

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036450**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.11.12

(21) Номер заявки
201891219

(22) Дата подачи заявки
2016.12.16

(51) Int. Cl. *F28D 9/02* (2006.01)
F24F 12/00 (2006.01)
F24F 3/147 (2006.01)
F28D 21/00 (2006.01)
F28F 21/06 (2006.01)
F28F 3/00 (2006.01)

(54) ЭНТАЛЬПИЙНЫЙ ОБМЕННИК

(31) 62/269,894

(32) 2015.12.18

(33) US

(43) 2019.01.31

(86) PCT/CA2016/051505

(87) WO 2017/100947 2017.06.22

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**КОР ЭНЕРДЖИ РЕКАВЕРИ
СОЛЮШНС ИНК. (СА)**

(72) Изобретатель:
**Муллен Кертис Уоррен, Кадилак
Дэвид Эрвин, Барр Кристофер Роберт,
Дин Джеймс Франклин, Пирсон Гай
Тимоти (СА)**

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(56) WO-A1-2014011535

(57) Обменник тепла и влаги содержит панели, выполненные из мембранных листов, прикрепленных с обеих сторон разделительного листа. По каждой из панелей между разделительным листом и мембранными листами проходят каналы. Панели обладают жесткостью, значительно превышающей жесткость мембранных листов. Панели уложены в стопу и разнесены друг от друга в пространстве с образованием внутреннего элемента вентилятора ERV. Расстояние между соседними панелями может быть меньше толщины панелей.

B1

036450

036450

B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к обменникам тепла и влаги, содержащим водопроницаемые мембраны. Примерные варианты реализации обеспечивают создание внутренних элементов вентилятора с возвратом энергии (ERV), содержащих водопроницаемые мембраны, и системы ERV, содержащей такие внутренние элементы. Настоящее изобретение может быть использовано в широком ряде сфер применения, требующих обмена тепла и влаги. Примеры включают возврат тепла и влаги в вентиляционных системах помещений, насыщение влагой и теплопередачу в топливных элементах, разделение газов и опреснение воды.

Уровень техники

Обменники тепла и влаги (иногда называемые увлажнителями) были разработаны для применения в ряде областей, включая вентиляцию помещений (ОКБ), медицинские и респираторные области применения, осушку газов и увлажнение реагентов топливных элементов для выработки электрической энергии.

В плоских обменниках тепла и влаги пластинчатого типа используют мембранные пластины, обычно выполненные из плоских водопроницаемых мембран (например, мембран, выполненных из нафiona, целлюлозы или других полимерных мембран), поддерживаемых между разделителями. Обычно пластины уложены в стопу, герметизированы и выполнены с возможностью размещения впускных и выпускных потоков, проходящих в поперечной или противоточной конфигурации между чередующимися парами пластин, в результате чего обеспечен перенос тепла и влаги между потоками сквозь мембрану.

Вентилятор с возвратом тепла (HRV) представляет собой механическое устройство, содержащее теплообменник в системе вентиляции с целью обеспечения управляемой вентиляции помещения. Вентилятор HRV нагревает или охлаждает входной свежий воздух посредством выпускного воздуха. Устройства, также осуществляющие обмен влаги между входным свежим воздухом и выпускным воздухом, обычно называют вентиляторами с возвратом энергии (вентиляторы ERV), также иногда называют энталпийными возвратными вентиляторами. Вентилятор ERV может удалять излишнюю влагу из вентилируемого воздуха, подаваемого в помещение, или может насыщать вентилирующий воздух влагой. Вентиляторы ERV могут быть использованы в целях энергосбережения и/или повышения качества воздуха в помещениях.

Основной компонент системы вентилятора ERV, обеспечивающий перенос тепла и влаги между потоками воздуха, представляет собой внутренний элемент вентилятора ERV. Внутренние элементы вентиляторов ERV зачастую выполнены в виде плоских обменников тепла и влаги пластинчатого типа, раскрытых в вышеприведенном описании. Вентилятор ERV также обычно содержит корпус, вентиляторы для перемещения потоков воздуха, воздухопроводы, а также фильтры, управляющую электронику и другие компоненты.

На фиг. 1 показан пример плоского обменника тепла и влаги пластинчатого типа, выполненного из уложенных в стопу плоских листов мембраны 3 с жесткими гофрированными разделителями 6, введенными между мембранными листами. Разделители обеспечивают опору для мембраны и поддерживают надлежащие зазоры между листами, а также задают каналы 5 для влажных и сухих потоков, протекающих на противоположных сторонах каждого из мембранных листов в поперечной конфигурации и отмеченных широкими стрелками 1 и 2, соответственно. Материал мембраны по существу является тонким и гибким, но не является самонесущим. Разделители 6 обеспечивают опору для мембраны и снижают или предотвращают отклонение мембраны в каналы 5. Стопа заключена в жесткую рамку 4. В некоторых обменниках тепла и влаги вместо гофрированных разделителей для обеспечения опоры для мембраны, поддержания зазоров и обеспечения каналов потока для потоков на обеих сторонах мембраны используют пластиковые вставки поля потока.

Примеры обменников тепла и влаги с гофрированными разделителями описаны в патентной заявке США № US2011/0192579. Примеры обменников тепла и влаги с вставками поля потока описаны в патентах США № US7331376 и US8235093.

Разделители, такие как гофрированные элементы или вставки поля потока, используемые в вышеописанных обменниках тепла и влаги обычно обеспечивают управляемое или направленное распределение газового потока по поверхности мембраны. Однако, наличие таких разделителей может ограничивать поток текучей среды по мембране. Возникающее в связи с этим падение давления во всей установке может быть значительным. Например, даже при использовании параллельных прямых каналов, в случае обеспечения разделителем множества расположенных близко друг от друга ребер для опоры мембраны ребра, имеющие значительную толщину, препятствуют потоку текучей среды, а также увеличивают падение давления. Ребра также могут блокировать доступ текучей среды к значительной части поверхности мембраны. При использовании более широко разнесенных ребер мембрана может отклоняться в канал, что также увеличивает падение давления. В некоторых случаях (при использовании вставок поля потока) путь потока текучей среды по мембране может быть довольно извилистым, что также обычно препятствует потоку и увеличивает падение давления. Падение давления также возникает при увеличении площади поверхности стенки с образованием сил аэродинамического сопротивления или трения, воздействующих на поток. Падение давления также может быть увеличено в результате отклонения мембраны в каналы, обеспеченные разделителями.

Раскрытие сущности изобретения

Настоящее изобретение имеет ряд аспектов. Указанные аспекты могут быть реализованы отдельно или в надлежащих комбинациях. Аспекты изобретения без ограничения включают:

- обменники влаги и обменники тепла и влаги;
- увлажнители, предназначенные для использования в совокупности с топливными элементами и сходными устройствами;
- компоненты обменников влаги и обменников тепла и влаги;
- установки вентиляторов с возвратом энергии (ERV);
- способы обмена воздуха между внутренней частью помещения и окружающей помещению внешней средой;
- способы изготовления обменников влаги, обменников тепла и влаги и/или деталей для подобных обменников; и
- производственную установку, пригодную для изготовления обменников влаги, обменников тепла и влаги, и/или деталей для подобных обменников;

В одном из примерных аспектов изобретения обеспечен обменник тепла и влаги, содержащий множество панелей. Каждая из панелей содержит гибкий разделительный лист, выполненный для обеспечения выступов с обеих сторон плоскости разделительного листа, и первый и второй тонкие водопаропроницаемые мембранные листы, прикрепленные к выступам на противоположных поверхностях разделительного листа. Разделительный лист удерживает первый и второй водопаропроницаемые мембранные листы в разнесенной в пространстве параллельной конфигурации. Жесткость панели увеличена вследствие прикрепления мембранных листов к разделительному листу. Выступы выполнены с целью обеспечения первых каналов, выполненных с возможностью переноса в рабочем режиме первого потока между разделительным листом и первым и вторым водопаропроницаемыми листами в первом направлении по каждой из панелей. Панели уложены в стопу в разнесенной в пространстве параллельной конфигурации с целью обеспечения открытых вторых каналов между соседними панелями, причем вторые каналы проходят с обеспечением переноса второго потока через обменник тепла и влаги во втором направлении, поперечном первому направлению.

Преимущество заключается в том, что разделительный лист выполнен гофрированным или имеет зигзагообразное поперечное сечение, в результате чего разделительный лист обеспечивает треугольную опору для мембран, а мембраны повышают жесткость разделительного листа.

В некоторых вариантах реализации между соседними панелями обеспечены продолговатые проставки. Продолговатые проставки разнесены в пространстве друг от друга в первом направлении таким образом, что вторые каналы содержат относительно широкие свободные отверстия. Например, отверстия могут иметь ширину, в 20 или более раз превышающую ширину панелей.

В некоторых вариантах реализации панели разнесены в пространстве друг от друга на расстояния, меньшем по сравнению с толщиной панелей. Например, разделительные листы могут иметь глубину, находящуюся в пределах от 110 до 150%, предпочтительно от 125 до 135%, от высоты вторых каналов. В некоторых вариантах реализации каждая из панелей имеет толщину в пределах от 1,5 до 4 мм.

Участки разделительного листа, к которым прикреплены мембраны, могут быть выполнены уплотненными. Указанные уплотненные участки могут обеспечивать большую площадь для крепления между мембраной и разделительным листом. В случае, если разделительный лист содержит гофрированный лист, гофр гофрированного листа может быть выполнен с образованием гребней с уплотненными вершинами.

Мембранные листы могут быть прикреплены к разделительному листу по уплотненным вершинам гребней.

В некоторых вариантах реализации разделительный лист выполнен перфорированным. Например, разделительный лист может содержать несколько перфораций, обеспечивающих соединение по текучей среде между некоторыми или всеми первыми каналами в каждой из панелей.

В некоторых вариантах реализации разделительный лист выполнен из материала, имеющего толщину 0,2 мм или меньше. Например, разделительный лист может содержать тонкий лист металла (например, алюминия) или пластика.

В некоторых или всех каналах по любому из вариантов реализации, раскрытых в настоящем описании, при необходимости могут быть обеспечены турбулизирующие элементы. Типичный вариант реализации содержит множество турбулизирующих элементов по меньшей мере в первых каналах или во вторых каналах. Турбулизирующие элементы могут содержать выступы из поверхностей, ограничивающих каналы, и/или выемки в указанных поверхностях. В некоторых вариантах реализации турбулизирующие элементы выполнены в одном или обоих из первого и второго водопаропроницаемых мембранных листов панели. В некоторых вариантах реализации мембранный лист профилирован или формован с целью обеспечения турбулизирующих элементов, выступающих на одной стороне листа и имеющих соответствующую выемку на противоположной стороне листа. В некоторых вариантах реализации толщина мембраны (или по меньшей мере покрытия мембраны) является сходной или идентичной внутри и снаружи от турбулизирующих элементов, выполненных в мембране или на ней.

