при этом конфигурация первого и второго работающих на сжатие колец, работающих на сжатие стержней и работающих на сжатие болтов обеспечивает сохранение упругости вплоть до достижения или превышения суммарной осевой нагрузки, являющейся результатом предварительной нагрузки, тепловой нагрузки и нагрузки, обуславливаемой давлением, когда укупорочный узел крепится с возможностью открепления к открытому концу внутренней камеры теплообменного узла;

viii) при этом участок внешней поверхности запорного элемента снабжен проходящим вверх гребнем, сформированным, по существу, перпендикулярно продольной оси запорного кольцевого элемента, конфигурация которого обеспечивает прием со скольжением в соответствующем пазу, сформированном на участке внутренней поверхности теплообменного узла перпендикулярно продольной оси теплообменника для облегчения вставления запорного кольцевого элемента на участке внутренней поверхности теплообменного узла.

В еще одном аспекте предложен способ эксплуатации теплообменного узла, имеющего трубчатый корпус теплообменника, конфигурация которого позволяет выдержать дифференциальное тепловое расширение внутренних компонентов во внутренней камере корпуса теплообменника во время последовательностей нагревания и охлаждения, заключающийся в том, что воспринимают предварительную нагрузку элементом, подвергающимся упругому кручению, в пределах внутренней камеры корпуса теплообменника, чтобы элемент, подвергающийся упругому кручению, воспринял крутильную нагрузку и упруго деформировался, выдерживая предварительную нагрузку. Воспринимают тепловую нагрузку посредством теплообменного узла, чтобы тепловое расширение внутренних компонентов во внутренней камере корпуса теплообменника произошло таким образом, что крутильная нагрузка, воспринимаемая элементом, подвергающимся упругому кручению, увеличивалась, а потом он упруго деформировался,

выдерживая тепловую нагрузку. Кроме того, способ эксплуатации теплообменника может дополнительно предусматривать одну или несколько следующих особенностей:

i) воспринимают обуславливаемую давлением нагрузку в пределах внутренней камеры корпуса теплообменника, что приводит к снижению крутильной нагрузки, воспринимаемой элементом, подвергающимся упругому кручению, за счет упругого отклонения укупорочного узла, подсоединенного с возможностью отсоединения к корпусу теплообменника, и осуществляют релаксацию элемента, подвергающегося упругому кручению, чтобы он смог выдержать обуславливаемую давлением нагрузку;

ii) при этом дифференциальное тепловое расширение внутренних компонентов заключается в том, что создают возможность выдержать дифференциальное тепловое расширение, по меньшей мере, несущего кольца, элемента, подвергающегося упругому кручению, втулочного элемента и трубной решетки, не вызывая пластическую деформацию, по меньшей мере, несущего кольца, элемента, подвергающегося упругому кручению, и втулочного элемента;

iii) при этом удлиненные работающие на сжатие элементы используются для приложения предварительной нагрузки к элементу, подвергающемуся упругому кручению, чтобы работающие на сжатие элементы сообщали предварительную нагрузку по первому пути осевой нагрузки в первую область контакта элемента, подвергающегося упругому кручению, которая передает предварительную нагрузку по пути крутильной нагрузки через элемент, подвергающийся упругому кручению, во вторую область контакта элемента, подвергающегося упругому кручению, которая передает предварительную нагрузку по второму пути осевой нагрузки прокладке трубной решетки;

iv) при этом конфигурация элемента, подвергающегося упругому кручению, обеспечивает опору в первой области контакта, где элемент, подвергающийся упругому кручению, контактирует со втулочным элементом, и во второй области контакта, где элемент, подвергающийся упругому кручению, контактирует с несущим кольцом;

v) вставляют прокладку трубной решетки в открытый конец цилиндрического канала аксиально вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с конфигурацией буртика канала, сформированной в удлиненном корпусе теплообменника, вставляют трубную решетку в открытый конец цилиндрического канала аксиально вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с прокладкой трубной решетки для ограничения межтрубного пространства и внутриканального пространства в пределах внутренней камеры удлиненного корпуса теплообменника, где конфигурация внутренней камеры обеспечивает прием с возможностью извлечения пучка труб, расположенного в пределах межтрубного пространства внутренней камеры, вставляют кольцевой втулочный элемент в открытый конец цилиндрического канала аксиально вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с трубной решеткой, вставляют элемент, подвергающийся упругому кручению, в открытый конец цилиндрического канала вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом со втулочным элементом, вставляют несущее кольцо в открытый конец цилиндрического канала вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с элементом, подвергающимся упругому кручению, и вставляют диафрагму в открытый конец цилиндрического канала вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с несущим кольцом; и

vi) скрепляют укупорочный узел с участком открытого конца внутренней камеры, причем укупорочный узел включает в себя отклоняемую диафрагму и несущее кольцо и дополнительно включает в себя механизм для сообщения предварительной нагрузки элементу, подвергающимся упругому кручению.

Легче понять эти и другие уникальные признаки раскрываемого здесь укупорочного узла можно будет из нижеследующего описания и прилагаемых чертежей.

Краткое описание чертежей

Таким образом, обычные специалисты в области техники, к которой относятся предлагаемые системы и способы, смогут легко понять, как надо создавать и применять их, с помощью иллюстрируемых различных неограниченных возможных аспектов изобретения в соответствии с определенными иллюстрируемыми вариантами осуществления, обратившись к чертежам, на которых

на фиг. 1А изображен вид в частичном разрезе известного трубчатого теплообменника и укупорочного узла, описанных в патенте США № 4750554;

на фиг. 1В изображен вид в частичном разрезе трубчатого теплообменника и укупорочного узла, которые построены в соответствии с иллюстрируемым вариантом осуществления;

на фиг. 2 изображен вид в частичном разрезе с выносками согласно фиг. 1В, демонстрирующий элемент, подвергающийся упругому кручению, в соответствии с иллюстрируемым вариантом осуществления;

на фиг. 3 изображен вид в частичном разрезе с выносками уплотнения сжатой диафрагмы в соответствии с иллюстрируемым вариантом осуществления;

на фиг. 4 изображен частичный вид в перспективе запорного кольцевого элемента согласно фиг. 1В в соответствии с иллюстрируемым вариантом осуществления;

на фиг. 5 изображен частичный вид в перспективе внутреннего диаметра участка открытого конца

канала теплообменника согласно фиг. 1В;

на фиг. 6 изображен частичный вид в перспективе запорного элемента согласно фиг. 4, линейно вставленного в участок открытого конца канала теплообменника согласно фиг. 5 в соответствии с иллюстрируемым вариантом осуществления;

на фиг. 7 изображен вид в частичном разрезе трубчатого теплообменника и укупорочного узла, имеющих несколько элементов, подвергающихся упругому кручению, в соответствии с еще одним иллюстрируемым вариантом осуществления; и

на фиг. 8 изображен вид в частичном разрезе узла укупорочной пробки теплообменника "в стиле В" в соответствии с еще одним иллюстрируемым вариантом осуществления.

Подробное описание некоторых вариантов осуществления

Теперь приводится более полное описание данного изобретения со ссылками на прилагаемые чертежи, где показаны определенные иллюстрируемые варианты осуществления данного изобретения. Данное изобретение ни в коем случае не ограничивается иллюстрируемыми вариантами осуществления, поскольку иллюстрируемые варианты осуществления, описываемые ниже, являются лишь возможными для изобретения, которое можно было бы воплотить в различных формах, как поймет специалист в данной области техники. Поэтому следует понимать, что любые подробности конструкции и функционирования, раскрываемые здесь, следует интерпретировать не как ограничительные, а просто как базис для формулы изобретения и как представительные для обучения специалиста в данной области техники различным возможностям применения данного изобретения. Помимо этого, термины и фразы, употребляемые здесь, следует интерпретировать не как ограничительные, а скорее как обеспечивающие понятное описание изобретения.

Если не указано иное, то все научно-технические термины, употребляемые здесь, имеют такой же смысл, в каком их, как правило, понимает обычный специалист в области техники, к которой относится это изобретение. Хотя при осуществлении на практике или испытаниях данного изобретения применимы также любые способы и материалы, аналогичные или эквивалентные тем, которые здесь описываются, теперь будут описаны возможные способы и материалы. Все патентные публикации, упоминаемые здесь, включены сюда посредством ссылки, чтобы раскрыть и описать способы и/или материалы в связи с цитируемыми публикациями.

Следует отметить, что когда их употребляют здесь и в прилагаемой формуле изобретения, формы единственного числа распространяются и на указания множественного числа, если контекст явно не диктует иное. Таким образом, например, указание "некоторого стимулирующего воздействия" распространяется и на множество таких стимулирующих воздействий, указание "определенного сигнала" распространяется на один или несколько сигналов и их эквивалентов, известных специалистам в данной области техники, и т.д.

Хорошо известные компоненты, материалы или способы не обязательно описываются подробно во избежание затруднения понимания данного изобретения. Любые конкретные подробности конструкции и функционирования, раскрываемые здесь, следует интерпретировать не как ограничительные, а просто как представительный базис для обучения специалиста в данной области техники различным возможностям применения изобретения. Помимо этого, термины и фразы, употребляемые здесь, следует интерпретировать не как ограничительные, а скорее как обеспечивающие возможность по-разному использовать изобретение.

Теперь данное изобретение будет описано полнее, но продемонстрированы будут не обязательно все варианты осуществления. В дополнение к этому отметим, что можно внести многие модификации, чтобы адаптировать некоторую конкретную ситуацию или некоторый конкретный материал к принципам изобретения в рамках объема его существенных притязаний.

Следует по достоинству оценить тот факт, что данное изобретение устраняет многие из проблем, связанных с известными укупорочными узлами теплообменников. Например, обращаясь к фиг. 1А, отмечаем, что здесь изображен известный укупорочный узел для кожухотрубного теплообменника, который описан в патенте США № 4750554. Иллюстрируется секция кожухотрубного теплообменника с кожухом и каналом, в котором заключен пучок труб. Канал имеет окна, обеспечивающие доступ для текучей среды, чтобы та могла входить в трубы пучка и выходить из них. Торцевой укупорочный узел, или "пробка", состоит из запорного кольца 9 и крышки 19, которая включает в себя диафрагму 8 и прокладку 10 диафрагмы. Узел укупорочной пробки является съемным, давая возможность вставлять и извлекать съемный пучок труб, сохраняя при этом способность поддерживать герметичность и поглощать результирующие нагрузки под высоким давлением. Открытый канал теплообменника закрыт на своем конце узлом укупорочной пробки (т.е. крышкой 19 и запорным кольцом 9). В запорном кольцевом элементе 9 заключен механизм для герметизации канала теплообменника у диафрагмы 8 за счет сжатия прокладки 10 с помощью болтов 11 и работающего на сжатие кольца 20.

Текущая среда межтрубного пространства отделена от внутритрубной текучей среды, попадающей в трубы (не показаны), трубной решеткой 1 и прокладкой 6 трубной решетки. В типичных случаях теплообменнику нужен перегородочный узел, чтобы вставить проточную компоновку с двумя трубными ходами. Перегородочный узел перегородки может включать в себя втулочный элемент 2, перегородоч-

ную плиту 3, перегородочную крышку 4 и/или кольцо 17 для направления текучей среды из впускного сопла канала по двум или более трубным ходам к выпускному окну. Специалисты в данной области техники поймут, что перегородку можно накладывать либо на впуск, либо на выпуск.

Продолжая ссылаться на известный теплообменник согласно фиг. 1А, отмечаем, что запорный кольцевой элемент 9 крепится к каналу кожуха теплообменника с помощью резьб, при этом запорное кольцо 9 снабжено нитками охватываемой резьбы, а канал снабжен нитками соответствующей охватываемой резьбы. Следует понимать, что подходящие резьбы представляют собой несущие нагрузку поверхности, чтобы при сборке теплообменника резьбы поглощали предварительную нагрузку болтов. Кроме того, во время работы теплообменника к узлу 19 крышки пробки прикладывается гидростатическая нагрузка, которая, в свою очередь, передается непосредственно на вышеупомянутые резьбы.

Обращаясь теперь к фиг. 1В, отмечаем, что здесь иллюстрируется вид в частичном разрезе трубчатого теплообменника и укупорочного узла, которые построены в соответствии с иллюстрируемым вариантом осуществления данного изобретения и обозначены как единое целое позицией 100. Аналогично известному теплообменнику согласно фиг. 1А, теплообменник 100 представляет собой кожухотрубный теплообменник, который включает в себя корпус 70, причем корпус 70 имеет кожуховый элемент 15, выполненный как единое целое с или соединенный с канальным элементом 7, при этом конфигурация корпуса 70 обеспечивает прием пучка труб (не показаны). Канальный элемент 7 теплообменника предпочтительно имеет по меньшей мере два окна, обеспечивающие доступ для потока текучей среды, чтобы тот мог входить в трубы вставляемого пучка и выходить из них. Торцевой укупорочный узел или "укупорочная пробка" предпочтительно состоит из кольцевого элемента 9 запорного кольца, работающих на сжатие колец 21 и 22 и кольцевого крышечного элемента 19. Также присутствуют диафрагма 8 и прокладка 10 диафрагмы. Укупорочная пробка является съемной, давая возможность вставлять и извлекать съемный пучок труб, сохраняя при этом способность поддерживать герметичность и поглощать результирующие нагрузки под высоким давлением во время работы теплообменника 100. Участок открытого конца канального элемента 7 закрыт (герметизирован) укупорочной пробкой (например, крышкой 19 и запорным кольцом 9). В запорном кольцевом элементе 9 предпочтительно заключены средства для герметизации канала 7 теплообменника у диафрагмы 8 за счет сжатия прокладки 10 с помощью болтов 12, толкателей 14 и работающего на сжатие кольца 21. Как показано на фиг. 1В, крышечный элемент 19 крепится с возможностью открепления к запорному кольцевому элементу 9, чтобы запорный кольцевой элемент 9 имел внутреннюю диаметральною поверхность, предпочтительно сформированную с зенковочной конфигурацией, которая обеспечивает прием взаимодействующей зенковочной конфигурации, предусмотренной на внешней диаметральной поверхности крышечного элемента 9. В соответствии с иллюстрируемыми вариантами осуществления наименьший внутренний диаметр крышечного элемента 19 предпочтительно меньше, чем наибольший внешний диаметр запорного кольцевого элемента 9 для образования зенковочной конфигурации между ними.

Продолжая обращаться к фиг. 1В, отмечаем, что поток текучей среды межтрубного пространства отделен от потока внутриканальной текучей среды, попадающей в трубы (не показаны), трубной решеткой 1 и прокладкой 6 трубной решетки. Теплообменнику 100 в типичных случаях нужен перегородочный узел, чтобы вместить проточную компоновку с двумя трубными ходами. Вместе с тем, специалисты в данной области техники поймут, что инновационные аспекты данного изобретения можно было бы использовать с одноходовыми теплообменниками или теплообменниками с более чем 2-мя ходами. Перегородочный узел перегородки в этом варианте осуществления включает в себя втулочный элемент 2, перегородочную плиту 3 и перегородочную крышку 4 для направления текучей среды из впускного сопла канала по двум или более трубным ходам к выпускному окну. Понятно, что перегородку можно накладывать либо на впуск, либо на выпуск.

Запорный кольцевой элемент 9 узла укупорочной пробки крепится к участку открытого конца канала 7 кожуха теплообменника 100, предпочтительно с помощью байонетного запорного узла, предпочтительно состоящего из сформированных секций 23А и 23В ступиц. Обращаясь к фиг. 4-6 (и продолжая обращаться к фиг. 1В), отмечаем, что запорный кольцевой элемент 9 предпочтительно сформирован с секциями 23А ступиц, сформированными на участке окружной внешней поверхности кольцевого элемента 9, причем каждая секция 23А ступицы отделена от других полуцилиндрическими секциями 24А без ступиц. Аналогично участок открытого конца канала 7 теплообменника 100 предпочтительно сформирован с секциями 23В ступиц, сформированными на концевом участке внутренней окружной поверхности канала 7 теплообменника, отделенными от других полуцилиндрическими секциями 24В без ступиц. Множество принадлежащих запорному кольцу 9 разнесенных секций 23А ступиц запорного кольца обеспечивает правильное смыкание с соответствующими секциями 23В ступиц канала, сформированными на участке цилиндрической внутренней поверхности канала 7 теплообменника 100.