В некоторых вариантах реализации турбулизирующие элементы содержат матрицу выступов, выполненных в поверхности мембраны, причем выступы имеют высоту 1 мм или меньше или 2 мм или меньше. В некоторых вариантах реализации турбулизирующие элементы имеют высоту, не превышающую 2 мм или 40% толщины разделительного листа (в зависимости от того, которое из указанных значений больше).

Первый и/или второй водопаропроницаемые мембранные листы в некоторых или всех панелях при необходимости выполнены асимметричными. Асимметричные мембранные листы могут содержать основание, имеющее воздухонепроницаемое водопаропроницаемое покрытие на одной из сторон основания. Основание может быть воздухопроницаемым. Например, основание может содержать пористое (включая микропористое) основание. При использовании асимметричной мембраны первый и второй водопаропроницаемые мембранные листы могут быть ориентированы в пространстве таким образом, что покрытия обращены во вторые каналы.

Некоторые варианты реализации обеспечивают один или более из нижеследующих признаков:

Края панелей, проходящие параллельно первым каналам, выполнены сужающимися по толщине.

При равной скорости потока по первым каналам и вторым каналам, находящейся в пределах от 35 до 95 стандартных кубических футов в минуту, падение давления во всех первых и вторых каналах одинаково с точностью до 25 Па.

Первый и второй водопаропроницаемые мембранные листы прикреплены к разделительному листу посредством адгезива (который может содержать, например, термоплавкий адгезив или чувствительный к давлению адгезив).

Панели разнесены в пространстве друг от друга посредством проставочных полос, которые могут быть сплошными или полыми и могут иметь различную конфигурацию поперечного сечения, включая круглую, квадратную, прямоугольную. В некоторых вариантах реализации проставочные полосы имеют толщину по меньшей мере 1,2 мм.

В другом аспекте настоящего изобретения обеспечена установка вентиляции с возвратом энергии (ERV), содержащая обменник тепла и влаги по любому из раскрытых вариантов реализации. Установка вентилятора ERV может содержать внешнее впускное отверстие для воздуха, соединенное с установкой с целью подачи воздуха извне помещения внутрь помещения по первым каналам или вторым каналам, и внешнее выпускное отверстие для воздуха, соединенное с установкой с целью доставки воздуха изнутри помещения наружу от помещения посредством вторых каналов или первых каналов. В некоторых вариантах реализации внутренняя часть помещения обогрета, а внешнее выпускное отверстие для воздуха соединено с установкой с целью доставки воздуха изнутри помещения наружу от помещения посредством вторых каналов. В некоторых вариантах реализации установка вентилятора ERV выполнена с возможностью реконфигурирования с целью переключения между соединением первых или вторых каналов с внешним впускным отверстием для воздуха и соединением вторых или первых каналов с внешним выпускным отверстием для воздуха.

Другой аспект настоящего изобретения содержит панель, предназначенную для использования во внутреннем элементе вентилятора ERV или во внутреннем элементе увлажнителя. Панель содержит разделительный лист, выполненный для обеспечения выступов с обеих сторон плоскости разделительного листа, и первый и второй водопаропроницаемые мембранные листы, прикрепленные к выступам на противоположных поверхностях разделительного листа. Разделительный лист удерживает первый и второй водопаропроницаемые мембранные листы в разнесенной в пространстве параллельной конфигурации. Выступы выполнены с целью обеспечения каналов, проходящих поперек каждого из первого и второго водопаропроницаемых листов между разделительным листом и листами.

Примерные варианты реализации обеспечивают один или более из нижеследующих признаков:

разделительный лист выполнен гофрированным;

разделительный лист выполнен перфорированным;

разделительный лист имеет глубину менее 7 мм;

разделительный лист выполнен из материала, имеющего толщину 0,2 мм или меньше;

разделительный лист содержит формованный алюминиевый лист.

Первый и второй водопаропроницаемые мембранные листы прикреплены к разделительному листу посредством адгезива (который может содержать, например, термоплавкий адгезив или чувствительный к давлению адгезив).

Края панели, проходящие параллельно первым каналам, выполнены сужающимися по толщине.

Множество проставочных полос прикреплены к одному из водопаропроницаемых листов на стороне, противоположающей относительно разделительного листа, причем проставочные полосы проходят в направлении, по существу перпендикулярном каналам. В некоторых вариантах реализации проставочные полосы имеют толщину по меньшей мере 1,2 мм. В некоторых вариантах реализации проставочные полосы разнесены в пространстве друг от друга на расстояние по меньшей мере 7 см и/или на расстояние, по меньшей мере в 20 раз превышающее толщину панели, и/или на расстояние, по меньшей мере в 20 раз превышающее межпиковое расстояние выступов разделительного листа.

Одно или более из первого паропроницаемого листа, второго паропроницаемого листа и раздели-

тельного листа обеспечивают опору для турбулизирующих элементов, раскрытых в другой части настоящего описания.

В другом аспекте настоящего изобретения предложен способ изготовления обменника тепла и влаги. Способ включает: выполнение множества панелей путем прикрепления первых и вторых мембранных листов к противоположным сторонам разделительного листа, выполненного с целью обеспечения выступов с обеих сторон плоскости разделительного листа, причем первый и второй мембранные листы, прикреплены к указанным выступам; и укладку панелей в стопу в разнесенной в пространстве конфигурации, в которой панели разделены проставками для обеспечения каналов между каждой из пар соседних панелей. Панели могут содержать любые из комбинаций признаков, раскрытых в другой части настоящего описания.

В другом аспекте настоящего изобретения обеспечена установка, содержащая любые из инновационных признаков, комбинаций признаков или подкомбинаций признаков изобретения, раскрытых в настоящем описании.

В другом аспекте настоящего изобретения обеспечены способы, включающие любые из инновационных этапов, действий, комбинаций этапов и/или действий или подкомбинаций этапов и/или действий согласно настоящему описанию.

Другие аспекты и примерные варианты реализации раскрыты в нижеследующем описании и/или приведены на сопутствующих чертежах.

Краткое описание чертежей

На сопутствующих чертежах приведены неограничивающие типичные варианты реализации изобретения.

На фиг. 1 показан вид в перспективе известного обменника тепла и влаги пластинчатого типа.

На фиг. 2 показан изометрический вид внутреннего элемента обменника тепла и влаги по примерному варианту реализации.

На фиг. 2A показан частичный вид, иллюстрирующий панель внутреннего элемента обменника тепла и влаги по фиг. 2.

На фиг. 2B показан вид с частичным разнесением частей внутреннего элемента вентилятора ERV.

На фиг. 2C показан вид в поперечном сечении гофрированного разделительного листа в плоскости, перпендикулярной гребням гофрированного разделительного листа.

На фиг. 2D показана диаграмма, иллюстрирующая глубину и межпиковое расстояние гофрированного материала.

На фиг. 2E показан увеличенный вид, иллюстрирующий часть панели внутреннего элемента обменника тепла и влаги по фиг. 2.

На фиг. 2F, 2G, 2H и 2I показаны примеры профилей для гофрированного разделительного листа.

На фиг. 2J приведено поперечное сечение части типичной панели, содержащей разделительный лист, имеющий профиль поперечного сечения, содержащий гребни с уплощенными вершинами.

На фиг. 2K показан вид в перспективе участка мембраны, снабженного турбулизирующими элементами.

На фиг. 3 приведена функциональная схема, иллюстрирующая способ изготовления внутреннего элемента обменника тепла и влаги по одному из вариантов реализации.

На фиг. 4 показана примерная производственная линия для изготовления внутренних элементов обменников тепла и влаги по примерному варианту реализации.

На фиг. 5A показан ламинированный материал, готовый к разрезанию с получением панелей по некоторым примерным вариантам реализации.

На фиг. 5B показан увеличенный вид участка ламинированного материала, подобного показанному на фиг. 5A, и проиллюстрирован первый этап формирования края панели.

На фиг. 5C показан увеличенный вид участка ламинированного материала, подобного показанному на фиг. 5A, и проиллюстрирован второй этап формирования края панели.

Осуществление изобретения

В нижеследующем описании приведены конкретные подробности с целью обеспечения более глубокого понимания настоящего изобретения. Однако, настоящее изобретение может быть реализовано без использования указанных конкретных деталей. В других случаях широко известные элементы не показаны или не описаны подробно во избежание нежелательного затруднения понимания изобретения. Соответственно, настоящее описание и чертежи следует рассматривать в качестве иллюстративных элементов, не ограничивающих настоящее изобретение.

На фиг. 2 показан вид в перспективе внутреннего элемента 10 обменника тепла и влаги по типичному варианту реализации. Внутренний элемент 10 содержит множество панелей 12, уложенных в стопу в разнесенной в пространстве конфигурации. Проставки 14 поддерживают разделение между соседними панелями 12.

Каждая из панелей 12 содержит первый и второй мембранные листы 12A и 12B, прикрепленные с обеих сторон гофрированного элемента 12C. Каждый из мембранных листов 12A и 12B и гофрированный элемент 12C по отдельности могут быть гибкими. Однако, в результате прикрепления мембранных

листов 12А и 12В к гофрированному элементу 12С получают относительно жесткую панель. Одной из мер жесткости является степень отклонения, возникающего в результате приложения сосредоточенной нагрузки. Один из способов измерения жесткости панелей 12 обеспечен согласно стандарту TAPPI T836.

Мембранные листы 12А и 12В выполнены проницаемыми для водяного пара с целью обеспечения возможности обмена влаги между потоком воздуха или другого газа в каналах 12D, расположенных внутри панели 12, и воздухом или другим газом, протекающим вне панели 12 в непосредственной близости от соответствующего мембранного листа 12А или 12В. Мембраны 12А и 12В могут быть по существу воздухонепроницаемыми. В примерных вариантах реализации один из или оба мембранных листа 12А и 12В содержат композитную полимерную мембрану с пористым основанием и избирательно водопаропроницаемым покрытием. Предпочтительно, покрытие выполнено избирательным по водяному пару (т.е. покрытие обладает значительно более высокой проницаемостью для водяного пара по сравнению с другими газами, проходжение которых сквозь покрытие нежелательно). Примеры некоторых подходящих материалов мембраны описаны, например, в патентной заявке США № US2012/0061045 и в патенте США № 8936668.