В соответствии с иллюстрируемыми вариантами осуществления во время сборки укупорочного пробочного элемента (например, кольцевого элемента 9 и крышечного элемента 19) в пределах концевого участка канала 7 теплообменника 100 запорный кольцевой элемент 9 вставляют в открытый конец цилиндрического канала 7 коаксиально вдоль продольной оси внутренней камеры теплообменника 100, чтобы несущие нагрузку поверхности каждого из кольцевого элемента 9 и внутреннего диаметра откры-

того конца цилиндрического канала 7 теплообменника 100 не передавали нагрузку между кольцевым элементом 9 узла укупорочной пробки и теплообменником 100 в отличие от вышеупомянутых известных сооружений и способов. Только после поворота запорного кольцевого элемента 9 для введения в запирающее зацепление с удлиненным теплообменником 100 происходит передача нагрузки от теплообменника 100 к укупорочному пробочному элементу. Это достигается за счет поворота кольцевого элемента 9 узла укупорочной пробки вокруг продольной оси внутренней камеры удлиненного теплообменника 100, чтобы вызвать скрепление с возможностью открепления секций 23А ступиц кольцевого элемента 9 со взаимодействующими секциями 23В ступиц, предусмотренными на внутреннем диаметре открытого конца цилиндрического канала 7 теплообменника 100, облегчающее передачу нагрузки от канала 7 теплообменника 100 к кольцевому элементу 9 узла укупорочной пробки. Следует по достоинству оценить тот факт, что кольцевой элемент 9 поворачивают менее чем на 360° , чтобы вызвать скрепление с возможностью открепления (правильное смыкание) секций 23А ступиц кольцевого элемента с соответствующими секциями 23В ступиц, сформированными на участке внутреннего диаметра открытого конца цилиндрического канала 7 теплообменника 100. В одном варианте осуществления кольцевой элемент 9 поворачивают приблизительно на $22,5^\circ$, где каждая секция 23А и 23В ступиц простирается приблизительно на $22,5^\circ$ вдоль участка окружной поверхности кольцевого элемента 9 и открытого конца цилиндрического канала 7 теплообменника 100, на которых они соответственно сформированы.

Также следует принять во внимание, что в других вариантах осуществления запорный кольцевой элемент 9 и крышечный элемент 19 могут быть встроены в особый унитарный компонент. Кроме того, в еще одних вариантах осуществления запорный кольцевой элемент 9 может быть разделен на два или более компонентов. В дополнительных вариантах осуществления секции 23А и 23В ступиц могут иметь разную друг относительно друга форму или конструкцию на одном участке запорного кольцевого элемента 9.

В соответствии с иллюстрируемыми вариантами осуществления, конфигурация вышеупомянутых ступиц может обеспечивать наличие восьми секций, чтобы было восемь секций (23А и 23В) со ступицами и восемь областей (24А и 24В) без ступиц, соответственно предусмотренных на кольцевом элементе 9 и внутреннем диаметре открытого конца цилиндрического канала 7 теплообменника 100. Вместе с тем специалисты в данной области техники легко поймут, что количество областей ступиц можно изменять, не выходя за рамки инновационных аспектов данного изобретения. Например, может быть 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 или 12 областей со ступицами, сочетающихся с 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 или 12 областями без ступиц.

Во время сборки укупорочной пробки с открытым каналом 7 теплообменника - и в отличие от вышеописанных известных технических решений - несущие нагрузку поверхности ступиц 23А и 23В не повреждаются во время вставления узла укупорочной пробки в канал 7 теплообменника. Эта компоновка также гарантирует надлежащее выравнивание диафрагмы 8 относительно теплообменного канала 7. Кроме того, следует понимать, что вышеупомянутые секции 23А и 23В ступиц могут быть сформированы (например, посредством механической обработки) с таким шагом резьбы, чтобы узел укупорочной пробки продвигался по мере его поворота аксиально внутрь в канал 7 теплообменника 100.

Продолжая обращаться к фиг. 4-6 и в соответствии с определенными вариантами осуществления, отмечаем, что рядом с ступицами 23В канала или ступицами 23А запорного кольца, либо и теми и другими, сформирован проходящий вверх направляющий элемент 25, чтобы предотвратить контакт ступиц 23А, 23В с любыми из поверхностей металла во время вставления. Следует понимать, что обеспечение направляющих 25 на запорном кольцевом элементе 9 может оказаться предпочтительным, поскольку изготовление можно упростить, обеспечивая возможность независимого поворота запорного кольца 9 и невозможность независимого поворота канала 7 теплообменника 100 во время изготовления.

В соответствии с дополнительными иллюстрируемыми вариантами осуществления на запорном кольцевом элементе 9 можно предусмотреть кольцевой проходящий вверх упор 26 (фланец), который соответствует местоположению упоминаемой здесь диафрагмы 8. Упор 26 предпочтительно простирается вокруг внешней окружной поверхности запорного кольцевого элемента 9, гарантируя, что щелевидная полость без ступиц, которая образуется, когда запорное кольцо 9 поворачивают на месте, закрывается и в нее не сможет попасть инородный материал. Отметим, что это облегчает правильное расположение крышечного элемента 19 и диафрагмы 8 без необходимости "оценки" на основе измерений снаружи. Это является отличием от известных конструкций винтовых пробок, в которых местоположение запорного кольцевого элемента определялось количеством оборотов и шагом резьбы, в которые возможно внесение изменения. Конфигурацию упора 26, показанного на фиг. 6, следует понимать как иллюстративную конфигурацию, поскольку можно предусмотреть и другие конфигурации, чтобы гарантировать образование щелевидной полости без ступиц, когда запорное кольцо 9 поворачивают на месте и в нее не сможет попасть инородный материал.

Как показано на фиг. 4-6, секции 23А, 23В ступиц предпочтительно выровнены перпендикулярно продольной оси запорного кольцевого элемента 9 и канала 7 теплообменника 100. Следует по достоинству оценить тот факт, что в других вариантах осуществления секции ступиц могут быть сформированы

(например, посредством механической обработки) под некоторым углом относительно продольной оси запорного кольцевого элемента 9 и канала 7 теплообменника 100, чтобы запорный кольцевой элемент 9 продвигался на меньшее расстояние в канал 7 при повороте запорного кольцевого элемента. Кроме того, следует по достоинству оценить тот факт, что размер и форма ступиц для секций 23А и 23В ступиц не обязательно должны быть идентичными для всего контингента секций ступиц при условии, что длина узла запорного кольцевого элемента 9 и канала 7 допускает свободное вставление запорного кольцевого элемента 9 в канал 7, а секции 23А и 23В ступиц запорного кольцевого элемента 9 и канала 7 соответствуют друг другу.

Обращаясь теперь конкретно к фиг. 6, отмечаем, что запорный кольцевой элемент 9 узла укупорочной пробки показан вставляемым в открытый конец канала 7 теплообменника. Следует понимать, что запорный кольцевой элемент 9 вставляют в канал 7, чтобы области 24А, 24В без ступиц запорного кольца 9 и канала 7 соответственно позволяли проскальзывать областям 23А, 23В ступиц. Например, узел укупорочной пробки (запорный кольцевой элемент 9) можно загрузить в теплообменный канал 7 под углом около 22,5° от конечной запертой ориентации, чтобы области 24А, 24В без ступиц запорного кольца 9 и канала 7 соответственно позволили проскальзывать областям 23А, 23В ступиц с целью предотвратить вступление несущих нагрузку поверхностей в контакт посредством направляющих. Как только укупорочный пробочный элемент оказывается полностью вставленным в канал 7 теплообменника, его поворачивают в запертое положение. Например, узел укупорочной пробки можно повернуть на 22,5° по часовой стрелке в запертое положение. Этот поворот можно осуществлять множеством способов, например с помощью прутка, крепящегося болтами к запорному кольцевому элементу 9, чтобы обеспечить достаточную способность запорного кольцевого элемента 9 к повороту вручную, или за счет использования кабеля, подсоединенного к запорному кольцевому элементу 9, и крана, чтобы обеспечить тангенциальное усилие, направленное вверх, или за счет использования реечных зубчатых колес, установленных в канал 7 теплообменника, и соответствующей шестерни, установленной на запорный кольцевой элемент 9, с рычагом, используемым для поворота шестерни, которая, в свою очередь, прикладывает тангенциальное усилие для поворота запорного кольцевого элемента 9. Можно предусмотреть дополнительное средство безопасности, за счет которого в одном комплекте ступиц запорного кольцевого элемента 9 оказывается предусмотренным паз 27, а на участке открытого конца канала 7 теплообменника оказывается сформированным соответствующий направляющий паз 28, гарантируя, что запорный кольцевой элемент 7 можно вставить лишь в одной ориентации относительно канала 7.