Мембранные листы 12А и 12В могут быть тонкими, гибкими и не самонесущими в разобранном состоянии и при отсутствии опоры, обеспечиваемой панелями 12. Мембранные листы 12А и 12В могут содержать коммерчески доступные мембраны для обмена водного пара. Мембранные листы 12А и 12В могут отличаться некоторыми или всеми из нижеследующих параметров:

- высокая степень водопроницаемости (для пара и жидкости);
- высокая степень абсорбции воды;
- низкая или нулевая степень проницаемости для воздуха и загрязняющего газа;
- огнестойкость;
- устойчивость к росту микроорганизмов;
- длительный срок службы в требуемых условиях работы без нежелательной утечки или потери компонентов мембраны и без значительного ухудшения рабочих показателей по переносу водяного пара или повышенной степени переноса загрязнителей;
- устойчивость в цикле замораживания и оттаивания при наличии жидкого водяного конденсата без значительного ухудшения рабочих показателей;
- низкая стоимость.

Некоторые из типичных мембранных листов имеют толщину в пределах от 5 до 250 микрон. В некоторых вариантах реализации мембранные листы выполнены более гибкими в одном из направлений по сравнению с перпендикулярным ему направлением. Подобные мембранные листы могут быть ориентированы таким образом, что направление, в котором лист имеет наибольшую жесткость, поперечно гребням разделительного листа 12С.

В примерных вариантах реализации каждый из мембранных листов 12А и 12В посредством адгезива или другим образом прикреплен к гребням гофрированного элемента 12С. Крепеж может быть сплошным вдоль каждого из гребней или может быть прерывистым вдоль некоторых из гребней или вдоль всех гребней. В некоторых вариантах реализации крепеж выполнен сплошным вдоль одного или более наиболее внешних гребней на каждой стороне панели 12 и выполнен прерывистым вдоль внутренних гребней панели 12. Даже в случае прерывистого распространения адгезива вдоль некоторых гребней адгезив может быть нанесен сплошным образом вдоль наиболее внешних гребней на обоих краях каждого из листов 12А или 12В. Данная конструкция герметизирована вдоль указанных краев. В некоторых вариантах реализации адгезив представляет собой термопластичный адгезив.

В некоторых вариантах реализации обеспечивают усадку листов 12А и 12В после их соединения с разделительным листом 12С, в результате чего листы 12А и 12В натянуты и не провисают на участках между точками или участками крепления к разделительному листу 12С. Усадка может быть выполнена посредством, например, ослабления напряжения на растяжение (в случае преднапряжения мембраны) или охлаждения после ламинирования (тепловое сжатие).

На фиг. 2А показана примерная панель 12, снабженная проставками 14 для отделения указанной панели от соседней панели.

На фиг. 2В показан внутренний элемент вентилятора ERV, образованный множеством панелей 12 общего вида, показанных на фиг. 2А, уложенных в стопу. На фиг. 2С и 2D показан гофрированный разделительный лист с отображением величин, в настоящем описании называемых "межпиковым расстоянием" и "глубиной".

Предпочтительно, разделительный лист 12С выполнен из материала или материалов, отличных от материалов мембранных листов 12А и 12В. В некоторых вариантах реализации разделительный лист 12С содержит гофрированный элемент, выполненный из листа формуемого металла, такого как алюминий. Подобные варианты реализации обладают преимуществом, заключающемся в огнестойкости гофрированных элементов 12С. В других вариантах реализации разделительный лист 12С может содержать пластиковый лист. В некоторых вариантах реализации межпиковое расстояние гофра (заданное на фиг. 2D) находится в пределах от примерно 4 или 5 до 15 мм. В примерном варианте реализации межпиковое расстояние составляет примерно 7 мм.

Разделительный лист 12С может содержать гофр зигзагообразного, синусоидального или сходного профиля, но подобная конфигурация не является обязательной. В некоторых вариантах реализации гребни разделительного листа 12С выполнены узкими по сравнению с синусоидной конфигурацией идентичного межпикового расстояния. На фиг. 2F, 2G, 2H и 2I показаны неограничивающие альтернативные примерные формы поперечного сечения разделительного листа 12С.

В некоторых вариантах реализации разделительный лист 12С имеет профиль, обеспечивающий гребни с уплощенными вершинами. Уплощенные вершины обеспечивают поверхности, выполненные с возможностью обеспечения прочных адгезивных связей между мембранами и разделительным листом 12С. На фиг. 2J показан вид в поперечном сечении примерного разделительного листа 12С-1, в котором выполнен общий профиль поперечного сечения, являющийся зигзагообразным с плоскими или почти плоскими участками 112, соединяющими гребни 113, обладающие уплощенными вершинами. В собранном положении с получением панели, в котором мембранные листы 114 прикреплены посредством гребней 113, плоские участки 112 обеспечивают триангулированную опору для мембранных листов. Уплощенная поверхность гребня может обеспечивать основание для надежного крепления адгезива 115 к разделительному листу 12С. Кроме того, обеспечение гребней с уплощенными вершинами может способствовать уменьшению падения давления в каналах 12D путем устранения узких углов во впадинах 116, соответствующих гребням 113. Уплощенные вершины могут быть выполнены довольно узкими с целью сохранения заслонения участка мембранных листов 114 гребнями 113 с уплощенными вершинами, относительно небольшими по сравнению с общей площадью мембранных листов 114.

В некоторых вариантах реализации разделительный лист 12С выполнен перфорированным. Перфорации могут иметь любую подходящую форму или формы. При необходимости перфорации выполнены исключительно на стенках сепаратора, разделяющих соседние каналы 12D.

Материал, из которого выполнен разделительный лист 12С, может быть тонким. Разделительный лист 12С, выполненный в виде тонкого гофрированного элемента, может обеспечивать сниженное падение давления в каналах 12D по сравнению с более толстым гофрированным элементом. В некоторых вариантах реализации разделительный лист 12С выполнен из материала, имеющего толщину в пределах от 0,001 дюйма (примерно 0,025 мм) до 0,008 дюйма (примерно 0,2 мм). В некоторых вариантах реализации разделительный лист 12С выполнен из материала, имеющего толщину 0,2 мм или меньше.

Множество панелей 12 во внутреннем элементе 10 уложены в стопу и разнесены в пространстве друг от друга посредством проставок 14. Проставки 14 могут иметь форму, например, полосок, стержней, ребер или балок. Проставки 14 могут содержать, например, полоски из пластика, алюминия или другого подходящего материала разделительного листа.

Проставки 14 не обязательно должны быть сплошными и могут при необходимости быть полыми. В некоторых вариантах реализации проставки 14 имеют круглое поперечное сечение. Проставки 14, имеющие круглое поперечное сечение, могут иметь преимущество, заключающееся в отсутствии необходимости обеспечения конкретной пространственной ориентации проставок. Кроме того, в случае поворота круглых проставок в ходе размещения или после размещения указанный поворот не приводит к изменению расстояния между соседними панелями 12.

Размеры проставок 14 подобраны с целью обеспечения каналов 15 между соседними панелями 12. Обмен тепла и влаги обеспечен между газами в каналах 15 и газами в каналах 12D внутри соседних панелей 12.

Концы внутреннего элемента 10 могут быть закрыты посредством концевых панелей 11, выполненных из любого подходящего материала.

В предпочтительном варианте реализации проставки 14 непрерывно проходят по панелям 12. В некоторых альтернативных вариантах реализации некоторые из проставок 14 могут не проходить по всему протяжению панелей 12. Например, в некоторых вариантах реализации вместо одной из проиллюстрированных проставок 14 выполнено несколько более коротких проставок 14, расположенных в ряд. Концы более коротких проставок 14 могут упираться друг в друга или могут быть разнесены друг от друга в пространстве.

В предпочтительных вариантах реализации проставки 14 ориентированы по существу перпендикулярно гребням гофрированных элементов 12С. Проставки 14 могут быть выполнены с возможностью блокировки потока в направлении, поперечном проставкам 14.

Две проставки 14 могут проходить вдоль противоположных краев двух соседних панелей 12. В подобных вариантах реализации наиболее внешние проставки 14 могут выполнять дополнительную функцию герметизации краев каналов 15. Одна или более дополнительных проставок 14 при необходимости могут быть разнесены друг от друга в пространстве на протяжении панелей 12. Например, проставки 14 могут быть выполнены через промежутки в примерно от 50 до 200 мм. Обеспечение равного расстояния между проставкой 14 и соседними проставками 14 не является обязательным.

Проставки 14, задающие различные каналы 15, могут быть выровнены таким образом, что они параллельны друг другу. В некоторых вариантах реализации каналы 15 свободны между проставками 14, а соседние проставки 14 разнесены друг от друга на расстояния, соответствующие одному или более из следующих условий:

по меньшей мере 7 см;

по меньшей мере в 20 раз превышает толщину панелей 12;

по меньшей мере в 20 раз превышает межпиковое расстояние гофра слоя 12С панелей 12.

Согласно фиг. 2Е, расстояние между соседними панелями 12 может отличаться от значений толщины отдельных панелей 12. В частности, в некоторых вариантах реализации соседние панели 12 разнесены друг от друга на расстояния D2, меньшие по сравнению с глубиной D1 гофрированных элементов 12С, которая также задает расстояние между внутренними поверхностями листов 12А и 12В в каждой из панелей 12. Указанный результат может быть достигнут путем выполнения проставок 14, толщина которых меньше расстояния D1 между листами 12А и 12В одной панели 12.

В некоторых вариантах реализации расстояние D2 между соседними панелями 12 подобрано таким образом, что падение давления во всех каналах 15 и падение давления во всех каналах 12D при одинаковой скорости тока по меньшей мере являются приблизительно равными, по меньшей мере в случае, если скорость потока такова, что условия потока диктуют ламинарные потоки в каналах 12D и 15.

В некоторых вариантах реализации глубина D1 разделительного листа 12С находится в пределах от 110 до 150% или предпочтительно от 120 до 135%, от высоты каналов 15 (обозначенной позицией D2 на фиг. 2Е). В примерном варианте реализации глубина D1 разделительного листа 12С составляет примерно 2,6 мм, а высота (D2) каналов 15 составляет примерно 2 мм.