Обращаясь к фиг. 4, отмечаем, что наружные метки на запорном кольце 9 и канале 7 могут дополнительно подчеркивать правильную ориентацию запорного кольцевого элемента 9, а на открытом конце канала 7 рядом с областью 24В ступиц можно предусмотреть вертикальный упор 29, имеющий ширину, которая больше ширины направляющей 27, предусмотренной в секциях 23А ступиц, чтобы гарантировать невозможность непредумышленного поворота и преждевременного введения ступиц 23А и 23В в зацепление во время вставления и одновременно также способствовать направлению вставления запорного кольца 9, чтобы ступицы 23А и 23В оставались защищенными.

Обращаясь теперь к фиг. 1В и 3, отмечаем, что диафрагма 8 предпочтительно введена в контакт с крышечным элементом 19 канала, чтобы обуславливаемая давлением нагрузка от потока текучей среды в канале 7 теплообменника передавалась по диафрагме 8 к крышечному элементу 19 канала. Затем обуславливаемая давлением нагрузка, приложенная к крышечному элементу 19 канала, передается на запорный кольцевой элемент 9. Канал 7 предпочтительно герметизирован прокладкой 10 диафрагмы. Прокладка 10 диафрагмы предпочтительно сжата множеством работающих на сжатие болтов 12 и толкателей 14, собирательно именуемых "работающими на сжатие элементами", предусмотренными аксиально вдоль внешнего ряда запорного кольцевого элемента 9, которые предпочтительно проходят через резьбовые отверстия, сформированные в запорном кольцевом элементе 9. Эти работающие на сжатие болты 12 и толкатели 14 передают усилие на ненагруженное внешнее работающее на сжатие кольцо 21, предусмотренное в промежутке между запорным кольцевым элементом 9 и диафрагмой 8, на участок обода диафрагмы 8 и прокладку 10 диафрагмы. Следует понимать, что внутренний ряд работающих на сжатие болтов 11, 13 можно разместить вдоль радиуса либо кольцевого крышечного элемента 19, либо запорного кольцевого элемента 9, как требуется диаметрами элемента 60, подвергающегося упругому кручению, и несущего кольца 50, описываемых ниже.

Следует по достоинству оценить тот факт, что конфигурация диафрагмы 8 предпочтительно обеспечивает отклонение на некоторую определенную величину под действием предварительных нагрузок болтов и внутреннего давления, вследствие чего, если узел укупорочного пробочного элемента не вставлен достаточно далеко аксиально внутрь в канал 7 теплообменника 100, то внешний ряд нажимных болтов 14 запорного кольцевого элемента 9 надо будет продвинуть дальше, чтобы вызвать герметизацию прокладкой 10 диафрагмы, а внутренний ряд нажимных болтов 13 крышечного элемента 19 надо будет продвинуть дальше, чтобы вызвать герметизацию прокладкой 6 трубной решетки и тем самым заставить диафрагму 8 деформироваться в большей степени, когда к каналу 7 прикладывают давление. В течение времени изготовления можно проводить операции контроля размеров, чтобы гарантировать соблюдение допусков механической обработки, приемлемых для надлежащего размещения корпуса. После изготов-

ления можно вводить регулировочные шайбы между диафрагмой 8 и узлом укупорочной пробки. В альтернативном варианте ступицы на узле укупорочной пробки можно подвергнуть механической обработке с некоторым шагом, чтобы узел укупорочной пробки продвигался аксиально внутрь в канал 7 теплообменника 100 по мере поворота. Поворачивая узел укупорочной пробки до тех пор, пока он не вступит в контакт с диафрагмой 8, обеспечивают продвижение внешнего ряда нажимных болтов 14 с целью сжатия прокладки 21 с последующим отводом внешнего ряда нажимных болтов 14, а также можно дополнительно повернуть укупорочную пробку, чтобы минимизировать зазор между узлом укупорочной пробки и диафрагмой 8. Сразу после проведения контроля размеров узел укупорочной пробки вставляют, сообщая ему линейное перемещение, в канал 7 теплообменника 100, что можно осуществить с помощью автопогрузчика с вильчатым захватом, крана или другой совокупности оборудования, уже требующегося для манипулирования пучком труб, и поэтому - в отличие от вышеупомянутых известных технических решений специальные инструменты или оборудование не требуется.

Обращаясь теперь к фиг. 1В и 3, отметим необходимость понимать, что во время сборки, когда затягивают внутренний ряд работающих на сжатие болтов 13 крышечного элемента 19, осевая нагрузка передается через толкатели 11 на ненагруженное ослабленное (внутреннее) работающее на сжатие кольцо 22 и через диафрагму 8 на нагружающий трубную решетку узел, состоящий из несущего кольца 50, элемента 60, подвергающегося упругому кручению, и втулочного элемента 2, чтобы прижать прокладку 6 трубной решетки к задней грани трубной решетки 1 и кожуху 15. Эту осевую нагрузку именуют предварительной нагрузкой. Следует понимать, что эта предварительная нагрузка предотвращает утечки из-за перепада давления между межтрубным пространством и внутритрубным пространством теплообменника 100.

Кроме того, следует по достоинству оценить тот факт, что вышеупомянутый нагружающий трубную решетку узел предпочтительно выдерживает тепловые нагрузки, которые вызывают дифференциальное тепловое расширение между каналом 7, трубной решеткой 1 и вышеупомянутым нагружающим трубную решетку узлом (например, несущим кольцом 50, элементом 60, подвергающимся упругому кручению, и втулочным элементом 2). Дифференциальное тепловое расширение обуславливается двумя механизмами. Первый проявляется, когда канал 7 холоднее, чем трубная решетка 1 и нагружающий трубную решетку узел (например, несущее кольцо 50, элемент 60, подвергающийся упругому кручению, и втулочный элемент 2), из-за потока горячей технологической текучей среды, который находится в непосредственном контакте с внутренними компонентами, но в значительной степени огражден от канала 7 втулочным элементом 2 и за счет потерь тепла, присутствующего в канале 7, в окружающую среду или за счет быстрых изменений температуры текучей среды, которые заставляют температуру относительно тонких внутренних компонентов изменяться быстрее, чем в сравнительно толстом канале. Такие условия неизбежно возникнут во время запуска (нагрева) и во время либо в случае нарушения производственного процесса или остановки предприятия и последующего восстановления рабочей температуры. Второй механизм проявляется, когда материал, используемый для формирования канала 7, имеет меньший коэффициент теплового сопротивления, чем материалы, используемые для трубной решетки 1 и нагружающего трубную решетку узла (например, несущего кольца 50, элемента 60, подвергающегося упругому кручению, и втулочного элемента 2). Например, это имеет место, когда применяют углеродистую сталь для канала 7 и нержавеющей сталь для компонентов внутри теплообменника.

Когда суммарное тепловое расширение трубной решетки 1 и нагружающего трубную решетку узла (например, несущего кольца 50, элемента 60, подвергающегося упругому кручению, и втулочного элемента 2) больше, чем суммарное тепловое расширение канала 7, способность выдерживать дифференциальное тепловое расширение должна быть обеспечена за счет деформации в теплообменнике 100. Благодаря относительно высокой жесткости канала 7, необходимой для безопасной локализации давления, деформация происходит главным образом в относительно менее жестких элементах в нагружающем трубную решетку узле (например, несущем кольце 50, элементе 60, подвергающемся упругому кручению, и втулочном элементе 2). Если механические напряжения, обуславливаемые этой деформацией, превышают предел текучести элементов, результатом является неустраняемая, или пластическая, деформация. Благодаря присутствию перфорационных отверстий, выполненных во втулочном элементе 2, чтобы впустить текучую среду во внутреннюю камеру теплообменника 100, упомянутый элемент по всему диаметру не имеет равномерной жесткости. Поэтому тепловые нагрузки могут приводить к неравномерной пластической деформации втулочного элемента 2, чтобы восстановление нагрузки на прокладку 22 оказалось невозможным просто из-за повторной затяжки внутреннего ряда работающих на сжатие болтов 13. Когда тепловые нагрузки возвращаются к обычным значениям, остаточная нагрузка осевого сжатия в нагружающем трубную решетку узле (несущем кольце 50, элементе 60, подвергающемся упругому кручению, и втулочном элементе 2) снижается, оказываясь меньше нагрузок, прикладываемых во время затяжки работающих на сжатие болтов 13 крышечного элемента. Эту нагрузку можно снизить, делая ее меньше минимальной нагрузки, необходимой для герметизации прокладки 6 трубной решетки, если пластическая деформация оказывается достаточно серьезной. Это приводит к нежелательной утечке между межтрубным пространством и внутритрубным пространством теплообменника 100.