В некоторых вариантах реализации каналы 15 и 12D выполнены таким образом, что падение давления во всех каналах 15 и 12D одинаково с точностью до 25 Па при равной скорости потока по каналам, находящейся в пределах от 35 до 95 стандартных кубических футов в минуту (указанные значения скорости потока возможны во внутреннем элементе известного вентилятора ERV жилого помещения). В некоторых вариантах реализации при поддержании ламинарного потока по каналам 15 и 12D, в результате чего общий поток по всем каналам 15 равен общему потоку по всем каналам 12D, перепад давления во всех мембранных листах 12А и 12В меньше удвоенного значения падения давления в каждой группе каналов (12D и 15).

В другом примере, характерном для некоторых вариантов реализации, глубина D1 разделительного листа 12С (которая также представляет собой расстояние между внутренними поверхностями листов 12А и 12В в панели 12) находится в пределах от примерно 1,6 до 7 мм. Глубина D1 может превышать расстояние D2 между внешними поверхностями листов 12А и 12В на обеих сторонах канала 15 (обычно превышает значение D2 на 110-150 %). Значение D2 обычно находится в пределах от примерно 1,3 мм до примерно 5,5 мм.

В некоторых вариантах реализации боковые размеры (т.е. длина и ширина) панелей 12 также подобраны с целью обеспечения требуемого падения давления во всех каналах 12D и 15. Например, в случае, если размеры D1 и D2 равны, в каналах 12D возникает падение давления, превышающее значение падения давления в каналах 15 при равной скорости потока (вследствие того, что разделительный лист 12С образует некоторое сопротивление потоку текучей среды). В случае необходимости балансировки падения давления, вместо выбора значения D2 относительно D1 (или в дополнение к нему), относительная длина каналов 15 и 12D может быть скорректирована для обеспечения балансировки значений падения давления. Например, в случае, если падение давления на единицу длины в каналах 12D превышает соответствующее значение в каналах 15, длина каналов 15 может быть увеличена по сравнению с длиной каналов 12D. Например, длина каналов 15 может быть выполнена большей по сравнению с длиной каналов 12D при использовании прямоугольных (а не квадратных) панелей 12. Каналы 12D могут проходить вдоль более короткой стороны панелей 12, а каналы 15 могут проходить вдоль более длинной стороны панелей 12.

Другое конструктивное решение, которое может быть использовано для балансировки падения давления во всех каналах 12D и 15, заключается в выполнении турбулизирующих элементов, выполненных с возможностью нарушения ламинарного потока и/или повышения турбулентности в одном или обоих из каналов 12D и 15. Наличие подобных элементов в канале может увеличивать значение падения давления во всем канале при данной скорости потока. Например, высота (например, D1 или D2) канала может быть увеличена и/или длина канала может быть уменьшена без уменьшения падения давления во всем канале путем выполнения подходящих турбулизирующих элементов в канале с целью компенсации указанного изменения высоты или длины канала.

В некоторых вариантах реализации каждая из мембран 12А и 12В содержит основание, обеспечивающее опору для слоя материала, избирательного к водяному пару. В некоторых вариантах реализации основание представляет собой макропористое основание, а слой выполнен из материала, избирательного к водяному пару, выполненного в виде тонкой плотной или непрерывной пленки на одной стороне макропористого основания.

В некоторых вариантах реализации мембраны ориентированы таким образом, что снабженная покрытием сторона мембраны (т.е. сторона мембраны, несущая материал, избирательный к водяному пару) обращена в направлении от разделительных листов 12С. В некоторых вариантах реализации мембраны ориентированы таким образом, что снабженная покрытием сторона мембраны (т.е. сторона мембраны, несущая материал, избирательный к водяному пару) обращена в направлении к разделительным листам

12С. В некоторых вариантах реализации мембраны ориентированы таким образом, что снабженная покрытием сторона мембраны (т.е. сторона мембраны, несущая материал, избирательный к водяному пару) обращена в направлении от разделительных листов 12С. В некоторых вариантах реализации мембрана, расположенная в непосредственной близости от одной из сторон гофрированного элемента, ориентирована таким образом, что снабженная покрытием сторона мембраны (т.е. сторона мембраны, несущая материал, избирательный к водяному пару) обращена в направлении от разделительного листа 12С, а мембраны, расположенные в непосредственной близости от другой стороны разделительного листа 12С, ориентированы таким образом, что снабженная покрытием сторона мембраны обращена в направлении к разделительному листу 12С.

Конкретные варианты пространственной ориентации асимметричной мембраны (такой, как мембрана с покрытием на одной из сторон) могут обеспечивать преимущества в некоторых областях использования обменников тепла и влаги, раскрытых в настоящем описании. Некоторые факторы, способствующие выбору направления ориентации асимметричных мембран в панелях 12 с обеих сторон соответствующих разделительных листов 12С, включают:

более надежное крепление адгезива или связующего механизма, используемого для прикрепления мембран к одному или другому из гофрированного разделительного листа 12С или проставок 14, к снабженной или не снабженной покрытием стороне мембраны;

при использовании некоторых покрытий оптимальные рабочие показатели могут быть достигнуты при ориентации мембраны таким образом, что покрытие обращено к более влажному потоку;

некоторые покрытия мембраны могут обладать проницаемостью к влаге, зависящей от температуры. Например, паропроницаемость покрытия мембраны может расти при повышении температуры. Указанное свойство может быть использовано путем ориентации мембраны таким образом, что снабженная покрытием сторона мембраны обращена к более теплomu потоку (который обычно также является более влажным потоком);

промышленные стандарты эффективности установок вентилятора ERV требуют большей скрытой эффективности при охлаждении (по сравнению с нагревом). В установках вентилятора ERV в регионах, обладающих климатом, требующим использования вентилятора ERV в условиях нагрева (обычно зимой) и охлаждения (обычно летом), мембраны могут быть ориентированы таким образом, что снабженная покрытием сторона мембраны обращена к более влажному потоку в условиях нагрева с целью обеспечения повышенной скрытой эффективности в условиях охлаждения;

в случаях пропуска холодного воздуха по каналам 12D, в результате чего в открытом канале 15 может возникать конденсат, мембрана или мембраны, граничащие с открытым каналом 15, могут быть ориентированы таким образом, что снабженная покрытием сторона обращена к открытому каналу 15 с целью содействия дренажу жидкой воды из каналов 15 и с целью размораживания или плавления льда.

Одно из преимуществ некоторых вариантов реализации заключается в том, что относительно свободные каналы 15 обеспечивают пониженное сопротивление потоку газа. Кроме того, в условиях возможного обледенения свободные каналы намного менее подвержены закупориванию в результате накопления льда по сравнению с небольшими отдельными каналами, реализованными в некоторых известных из уровня техники конструкциях обменников тепла и влаги. Частичная причина вышеуказанного эффекта заключается в наличии меньшего количества стенок, на которых может накапливаться лед. В некоторых конструкциях лед может образовываться на непроницаемых стенках разделительного листа. При использовании небольших каналов после частичного закупоривания одного из каналов льдом текучая среда обычно не проходит по указанному каналу, что приводит к повышению вероятности полной блокировки канала. Используемые в конструкции материалы (например, материалы разделительных листов, покрытия мембраны или проставок) могут быть подобраны таким образом, что указанные материалы являются гидрофобными или изменяют поверхностное натяжение с целью обеспечения лучшего дренажа конденсата и повышения устойчивости к обмерзанию.

В некоторых вариантах реализации боковые края панелей 12 выполнены сужающимися по толщине с целью обеспечения суженных входов и/или выходов для каналов 15. Указанная конфигурация может дополнительно уменьшить падение давления во всех каналах 15.

В некоторых вариантах реализации суженные входы также обеспечены и для каналов 12D. Например, наиболее внешние проставки 14 могут содержать сужающиеся участки, выступающие наружу за пределы отверстий каналов 12D, и соответственно, обеспечивают суженные входы и/или выходы для каналов 12D. Указанная конфигурация может дополнительно уменьшить падение давления во всех каналах 12D.

В некоторых вариантах реализации обеспечены турбулизирующие элементы с целью повышения турбулентности потока внутри каналов 12D и/или 15. В случае если поток газа (например, влажного воздуха) в каналах испытывает некоторый срыв потока, турбулентность некоторой степени может приводить к смешиванию потока, позволяющему обеспечивать контакт различных частей газа с мембраной по мере протекания газа по каналу. Турбулизирующие элементы могут содержать небольшие выступы и/или выемки, выполненные одной или более поверхностях, ограничивающих каналы. Например, в некоторых вариантах реализации турбулизирующие элементы могут быть обеспечены путем профилирова-

ния одного или обоих слоев мембраны в панели с целью обеспечения вогнутостей и/или выпуклостей, обращенных в каналы 12D и/или 15.

Турбулизирующие элементы могут быть реализованы с возможностью изменения поля потока внутри каналов при требуемой скорости потока с целью повышения переноса тепла и влаги без излишнего увеличения падения давления (потери энергии в потоке вследствие трения и аэродинамического сопротивления текучей среды) во всех каналах. В некоторых вариантах реализации турбулизирующие элементы выполнены в разделительном листе 12C и/или в проставках 14 в дополнение к выполнению турбулизирующих элементов в мембранах или вместо него. Например, материал разделительного листа 12C может быть сформован с обеспечением выступов, отверстий, клапанов или углублений в стенках каналов 12D, и/или выступы и/или выемки могут 25 быть выполнены вдоль краев проставок 14.

В дополнение к обеспечению лучшего контакта между мембраной и воздухом, текущим по каналам, ограниченным мембраной, турбулизирующие элементы могут быть использованы в совокупности с другими конструктивными элементами с целью балансировки падения давления во всех каналах 12D относительно падения давления во всех каналах 15.

Турбулизирующие элементы могут иметь любую из широкого ряда конфигураций. Например, указанные элементы могут содержать небольшие тетраэдрические, квадратные, имеющие неправильную форму или столбчатые выступы из поверхности, ограничивающей один из каналов. Подобные элементы могут быть реализованы в виде регулярной матрицы или нерегулярной матрицы. В некоторых вариантах реализации подобные элементы более плотно расположены на входном конце канала и разрежены или отсутствуют на участке ближе к выходному концу канала.

В некоторых вариантах реализации турбулизирующие элементы имеют размеры порядка 1 мм. Например, в некоторых вариантах реализации подобные элементы выступают из поверхности на расстояние в пределах от 1/8 до 2,5 мм. В некоторых вариантах реализации подобные элементы имеют ширину в пределах от 1/8 до 5 мм в направлении, поперечном каналу. В некоторых вариантах реализации некоторые из указанных элементов или все указанные элементы выполнены удлиненными в направлении, по существу параллельном продольной оси канала.