В соответствии с иллюстрируемыми вариантами осуществления, чтобы выдержать дифференциальное тепловое расширение без пластической деформации в теплообменнике, предложен описываемый

теперь податливый элемент. Податливый элемент получается посредством воплощения элемента 60, подвергающегося упругому кручению, показанного на фиг. 1В и 2. Как показано, кольцевой элемент 60, подвергающийся упругому кручению, предпочтительно вступает на участке внешней окружной поверхности в контакт в первой области 61 контакта со втулочным элементом 2 на стороне, обращенной к трубной решетке 1, в окрестности ее внешнего радиуса, и контактирует на участке внутренней окружной поверхности с несущим кольцом 50 во второй области 63 контакта на стороне, обращенной к диафрагме 8, в окрестности ее внутреннего радиуса. Когда внутренние работающие на сжатие болты 13 предварительно нагружают, осевые усилия передаются через элемент 60, подвергающийся упругому кручению, в его вышеупомянутых областях 61 и 63 контакта. Эти усилия, прикладываемые на разных радиусах к элементу 60, подвергающемуся упругому кручению, создают крутильную нагрузку на элемент 60, подвергающийся упругому кручению, позволяя отклонить его внутреннюю окружную поверхность относительно его внешней окружной поверхности в осевом направлении для кручения элемента 60, подвергающегося упругому кручению, с целью выдержать эту крутильную нагрузку путем увеличения механического напряжения и крутильного поворота, что позволяет наружному радиусу элемента 60, подвергающегося упругому кручению, переместиться к диафрагме 8 узла укупорочной пробки, а его внутреннему радиусу переместиться к трубной решетке 1.

Следует по достоинству оценить тот факт, что несущее кольцо 50 защищает диафрагму 8 от повреждений из-за контакта посредством элемента 60, подвергающегося упругому кручению, во время поворота. При эксплуатации теплообменника 100 нагрузки, обуславливаемые давлением, будут снижать нагрузку на элемент 60, подвергающийся упругому кручению, за счет деформирования узла укупорочной пробки в направлении от трубной решетки 1, но дифференциальное тепловое расширение будет увеличивать нагрузку. Следует понимать, что конструкция и конфигурация элемента 60, подвергающегося упругому кручению, обеспечивают упругую деформацию вплоть до достижения максимального требуемого дифференциального теплового расширения. Когда нагрузки во время эксплуатации теплообменника остаются меньше этого максимального порога, нагрузки в элементе 60, подвергающемся упругому кручению, вернутся к исходной предварительной нагрузке, если будут сняты тепловые нагрузки и нагрузки, обуславливаемые давлением. В соответствии с иллюстрируемыми вариантами осуществления элемент 60, подвергающийся упругому кручению, может быть выполнен имеющим диапазон отклонения от 25 мм до 75 мм; вместе с тем элемент 60, подвергающийся упругому кручению, не следует считать ограничиваемым вышеупомянутым диапазоном отклонения, поскольку этому элементу можно придать конфигурацию, зависящую от шкалы размерных габаритов теплообменника 100. Вместе с тем, если сталкиваются с избыточным дифференциальным тепловым расширением, как бывает во время непреднамеренного теплового отклонения технологической текучей среды, элемент 60, подвергающийся упругому кручению, пластически деформируется, ограничивая нагрузки, прикладываемые к узлу укупорочной пробки, для предотвращения отказа узла укупорочной пробки и/или нарушения герметизации, обеспечиваемой диафрагмой 8. Следует понимать, что, когда снимают тепловые нагрузки и нагрузки, обуславливаемые давлением, нагрузки на элемент 60, подвергающийся упругому кручению, будут падать ниже исходной предварительной нагрузки, а могут упасть и до нуля. Элемент 60, подвергающийся упругому кручению, можно выполнить из материалов, которые не подвержены коррозии, ползучести и утрате прочности при высоких температурах, предпочтительно из сплавов с высоким содержанием никеля, включая (но не в ограничительном смысле) инконель 625 и инконель 718.

Обращаясь теперь к фиг. 2, опишем теперь иллюстративные уместные размеры для конструкции элемента 60, подвергающегося упругому кручению. Следует понимать, что размер "a" - это внешний радиус, размер "b" - это внутренний радиус, размер "h" - это высота, а размер "t" - это толщина элемента 60, подвергающегося упругому кручению. Размер "a" меньше, чем внутренний радиус, ограниченный каналом 7 теплообменника 100, обеспечивающий таким образом просвет для радиального теплового расширения и поворота под нагрузкой. Отношение a/b больше чем 1, и предпочтительно меньше чем 3, чтобы осевая нагрузка могла создать крутильную нагрузку в элементе 60, подвергающемся упругому кручению. Размер "h" составляет приблизительно 50% предела упругого отклонения упомянутого элемента, когда приложены предварительная нагрузка и рабочие нагрузки (обуславливаемая давлением и тепловой). Размер "t" выбирают так, чтобы осевая нагрузка была меньше максимальной допустимой нагрузки на прокладку 6 трубной решетки, когда элемент 60, подвергающийся упругому кручению, сжимается под воздействием суммы смещения, обуславливаемого предварительной нагрузкой и расчетным дифференциальным тепловым расширением, и чтобы элемент 60, подвергающийся упругому кручению, деформировался упруго. Материал элемента 60, подвергающийся упругому кручению, выбирают так, чтобы этот элемент упруго деформировался, когда эта максимальная допустимая нагрузка будет превышена. Следует понимать, что трубная решетка 1, втулочный элемент 2, несущее кольцо 50, работающие на сжатие кольца 22, работающие на сжатие стержни 11 и работающие на сжатие болты 13 выполнены сохраняющими упругость вплоть до достижения или превышения суммарной осевой нагрузки, являющейся результатом предварительной нагрузки, тепловой нагрузки и нагрузки, обуславливаемой давлением.

Следует по достоинству оценить тот факт, что в иллюстрируемых вариантах осуществления (например, на фиг. 2 и 3), элемент 60, подвергающийся упругому кручению, понимается как имеющий че-

треугольное поперечное сечение, имеющее участки закругленных углов. В альтернативных иллюстрируемых вариантах осуществления можно использовать другие конфигурации поперечных сечений для элемента 60, подвергающегося упругому кручению, включая прямоугольную форму или форму с преимущественно закругленными сторонами. Кроме того, в иллюстрируемых здесь вариантах осуществления нагружающий трубную решетку узел включает в себя единственный элемент 60, подвергающийся упругому кручению. Следует понимать, что в некоторых вариантах осуществления, чтобы удовлетворить проектным требованиям по минимальному давлению, прикладываемому к прокладке 6 трубной решетки, и максимальному смещению, сообщаемому диафрагме 8, элемент 60, подвергающийся упругому кручению, можно выполнить с высокой жесткостью, чтобы нельзя было выдержать максимальное тепловое расширение без пластической деформации. В таком случае можно последовательно уложить стопой более одного элемента 60, подвергающегося упругому кручению, чтобы увеличить способность к тепловому расширению. Например, на фиг. 7 изображена конструкция, предусматривающая использование трех элементов 60, подвергающихся упругому кручению. Следует понимать, что, когда применяют нечетное количество элементов 60, подвергающихся упругому кручению, внутренние работающие на сжатие болты (11, 13 и 22) могут быть предусмотрены в крышечном плоском элементе 19 на обычном радиусе окружности болтов. А когда применяют четное количество элементов 60, подвергающихся упругому кручению, внутренние работающие на сжатие болты предпочтительно размещают в запорном кольцевом элементе 9 на большем радиусе окружности болтов. Кроме того, в конструкциях с многочисленными элементами 60, подвергающимися упругому кручению, в состав предпочтительно включают центровочное кольцо для поддержания выравнивания упомянутых элементов друг с другом.