На фиг. 2K показан участок мембраны 12A, профилированный с образованием турбулизирующих элементов в виде матрицы прямоугольных выступов 17. В примерном варианте реализации выступы имеют длину примерно 7,5 мм, ширину примерно 0,6 мм и высоту примерно 0,65 мм. Противоположная сторона мембраны 12A может содержать рисунок из выемок, соответствующих каждому из элементов 17.

На фиг. 3 приведена функциональная схема, иллюстрирующая способ 30, обеспечивающий последовательность этапов, которые могут быть выполнены с целью изготовления внутреннего элемента обменника тепла и влаги по одному из вариантов реализации настоящего изобретения. В некоторых вариантах реализации способа этапы могут быть выполнены в другой последовательности, и/или некоторые из этапов могут быть опущены, и/или могут быть выполнены дополнительные этапы. На этапе 31 обеспечивают мембранные листы. Мембранные листы могут быть обеспечены, например, в виде рулонов, имеющих ширину, равную одному из линейных размеров панели 12. На этапе 32 обеспечивают листовой материал разделительного листа. Листовой материал разделительного листа также может быть обеспечен, например, в виде рулона материала. Ширина листового материала разделительного листа, обеспеченного на этапе 32, может быть по существу равна ширине мембранных листов, обеспеченных на этапе 31.

На этапе 33 листовой материал разделительного листа гофрируют, например, путем формования между узорчатыми (например, зубчатыми) валиками или путем прессования.

На этапе 34 вдоль гребней гофрированного разделительного листа наносят адгезив. Адгезив может содержать, например, термопластичный адгезив или чувствительный к давлению адгезив. В некоторых примерах адгезив наносят посредством покрытых адгезивом валиков, соприкасающихся с гребнями гофрированного разделительного листа, и/или посредством сопел, выбрасывающих капли, бусины или полосы адгезива на гребни гофрированного разделительного листа.

На этапе 35 мембранные листы прикрепляют с обеих сторон гофрированного разделительного листа с образованием ламинированного материала. В некоторых вариантах реализации мембранные листы одновременно наносят на противоположные стороны гофрированного разделительного листа. Подобные варианты реализации, в которых мембранные листы прикрепляют по существу одновременно в диаметрально противоположных местоположениях на противоположных сторонах гофрированного разделительного листа, могут иметь преимущество, заключающееся в содействии формированию более плоских панелей и/или понижению вероятности провисания мембраны. В некоторых вариантах реализации один из мембранных листов наносят на одну из сторон гофрированного разделительного листа перед нанесением другого мембранного листа на противоположный участок на другой стороне гофрированного разделительного листа.

На этапе 36 обеспечивают проставки (например, проставки 14). Проставки могут быть обеспечены в предварительно обрезанном до требуемой длины состоянии, или могут также быть получены из рулона, или могут быть обрезаны до требуемой длины из более длинных элементов, или могут быть экструдиро-

ваны непосредственно на мембрану. На этапе 37 проставки связывают с одним из мембранных листов в требуемых точках. На этапе 38 из ламинированного материала вырезают панели. Этапы 37 и 38 могут быть выполнены в любом порядке (т.е. проставки 14 могут быть нанесены до или после формирования отдельных панелей 12).

Проставки могут быть нанесены на панели 12, например, путем экструдирования проставок на панели 12, приклеивания проставок в требуемых точках, прикрепления проставок посредством адгезива или т.п. В некоторых вариантах реализации проставки 14 могут быть нанесены в виде отверждаемого материала, такого как жидкость, паста или гель. В подобных вариантах реализации для разнесения соседних панелей 12 на требуемое расстояние может быть использован временный распорочный элемент. Временный распорочный элемент может быть удален после отверждения отверждаемого материала, достаточного для поддержания требуемого расстояния.

В некоторых вариантах реализации этап 38 включает удаление мембраны с одной стороны ламинированного материала между двумя гребнями гофрированного разделительного листа. Удаление мембраны может включать, например, резку лазером, резку нагретой лентой, резку подвижным лезвием и т.д. Разрезание панелей может также включать этап прорезания гофрированного элемента и противоположащей мембраны в точке, в которой гофрированный элемент прикреплен к противоположащей мембране, согласно этапу 38B.

На этапе 39 полученные панели укладывают в стопу. На этапе 40 проставки, ранее прикрепленные к мембране с одной стороны панелей, связывают с соседней панелью в стопе.

После сборки требуемого количества панелей в стопу изготовление внутреннего элемента завершено, и внутренний элемент может быть выведен из установки. При необходимости способ включает дополнительные этапы, такие как нанесение уплотнителей, рамки и т.д.

На фиг. 4 показана установка 50 по примерному варианту реализации для изготовления внутренних элементов 10 вентилятора ERV. В установке 50 используют рулоны 51A и 51B материала мембраны и рулон 51C материала разделительного листа. Материал разделительного листа, например, алюминиевую фольгу, пропускают между гофрирующими валиками 52. Аппликатор 53 адгезива наносит адгезив на гребни гофрированного материала разделительного листа. Аппликатор 53 адгезива может содержать, например, покрытый адгезивом валик.

В некоторых вариантах реализации установки глубина гофрирования (например, значение D1 по фиг. 2E) может быть свободно отрегулирована. В проиллюстрированном варианте реализации материал разделительного листа гофрируют перпендикулярно направлению перемещения материалов между валиками 52. В других вариантах реализации гофрирование может быть осуществлено с образованием гофра, проходящего в другом направлении (например, параллельно направлению перемещения).

Мембранные листы из рулонов 51A и 51B сводят по направлению друг к другу с обеих сторон гофрированного материала разделительного листа на участке валиков 54, связывающих мембрану с материалом разделительного листа с образованием ламинированного материала.

При необходимости гофрированный материал разделительного листа перед связыванием незначительно сжимают в направлении, перпендикулярном гофру, в результате чего после связывания мембраны с материалом разделительного листа мембрана растянута или находится в натянутом состоянии. После прохождения валиков 54 мембраны и разделительного листа образуют ламинированный материал, в котором мембранные листы связаны с обеими сторонами гофрированного разделительного листа. Проставочные полосы подают из рулона 55 материала полос. На каждую проставочную полосу посредством аппликатора 58 адгезива наносят адгезив. На участке валиков 59 проставочные полосы связывают с одной стороной ламинированного материала. В других вариантах реализации проставочные полосы могут быть экструдированы непосредственно на мембрану. Например, проставочные полосы могут быть выполнены из перерабатываемого в расплаве пластика и могут быть экструдированы на ламинированный материал.

Режущее устройство 60, такое как, например, ножницы или лазерный резак, разрезает ламинированный материал на панели 12. На проставки 14 на каждой из панелей 12 посредством аппликатора 62 адгезива наносят адгезив. Укладчик 65 укладывает панели 12 в стопу друг поверх друга и связывает указанные панели 12 друг с другом.

В некоторых вариантах реализации края панелей 12 разрезают с целью обеспечения суженного входа в каналы 15. Один из способов, позволяющих достичь указанного результата, показан на фиг. 5A-5C. В подобных вариантах реализации мембрана 12A может быть разрезана поблизости от точки, в которой она прикреплена к наиболее внешнему гребню на одной из сторон панели 12, а мембрана 12B сходным образом может быть разрезана в точке поблизости от точки, в которой мембрана 12B прикреплена к наиболее внешнему гребню на другой стороне панели 12. В результате указанного действия обнажена угловая поверхность 12E гофрированного элемента 12C. Подобные сужающиеся края могут быть при необходимости (и предпочтительно) выполнены вдоль обоих противоположащих краев панели 12. Каждый из указанных противоположащих сужающихся краев обеспечивает более плавный поток воздуха или другого газа на входе и выходе каналов 15.

В некоторых вариантах реализации панели 12 уложены в стопу, и их удерживают вместе посред-

вом рамы, содержащей угловые элементы 18 (см. фиг. 2). В некоторых вариантах реализации угловые элементы 18 содержат Г-образные элементы.

Раскрытая в настоящем описании конструкция может быть изменена с целью формирования внутренних элементов вентиляторов ERV множества различных конфигураций. Например, панели 12 могут быть квадратными, но также могут иметь и другую форму (например, прямоугольную или даже закругленную форму).

В некоторых вариантах реализации мембранные листы 12A и 12B и гофрированный элемент 12C выполнены из материала, пригодного для использования процессов неадгезивной связи. Например, основание мембранных листов 12A и 12B может содержать пластиковый материал, который может быть связан с пластиковым материалом гофрированного элемента 12C путем сварки (например, лазерной сварки, ультразвуковой сварки или тепловой сварки). Сходным образом, в некоторых вариантах реализации прокладки 14 выполнены из материала, пригодного для использования процессов неадгезивной связи.

В некоторых вариантах реализации гофрированный элемент 12C заменен на элемент, штампованный или другим образом выполненный для формирования выступов, таких как лунки, гребни или выпуклости, выступающие наружу на обеих сторонах и обеспечивающие опору для листов 12A и 12B с сохранением указанных листов в разнесенной в пространстве параллельной конфигурации, и которые при прикреплении к листам 12A и 12B обеспечивают формирование относительно жесткой самонесущей панели 12.

Внутренние элементы, раскрытые в настоящем описании, могут быть включены в систему обменника тепла и влаги, содержащую первые камеры, связанные с системой с целью переноса потоков воздуха в каналы 15 и из них, вторые камеры, связанные с системой с целью переноса потоков воздуха в каналы 12D и из них, и нагнетатели, связанные с системой с целью поддержания равных объемов общего потока по каналам 15 и 12D. Система обменника тепла и влаги может быть выполнена с возможностью обеспечения равномерного распределения потока по каждому из каналов 15. Система обменника тепла и влаги может быть выполнена с возможностью обеспечения равномерного распределения потока по всем каналам 12D.

В некоторых вариантах реализации обменник тепла и влаги выполнен таким образом, что более теплый, более влажный воздух, выходящий из помещения зимой, переносят по каналам 12, более открытым (и соответственно, менее подверженным обмерзанию) по сравнению с каналами 12D. Указанная конфигурация может обеспечивать возможность работы устройства при более низких температурах окружающей среды.

В некоторых вариантах реализации покрытие на мембранных листах 12A и 12B обращено в направлении к потоку наружного воздуха, вносимого в помещение. Указанная конфигурация может улучшить скрытую теплопередачу летом (когда входящий наружный воздух является относительно горячим и влажным по сравнению с более холодным кондиционированным воздухом, выводимым из помещения).