Обращаясь теперь к фиг. 3, отмечаем, что здесь иллюстрируется поведение диафрагмы 8 после предварительной нагрузки работающих на сжатие болтов 13 и 14 и приложения давления из канала 7 теплообменника 100. Как показано, у прокладки 10 диафрагмы работающее на сжатие кольцо 21 отодвигается от запорного кольцевого элемента 9 узла укупорочной пробки, сжимая диафрагму 8 и прокладку 10 диафрагмы. Когда давление прикладывается из канала 7 теплообменника 100, диафрагма 8 деформируется до тех пор, пока не приляжет к запорному кольцевому элементу 9 и крышечному плоскому элементу 19 в области 31. Это создает область с высокими изгибными деформациями в диафрагме 8 на радиусе, меньшем, чем радиус работающего на сжатие кольца 21. Чтобы предотвратить разрыв диафрагмы 8, работающее на сжатие кольцо 21 предпочтительно делают шире и выполняют с криволинейной поверхностью, чтобы снизить изгибные деформации.

Аналогично внешнему работающему на сжатие кольцу 21 внутреннее работающее на сжатие кольцо 22 смещается в направлении от крышечного элемента 19 узла укупорочной пробки, сжимая диафрагму 8 и нагружающий трубную решетку узел. Как показано, диафрагма 8 изгибается вокруг обеих сторон внутреннего работающего на сжатие кольца 22, когда прикладывается давление из канала 7 теплообменника, создавая две области с высокими изгибными деформациями в диафрагме 8. Чтобы предотвратить разрыв диафрагмы 8, внутреннее работающее на сжатие кольцо 22 тоже можно сделать шире и выполнить с криволинейной поверхностью, чтобы снизить изгибные деформации.

В связи с некоторыми иллюстрируемыми вариантами осуществления, описанными выше, следует понимать, что различные неограничительные варианты осуществления, описанные здесь, можно использовать по отдельности, совместно либо избирательно объединять для конкретных приложений. Кроме того, некоторые из различных признаков вышеупомянутых неограничительных вариантов осуществления можно использовать без соответствующего использования других описанных признаков. Следовательно, вышеизложенное описание нужно рассматривать исключительно в контексте иллюстрации принципов, теоретических положений и возможных вариантов осуществления этого изобретения, а не в смысле его ограничения.

Например, существуют укупорки "типа замка лопаточной турбины в стиле А и в стиле В". Вышеупомянутые иллюстрируемые варианты осуществления относятся к "стилю А", в типичных случаях используемому для приложений того типа, которые связаны с подачей выходящих потоков, где текучие среды межтрубного пространства и внутритрубного пространства не являются независимыми, чтобы можно было рассчитать трубную решетку только на перепад давления. Вместе с тем не следует понимать иллюстрируемые варианты осуществления как ограничиваемые такой укупоркой "типа замка лопаточной турбины в стиле А", поскольку изобретение также охватывает укупорки "в стиле В", в которых трубная решетка приварена к каналу и не требуется нагружать прокладку трубной решетки, а значит, не нужен и внутренний ряд болтов, как показано например на фиг. 8. Следует также понять, что иллюстрируемые варианты осуществления можно использовать с различными известными способами для осуществления внутренней герметизации.

Следует понимать, что вышеописанные компоновки являются лишь иллюстрирующими применение принципов иллюстрируемых вариантов осуществления. Специалисты в данной области техники смогут разработать многочисленные модификации и альтернативные компоновки в рамках объема иллюстрируемых вариантов осуществления, а прилагаемую формулу изобретения надо считать охватывающей такие модификации и компоновки.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Теплообменный узел, содержащий
удлиненный трубчатый корпус теплообменника, ограничивающий внутреннюю камеру;
трубную решетку, расположенную во внутренней камере корпуса теплообменника и разделяющую внутреннюю камеру на межтрубное пространство и внутриканальное пространство, причем конфигурация внутреннего участка обеспечивает прием с возможностью извлечения пучка труб, расположенного в пределах межтрубного пространства внутренней камеры;
втулочный элемент, имеющий кольцевую конфигурацию, расположенный в пределах внутриканального пространства внутренней камеры корпуса теплообменника; и
элемент, подвергающийся упругому кручению, имеющий кольцевую конфигурацию, расположенный во внутриканальном пространстве внутренней камеры теплообменника, причем втулочный элемент расположен между трубной решеткой и элементом, подвергающимся упругому кручению, при этом элемент, подвергающийся упругому кручению, имеет внутреннюю окружную поверхность, отклоняемую относительно его внешней окружной поверхности для кручения элемента, подвергающегося упругому кручению;
перегородочный узел, содержащий втулочный элемент, расположенный в пределах внутриканального пространства внутренней камеры корпуса теплообменника, для направления текущей среды из окна, проходящего сквозь корпус к по меньшей мере двум или более трубам в пучке труб;
прокладку трубной решетки, расположенную между трубной решеткой и буртиком, сформированным в пределах внутренней камеры корпуса теплообменника; и
несущее кольцо, расположенное в пределах внутренней камеры корпуса теплообменника, при этом элемент, подвергающийся упругому кручению, расположен между втулочным элементом и несущим кольцом.
2. Теплообменный узел по п.1, дополнительно включающий в себя по меньшей мере два окна, проходящих сквозь корпус для обеспечения входа и выхода текущей среды во внутриканальное пространство внутренней камеры корпуса теплообменника и из этого пространства.
3. Теплообменный узел по п.2, в котором конфигурация элемента, подвергающегося упругому кручению, обеспечивает упругое отклонение вплоть до предела упругого отклонения и пластическое отклонение сверх предела упругого отклонения, чтобы элемент, подвергающийся упругому кручению, отклонялся упруго, выдерживая дифференциальное тепловое расширение и избегая причинения повреждений компонентам теплообменника, когда теплообменник находится в условиях предварительной нагрузки и ожидаемых нагрузки, обуславливаемой давлением, и тепловой нагрузкой.
4. Теплообменный узел по п.3, в котором конфигурация элемента, подвергающегося упругому кручению, обеспечивает опору в первой области контакта, где элемент, подвергающийся упругому кручению, контактирует со втулочным элементом, и во второй области контакта, где элемент, подвергающийся упругому кручению, контактирует с несущим кольцом.
5. Теплообменный узел по п.1, в котором элемент, подвергающийся упругому кручению, имеет четырехугольное поперечное сечение, имеющее скругленные углы.
6. Теплообменный узел по п.1, дополнительно включающий в себя множество элементов, подвергающихся упругому кручению, последовательно уложенных стопой друг относительно друга.
7. Теплообменный узел по п.5, в котором конфигурация элемента, подвергающегося упругому кручению, обеспечивает наличие внешнего радиуса "А" и внутреннего радиуса "В", при этом внешний радиус меньше, чем внутренний радиус канала внутренней камеры, конфигурация которой обеспечивает прием пучка труб, где отношение "А" к "В" меньше 3.
8. Теплообменный узел по п.7, в котором конфигурация элемента, подвергающегося упругому кручению, обеспечивает наличие высоты "Н", которая составляет приблизительно 50% его предела упругого отклонения, и наличие некоторой толщины "Т", чтобы элемент, подвергающийся упругому кручению, деформировался пластически сверх предела его упругого отклонения.
9. Теплообменный узел по п.5, дополнительно включающий в себя укупорочный узел для герметизации внутриканального пространства внутренней камеры корпуса теплообменника, причем укупорочный узел включает в себя запорный кольцевой элемент и крышечный элемент, которые крепятся с возможностью открепления к корпусу теплообменника с помощью запорного узла.
10. Теплообменный узел по п.9, в котором запорный узел включает в себя множество разнесенных секций ступиц запорного кольца, конфигурация которых обеспечивает правильное смыкание с соответствующими секциями ступиц канала, сформированными на участке цилиндрической внутренней поверхности корпуса теплообменника.
11. Теплообменный узел по п.9, дополнительно включающий в себя диафрагму, расположенную так, что внутриканальное пространство внутренней камеры примыкает к стопорному кольцевому и крышечным элементам; и
прокладку диафрагмы, прижатую к диафрагме, когда запорный кольцевой элемент крепится с возможностью открепления к корпусу теплообменника.

12. Теплообменный узел по п.11, в котором укупорочный узел дополнительно включает в себя множество первых удлиненных работающих на сжатие элементов, предусмотренных вдоль участка внешнего радиуса укупорочного узла с тем, чтобы передавать усилие первому работающему на сжатие кольцу, которое передает усилие участку обода диафрагмы и прокладке диафрагмы; и

множество вторых удлиненных работающих на сжатие элементов, предусмотренных вдоль участка внутреннего радиуса укупорочного узла с тем, чтобы передавать усилие второму работающему на сжатие кольцу, которое передает усилие к участку диафрагмы, заставляя участок диафрагмы отклоняться дистально от крышечного элемента к элементу, подвергающемуся упругому кручению, когда укупорочный узел крепится с возможностью открепления к корпусу теплообменника.