В некоторых областях применения желательное обеспечение работы обменника тепла и влаги, в ходе которой в одном направлении проводят больший объем потока (обеспечена большая массопередача) по сравнению с обратным направлением. Например, в коммерческой области применения может быть желательна подача большего потока на стороне подачи (свежего воздуха, входящего в помещение) по сравнению с выходной стороной (воздухом, выходящим из помещения через обменник тепла и влаги). Указанная конфигурация может быть реализована с целью сохранения положительного давления внутри помещения и/или с целью компенсации воздуха, выходящего через двери, окна или другие пути выхода, или в случае, если часть возвратного воздуха не распределяют обратно в систему вентилятора ERV. В подобных случаях может быть предпочтительным использование каналов 15 для выполнения притока. В случае, если каналы 15 работают под давлением, незначительно превышающим давление в каналах 12D, результирующее усилие, действующее на панели 12, зачастую приводит к сжатию панелей 12.

Предпочтительно выполнение внутренних элементов вентиляторов ERV и других обменников тепла и/или пара, содержащих широкие и открытые каналы, несущие поток воздуха или другого газа, подлежащего осушению или увлажнению. Например, предпочтительно обеспечение двух параллельных плоских мембран, задающих полностью открытый канал между указанными мембранами. Вследствие ограничений в отношении жесткости тонких водопаропроницаемых мембран подобная конфигурация по существу не является возможной. Согласно эмпирически подтвержденной теории тепломассообмена, геометрия канала, более близко сходная с кругом, обеспечивает больший показатель тепломассообмена для ламинарного потока, определяемый числом Нуссельта. Соответственно, открытый канал обладает более высокими коэффициентами массообмена по сравнению с треугольным каналом вследствие того, что форма канала влияет на диффузию и конвективный теплообмен в третьем измерении. Сходным образом, число Нуссельта для двух параллельных плоских пластин соответствует повышенным коэффициентам массообмена по сравнению с квадратным каналом.

Неограничивающие примерные конструкции обменников тепла и пара на основании принципов настоящего изобретения включают следующие решения:

установка вентилятора ERV, предназначенная для использования в теплых и влажных климатических условиях, таких как условия на юге США, может быть выполнена таким образом, что более влаж-

ный, более теплый воздух протекает в подвергаемое кондиционированию воздуха здание по одному набору каналов 12D или 15, а более холодный, менее влажный воздух вытекает из здания по другим из каналов 15 или 12D. В подобных установках преимущество может быть достигнуто при ориентации мембраны таким образом, что снабженная покрытием сторона мембраны предпочтительно ориентирована таким образом, что покрытие обращено к более влажному входящему воздуху. Данная конфигурация по существу обеспечивает возможность более значительного переноса водяного пара, подлежащего удалению из входящего потока (осушение). При необходимости могут быть выполнены турбулизаторы с целью образования турбулентности во входящем более влажном и теплом потоке с целью повышения степени контакта между водяным паром, вносимым во входящем потоке, и поверхностью мембраны. В данных условиях применения типичное расстояние между соседними пластинами находится в пределах от 1,5 до 5 мм с целью обеспечения возможности более высокой скорости потока и низкого падения давления или повышенного теплообмена;

установка вентилятора ERV в жилом блоке, находящемся в холодных климатических условиях, таких как условия в Канаде или на северо-востоке США, может быть выполнена таким образом, что более холодный, менее влажный воздух протекает в обогреваемое здание по одному набору каналов 12D или 15, а более теплый, более влажный воздух вытекает из здания по другому набору каналов 15 или 12D. Подобная установка может быть выполнена с возможностью снижения тенденции к образованию льда в каналах, несущих более влажный воздух, и с возможностью содействия дренажу конденсата, который может образовываться в каналах. В подобных условиях применения преимущество по существу может быть достигнуто при использовании открытых каналов 15 для потока более теплого, более влажного входящего воздуха. Подобная конфигурация может обеспечивать более незатрудненное прохождение теплого воздуха к обледеневшим местам, находящимся во внутреннем элементе, и может также способствовать дренажу конденсата из каналов 15. В некоторых вариантах реализации каналы 15 ориентированы таким образом, что мембраны, ограничивающие каналы 15, выполнены негоризонтальными (например, вертикальными или наклонными, с целью содействия дренажу конденсата под частичным воздействием силы притяжения). Турбулизаторы (в случае их выполнения) предпочтительно расположены на стороне подачи менее влажного потока (т.е. в каналах 12D). Подобная конфигурация снижает риск повышения вероятности образования льда вследствие работы турбулизаторов и вероятность конденсации на турбулизаторах жидкой воды. Для обеспечения переноса большего объема водяного пара мембраны могут быть ориентированы таким образом, что снабженная покрытием сторона мембраны обращена к более влажному исходящему потоку;

в некоторых регионах вентилятор ERV может в одно время года быть использован для внесения теплого влажного воздуха в помещение и для обеспечения выхода холодного и более сухого воздуха из помещения, а в другое время года может быть использован для внесения холодного сухого воздуха в помещение и для вывода нагретого и более влажного воздуха из помещения. Некоторые установки вентилятора ERV выполнены с возможностью реконфигурирования с целью обеспечения избирательного прохождения входного воздуха по каналам 12D или 15, и обеспечения прохождения выводимого из помещения воздуха по другому набору каналов 15, 12D. Указанная конфигурация обеспечивает вышеописанную возможность конфигурирования установки вентилятора ERV с целью обеспечения требуемого режима работы в любое время года;

обменник водяного пара или увлажнитель, например, предназначенный для использования в автомобильном топливном элементе, может иметь шаг в пределах, например, от 0,3 до 1,5 мм. В подобных областях применения зачастую предпочтительны размеры (длина или ширина) пластин 12, обычно составляющие 200 мм или меньше. Полосы разделительных листов в каналах 15 могут быть, например, разнесены в пространстве на расстояния в пределах от примерно 30 до примерно 100 мм.

В дополнение к обменнику тепла и влаги согласно настоящему описанию установка вентилятора ERV может содержать воздуховоды для внесения наружного воздуха в помещение через обменник тепла и влаги и вывода внутреннего воздуха из помещения через обменник тепла и влаги, один или более нагнетателей для обеспечения перемещения потока воздуха в одном или обоих направлениях, и систему управления. В некоторых вариантах реализации система управления содержит датчики для некоторых (или всех) из температуры воздуха в одной или более точках, влажности воздуха в одной или более точках, содержания жидкой воды в одной или более точках, падения давления в одной или обеих сторонах обменника тепла и влаги, скорости потока, проходящего через обменник тепла и влаги, и т.п. В ответ на входящие данные от датчиков контроллер может совершать действия, такие как регулировка потока воздуха в помещение и/или из помещения, разморозка обменника тепла и влаги и т.д.

Интерпретация терминов

За исключением случаев, в которых из контекста очевидно обратное, в настоящем описании и формуле изобретения справедливы следующие утверждения:

термины "содержит", "содержащий" и т.п. следует считать включающими, а не исключаящими или исчерпывающими; другими словами, их следует читать как "содержащий без ограничения";

под терминами "связанный", "соединенный" и любыми их вариантами следует понимать любую связь или соединение, непосредственное или опосредованное, между двумя или более элементами; со-

единение или связь между двумя элементами может быть физической, логической или комбинацией физической и логической связи;

под терминами "в настоящем описании", "в вышеприведенном описании", "в нижеприведенном описании" и под сходными терминами, используемыми для описания настоящего документа, следует понимать ссылку на весь документ, а не на какую-либо конкретную часть настоящего документа;

термин "или", приведенный в контексте списка из двух или более элементов, призван охватывать все из нижеприведенных интерпретаций указанного термина: любые из элементов в списке, все элементы в списке и любую комбинацию элементов в списке;

описание элементов в единственном числе также охватывает возможное использование множественных элементов.

Термины, описывающие направления, такие как "вертикальный", "поперечный", "горизонтальный", "кверху", "книзу", "кпереди", "кзади", "кнутри", "кнаружи", "вертикальный", "поперечный", "левый", "правый", "передний", "задний", "верхний", "нижний", "ниже", "выше", "под" и т.д., использованные в настоящем описании и любых пунктах сопутствующей формулы изобретения (в случае их наличия), зависят от конкретной пространственной ориентации описанной и проиллюстрированной установки. Объект изобретения, раскрытый в настоящем описании, может быть использован в множестве альтернативных пространственных ориентации. Соответственно, указанные задающие направление термины жестко не заданы и не подлежат узкой интерпретации.

Способы согласно настоящему описанию могут быть изменены различным образом. Например, несмотря на то, что процессы или этапы приведены в определенном порядке, в альтернативных примерах могут быть выполнены последовательности, включающие этапы, или могут быть использованы системы, содержащие блоки, выполняемые в другом порядке, или некоторые из процессов или этапов могут быть опущены, перемещены, подразделены, комбинированы, и/или модифицированы с обеспечением альтернативных комбинаций или субкомбинаций. Каждый из указанных процессов или этапов может быть реализован различным образом. Кроме того, несмотря на то, что выполнение процессов или этапов иногда приведено в определенной последовательности, указанные процессы или этапы могут быть выполнены одновременно или в других последовательностях. Следовательно, следует понимать, что нижеприведенные пункты формулы изобретения включают все подобные вариации, входящие в рамки объема настоящего изобретения.

В случае ссылки на компонент (например, рамку, вентилятор, мембрану, панель и т.д.) в вышеприведенном описании, если не указано обратное, ссылку на указанный компонент (включая ссылки на "средства") следует интерпретировать как охватывающую в качестве эквивалента указанного компонента любой компонент, выполняющий функцию описанного компонента (т.е. функционально эквивалентный компонент), включая компоненты, не являющиеся структурными эквивалентами раскрытой конструкции, выполняющей функцию в проиллюстрированных примерных вариантах реализации изобретения.

В случае указания в настоящем описании на тот факт, что признак реализован "в некоторых вариантах реализации" или в "примерных вариантах реализации", указанный признак может при необходимости быть реализован в любом другом описанном варианте реализации при условии совместимости указанного признака с указанным другим описанным вариантом реализации. Указанный признак может быть реализован отдельно или в комбинации с другими признаками.

Конкретные примеры систем, способов и установки раскрыты в настоящем описании в иллюстративных целях. Указанные описания представляют собой исключительно примеры. Раскрытая в настоящем описании технология может быть применена в системах, отличных от примерных систем, раскрытых в вышеприведенном описании. При реализации настоящего изобретения возможно множество изменений, модификаций, дополнений, опущений и преобразований. Настоящее изобретение охватывает вариации раскрытых вариантов реализации, очевидные для специалиста, включая вариации, получаемые путем замены признаков, элементов и/или действий на эквивалентные признаки, элементы и/или действия; сочетания и комбинирования признаков, элементов и/или действий из различных вариантов реализации; комбинирования признаков, элементов и/или действий из вариантов реализации, раскрытых в настоящем описании, с признаками, элементами и/или действиями из другой технологии; и/или опущения комбинирования признаков, элементов и/или действий из раскрытых вариантов реализации.

Таким образом, нижеприведенная сопутствующая формула изобретения и вводимые в дальнейшем пункты формулы призваны охватывать все подобные осмысленные модификации, преобразования, дополнения, опущения и субкомбинации. Объем настоящего изобретения не призван быть ограниченным предпочтительными вариантами реализации, раскрытыми в настоящем описании; объем изобретения следует рассматривать в наиболее широком смысле, сообразным с настоящим описанием в целом.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для тепло и влагообмена, содержащее множество панелей, каждая из которых содержит гибкий разделительный лист с волнообразным профилем и

первый и второй тонкие водопаропроницаемые мембранные листы, прикрепленные к гребням профиля на противоположных сторонах разделительного листа, удерживающего первый и второй водопаропроницаемые мембранные листы в разнесенной в пространстве параллельной конфигурации,

при этом панель выполнена жесткой за счет прикрепления мембранных листов к разделительному листу,

а указанные разделительный лист и первый и второй мембранные листы задают первые каналы между указанными гребнями на разделительном листе,

при этом указанные первые каналы проходят в первом направлении по каждой из панелей для переноса первого потока;

причем панели уложены в стопу в разнесенной в пространстве параллельной конфигурации с продолговатыми проставками между соседними панелями, выбранными и установленными так, чтобы задать множество вторых открытых каналов между соседними панелями так, чтобы обеспечивать перенос второго потока через обменник тепла и влаги во втором направлении, поперечном первому направлению.

2. Устройство по п.1, в котором продолговатые проставки разнесены в пространстве друг от друга в первом направлении таким образом, что вторые каналы содержат отверстия шириной, в 20 или больше раз превышающей толщину панелей.

3. Устройство по п.1 или 2, в котором соседние панели разнесены в пространстве друг от друга на расстояния, меньшем по сравнению с толщиной панелей.

4. Устройство по п.3, в котором высота профиля разделительного листа находится в пределах от 110 до 150%, предпочтительно от 120 до 135%, от высоты вторых каналов.

5. Устройство по любому из пп.1-4, в котором разделительный лист содержит гофрированный лист.

6. Устройство по любому из пп.1-5, в котором разделительный лист выполнен перфорированным.

7. Устройство из пп.1-6, в котором каждая из панелей имеет толщину в пределах от 1,5 до 4 мм.

8. Устройство по любому из пп.1-7, в котором разделительный лист содержит формованный алюминевый лист.

9. Устройство по любому из пп.1-8, содержащее множество турбулизирующих элементов по меньшей мере в первых каналах или во вторых каналах, причем турбулизирующие элементы содержат выступы из одной или более панелей, ограничивающих каналы, и/или выемки в указанных панелях.

10. Устройство по п.9, в котором турбулизирующие элементы выполнены в одном или обоих из первого и второго водопаропроницаемых мембранных листов.

11. Устройство по п.9, в котором турбулизирующие элементы содержат ряд выступов, выполненных на поверхности по меньшей мере одного из первого или второго водопаропроницаемых мембранных листов, причем выступы имеют высоту, не превышающую 2 мм или 40% толщины разделительного листа, в зависимости от того, которое из указанных значений больше.

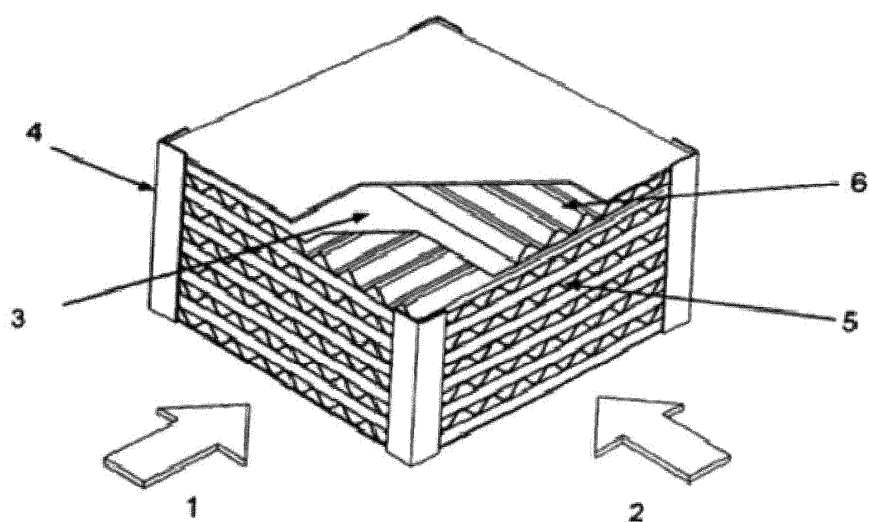
12. Устройство по любому из пп.1-11, в котором первый и второй водопаропроницаемые мембранные листы выполнены асимметричными и содержат подложку, имеющую воздухонепроницаемое водопаропроницаемое покрытие на одной из ее сторон, при этом первый и второй водопаропроницаемые мембранные листы ориентированы таким образом, что покрытия обращены во вторые каналы.

13. Способ изготовления устройства тепло- и влагообмена по п.1, включающий формирование множества панелей путем прикрепления первых и вторых мембранных листов к противоположным сторонам разделительного листа с волнообразным профилем, причем первый и второй мембранные листы прикреплены к указанным гребням профиля с образованием первых каналов в первом направлении по каждой из панелей; и

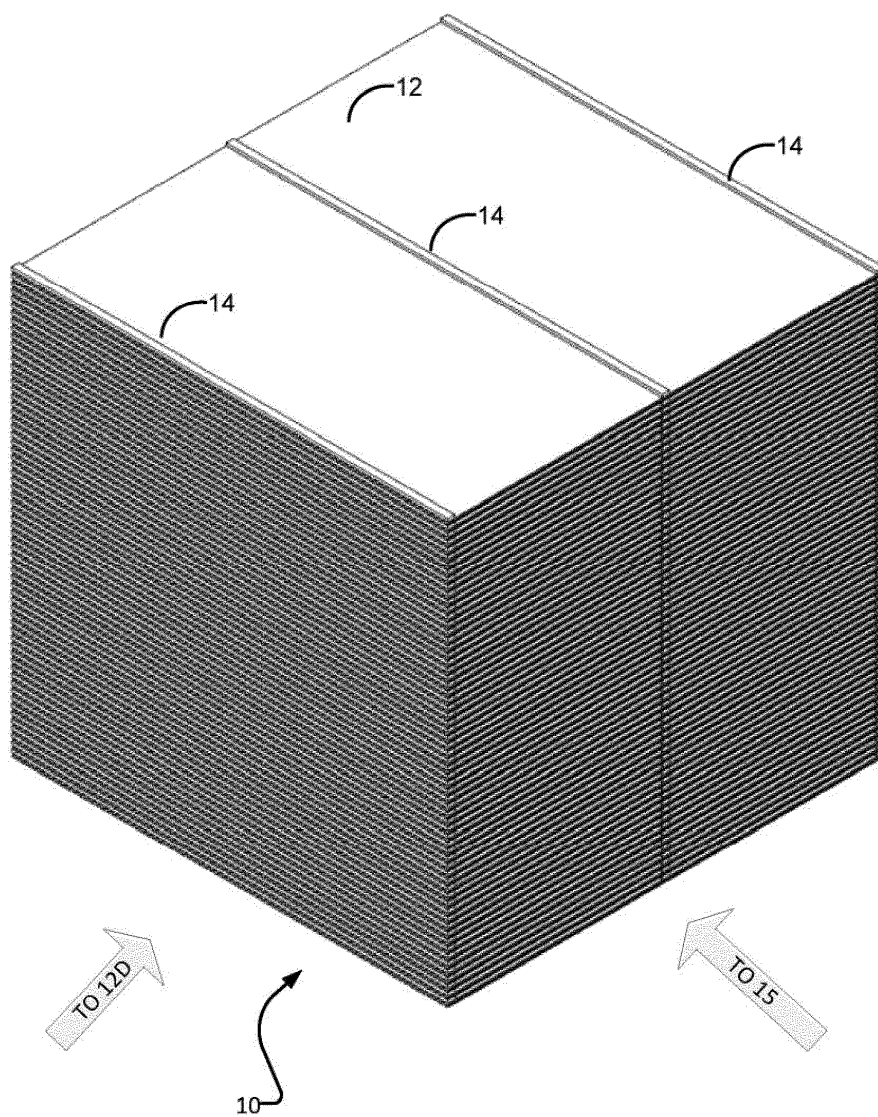
укладку панелей в стопу в разнесенной в пространстве конфигурации, в которой панели разделены продолговатыми проставками для задания вторых каналов во втором направлении, поперечном первому направлению, между каждой из пар соседних панелей.

14. Способ по п.13, в котором разделительный лист содержит гофрированный лист.

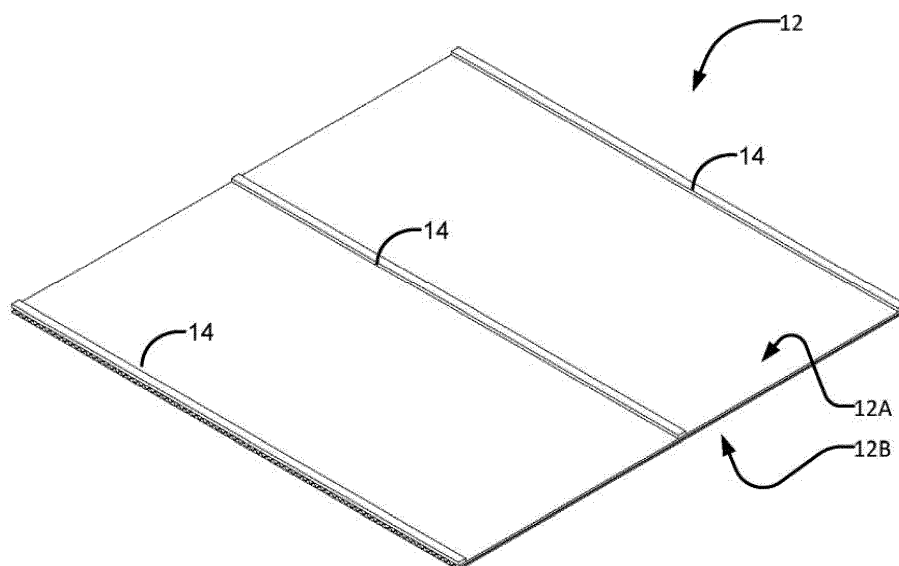
15. Способ по п.14, в котором формирование панелей включает нанесение адгезива вдоль гребней профиля гофров гофрированного листа и прикрепление мембранных листов к гребням посредством адгезива.