13. Теплообменный узел по п.12, в котором конфигурация трубной решетки, втулочного элемента, несущего кольца, первого и второго работающих на сжатие колец, запорного кольца и первого и второго работающих на сжатие элементов обеспечивает сохранение упругости вплоть до достижения или превышения суммарной осевой нагрузки, являющейся результатом предварительной нагрузки, тепловой нагрузки и нагрузки, обуславливаемой давлением, когда укупорочный узел крепят к корпусу теплообменника.

14. Теплообменный узел по п.13, в котором когда удлиненные работающие на сжатие элементы предварительно нагружены, работающие на сжатие элементы сообщают предварительную нагрузку по первой траектории осевой нагрузки к первой области контакта элемента, подвергающегося упругому кручению, которая передает предварительную нагрузку по траектории крутильной нагрузки через элемент, подвергающийся упругому кручению, ко второй области контакта элемента, подвергающегося упругому кручению, которая передает предварительную нагрузку по второму пути осевой нагрузки прокладке трубной решетки.

15. Теплообменный узел по п.14, в котором нагрузки, обуславливаемые давлением технологических текучих сред в теплообменнике, прикладываются в пределах обычного предписываемого порогового диапазона, а конфигурация элемента, подвергающегося упругому кручению, обеспечивает упругую деформацию, позволяющую его внешней окружной поверхности совершать осевое перемещение к укупорочному узлу;

нагрузки, обуславливаемые давлением технологических текучих сред в корпусе теплообменника, снижают нагрузку на элемент, подвергающийся упругому кручению, за счет деформации укупорочного узла дистально от трубной решетки; а

конфигурация элемента, подвергающегося упругому кручению, обеспечивает упругое отклонение вплоть до предела упругого отклонения и пластическое отклонение сверх предела упругого отклонения, чтобы элемент, подвергающийся упругому кручению, выдерживал дифференциальное тепловое расширение во избежание причинения повреждений компонентам теплообменника, когда теплообменник находится в условиях предварительной нагрузки и ожидаемых нагрузки, обуславливаемой давлением, и тепловой нагрузки.

16. Способ эксплуатации теплообменного узла по п.1, содержащего трубчатый корпус теплообменника, выполненного с возможностью выдерживания дифференциального теплового расширения внутренних компонентов во внутренней камере корпуса теплообменника во время последовательностей нагревания и охлаждения, заключающийся в том, что

воспринимают предварительную нагрузку элементом, подвергающимся упругому кручению, во внутренней камере корпуса теплообменника, чтобы элемент, подвергающийся упругому кручению, воспринял крутильную нагрузку и упруго деформировался, выдерживая предварительную нагрузку; и

воспринимают тепловую нагрузку посредством теплообменного узла для дифференциального теплового расширения внутренних компонентов во внутренней камере корпуса теплообменника так, чтобы крутильная нагрузка, воспринимаемая элементом, подвергающимся упругому кручению, увеличивалась, а потом он упруго деформировался, выдерживая тепловую нагрузку.

17. Способ эксплуатации по п.16, дополнительно предусматривающий, что воспринимают обуславливаемую давлением нагрузку в пределах внутренней камеры корпуса теплообменника, что приводит к снижению крутильной нагрузки, воспринимаемой элементом, подвергающимся упругому кручению, за счет упругого отклонения укупорочного узла, подсоединенного с возможностью отсоединения к корпусу теплообменника, и осуществляют релаксацию элемента, подвергающегося упругому кручению, чтобы он смог выдержать обуславливаемую давлением нагрузку.

18. Способ эксплуатации по п.16, в котором дифференциальное тепловое расширение внутренних компонентов заключается в том, что создают возможность выдержать дифференциальное тепловое расширение, по меньшей мере, несущего кольца, элемента, подвергающегося упругому кручению, втулочного элемента и трубной решетки, не вызывая пластическую деформацию, по меньшей мере, несущего кольца, элемента, подвергающегося упругому кручению, и втулочного элемента.

19. Способ эксплуатации по п.16, в котором используют удлиненные работающие на сжатие элементы для приложения предварительной нагрузки к элементу, подвергающемуся упругому кручению, чтобы работающие на сжатие элементы сообщали предварительную нагрузку по первому пути осевой нагрузки в первую область контакта элемента, подвергающегося упругому кручению, которая передает

предварительную нагрузку по пути крутильной нагрузки через элемент, подвергающийся упругому кручению, во вторую область контакта элемента, подвергающегося упругому кручению, которая передает предварительную нагрузку по второму пути осевой нагрузки прокладке трубной решетки.

20. Способ эксплуатации по п.19, в котором конфигурация элемента, подвергающегося упругому кручению, обеспечивает опору в первой области контакта, где элемент, подвергающийся упругому кручению, контактирует со втулочным элементом, и во второй области контакта, где элемент, подвергающийся упругому кручению, контактирует с несущим кольцом.

21. Способ эксплуатации по п.16, дополнительно предусматривающий, что вставляют прокладку трубной решетки в открытый конец цилиндрического канала аксиально вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с конфигурацией буртика канала, сформированной в удлиненном корпусе теплообменника;

вставляют трубную решетку в открытый конец цилиндрического канала аксиально вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с прокладкой трубной решетки для ограничения межтрубного пространства и внутриканального пространства в пределах внутренней камеры удлиненного корпуса теплообменника, причем конфигурация внутренней камеры обеспечивает прием с возможностью извлечения пучка труб, расположенного в пределах межтрубного пространства внутренней камеры;

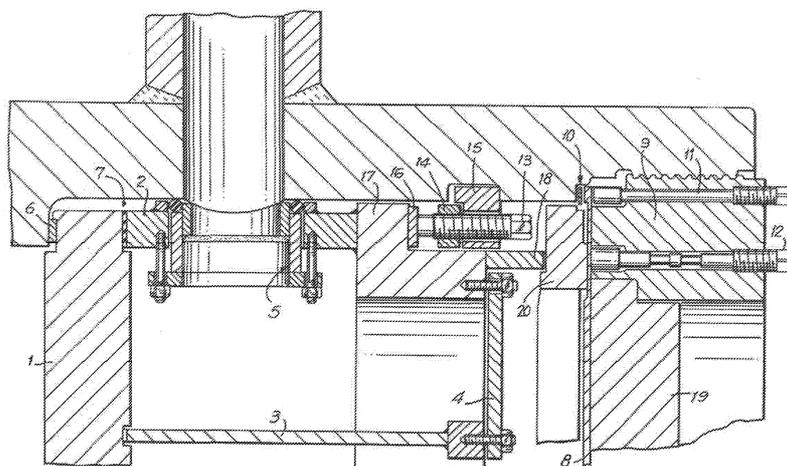
вставляют кольцевой втулочный элемент в открытый конец цилиндрического канала аксиально вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с трубной решеткой;

вставляют элемент, подвергающийся упругому кручению, в открытый конец цилиндрического канала вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом со втулочным элементом;

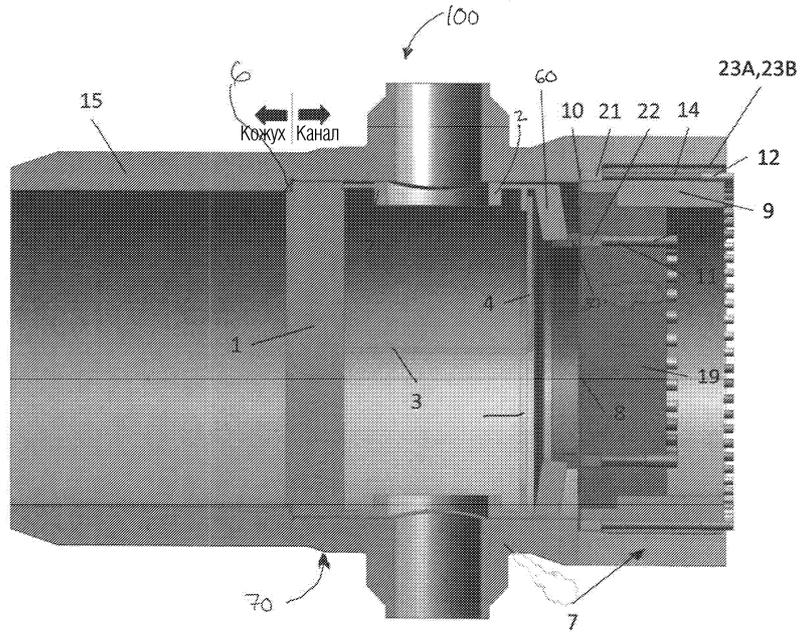
вставляют несущее кольцо в открытый конец цилиндрического канала вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с элементом, подвергающимся упругому кручению; и

вставляют диафрагму в открытый конец цилиндрического канала вдоль продольной оси удлиненного корпуса теплообменника с целью расположения рядом с несущим кольцом.

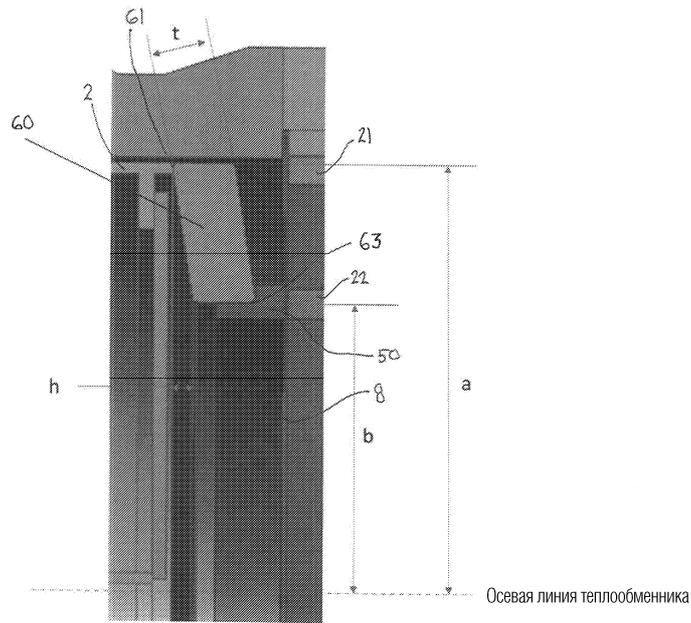
22. Способ эксплуатации трубчатого корпуса теплообменника по п.16, дополнительно предусматривающий, что скрепляют упорочный узел с участком открытого конца внутренней камеры, причем упорочный узел включает в себя отклоняемую диафрагму и несущее кольцо и дополнительно включает в себя механизм для сообщения предварительной нагрузки элементу, подвергающемуся упругому кручению.



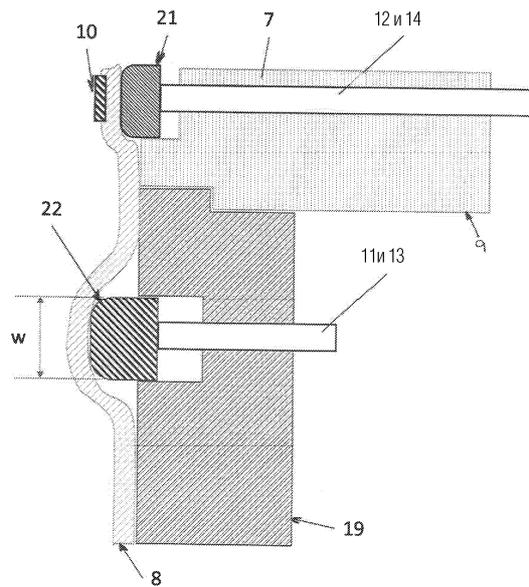
Фиг. 1А



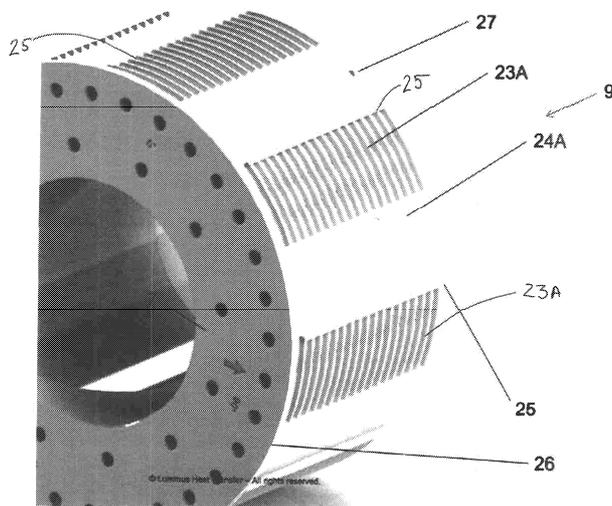
Фиг. 1В



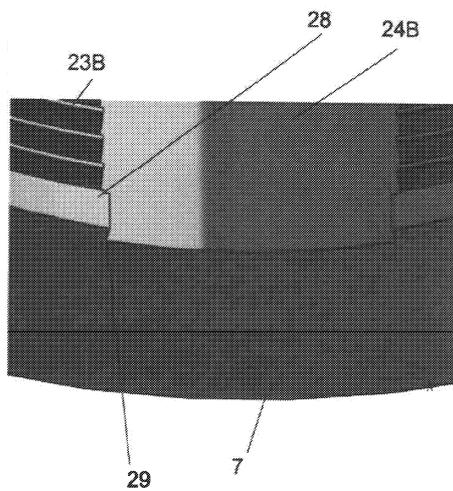
Фиг. 2



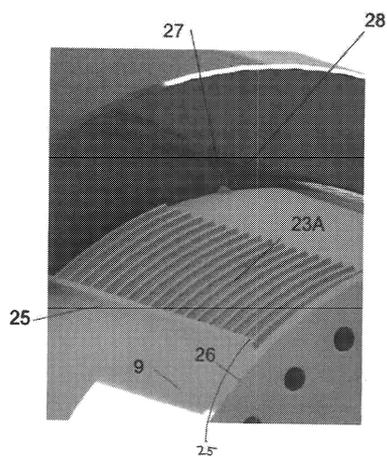
Фиг. 3



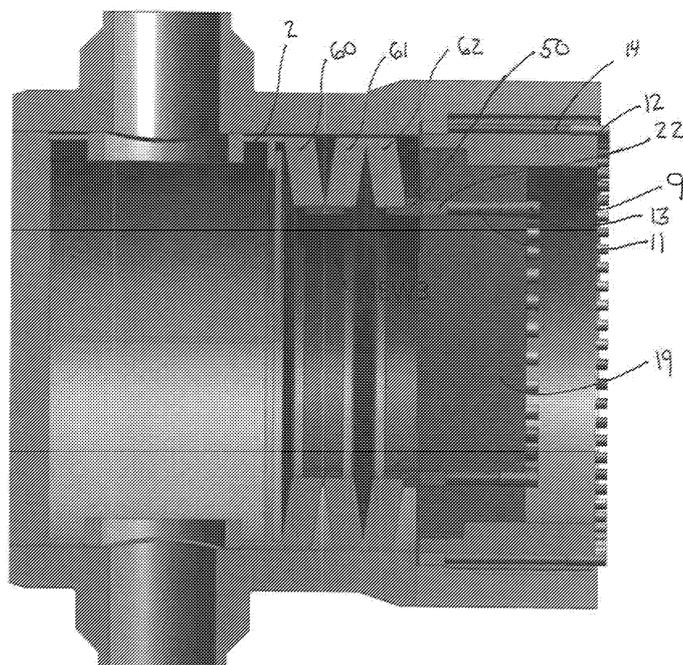
Фиг. 4



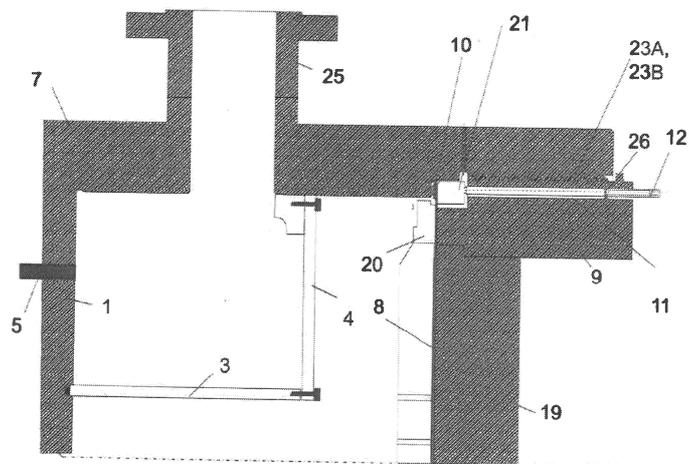
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8