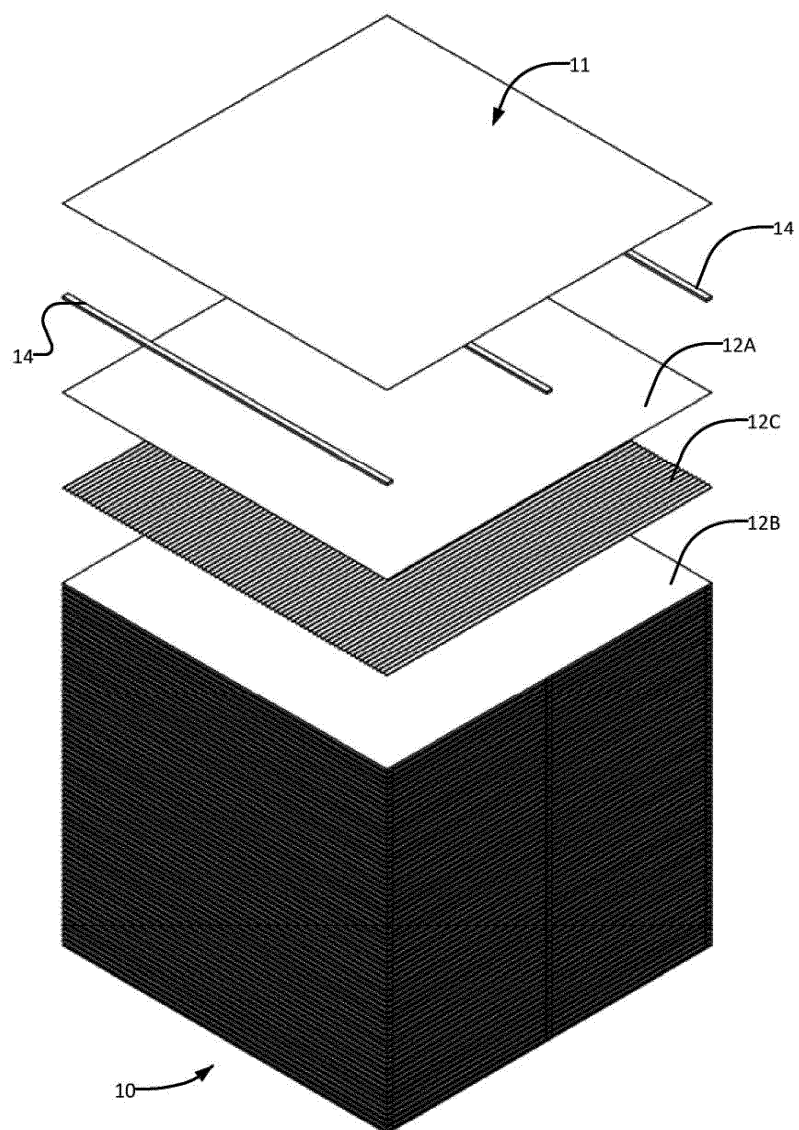
Фиг. 1



Фиг. 2



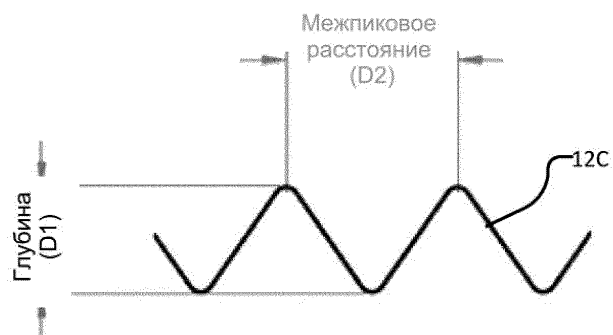
Фиг. 2А



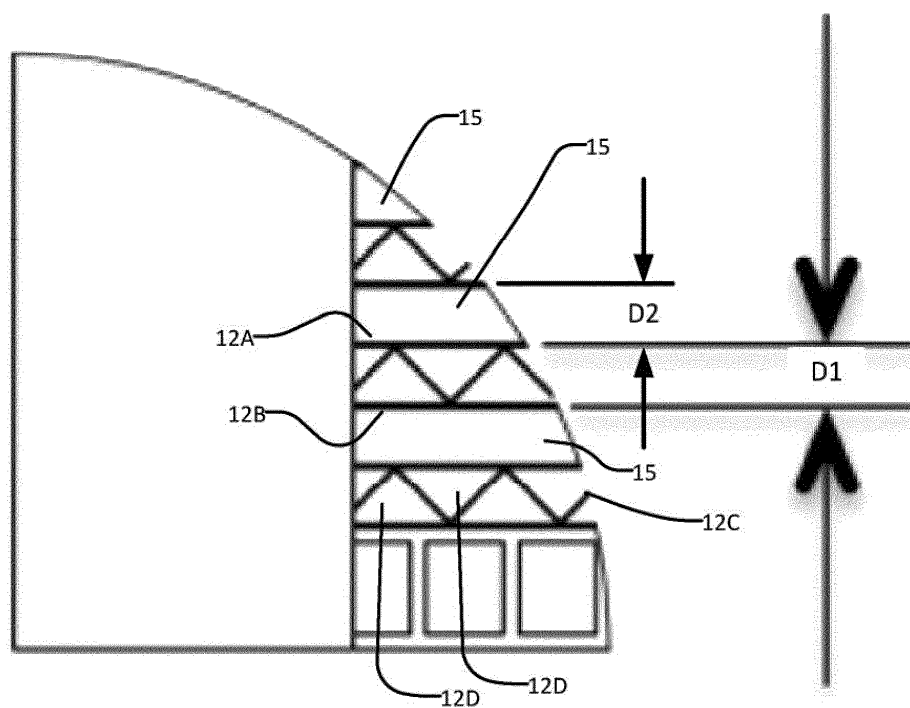
Фиг. 2В



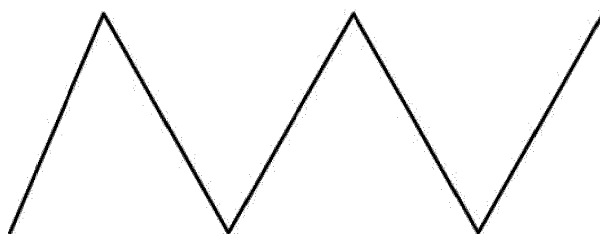
Фиг. 2С



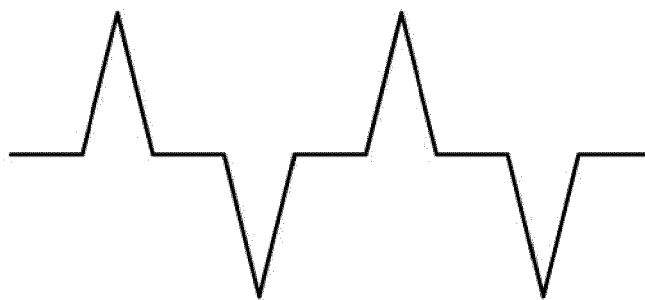
Фиг. 2D



Фиг. 2Е



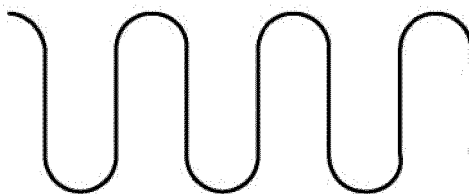
Фиг. 2F



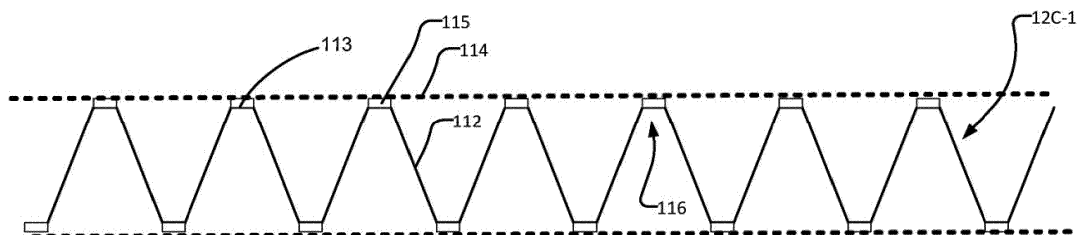
Фиг. 2G



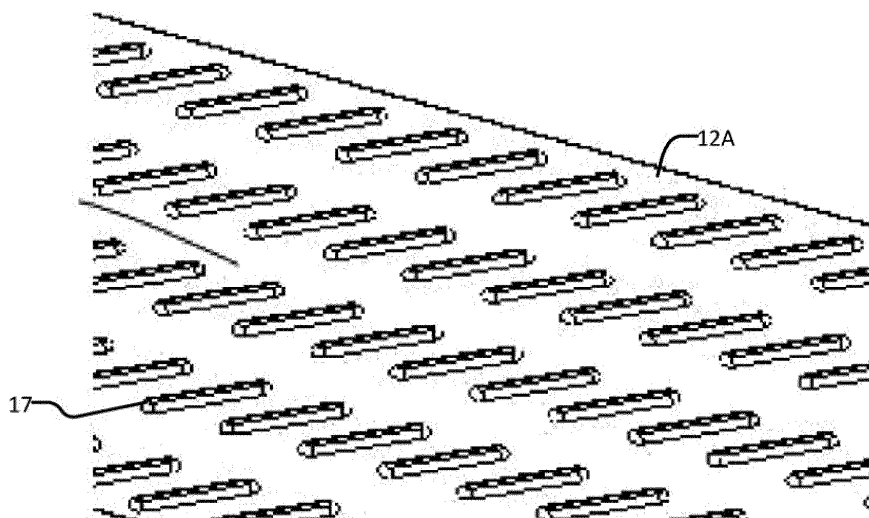
Фиг. 2H



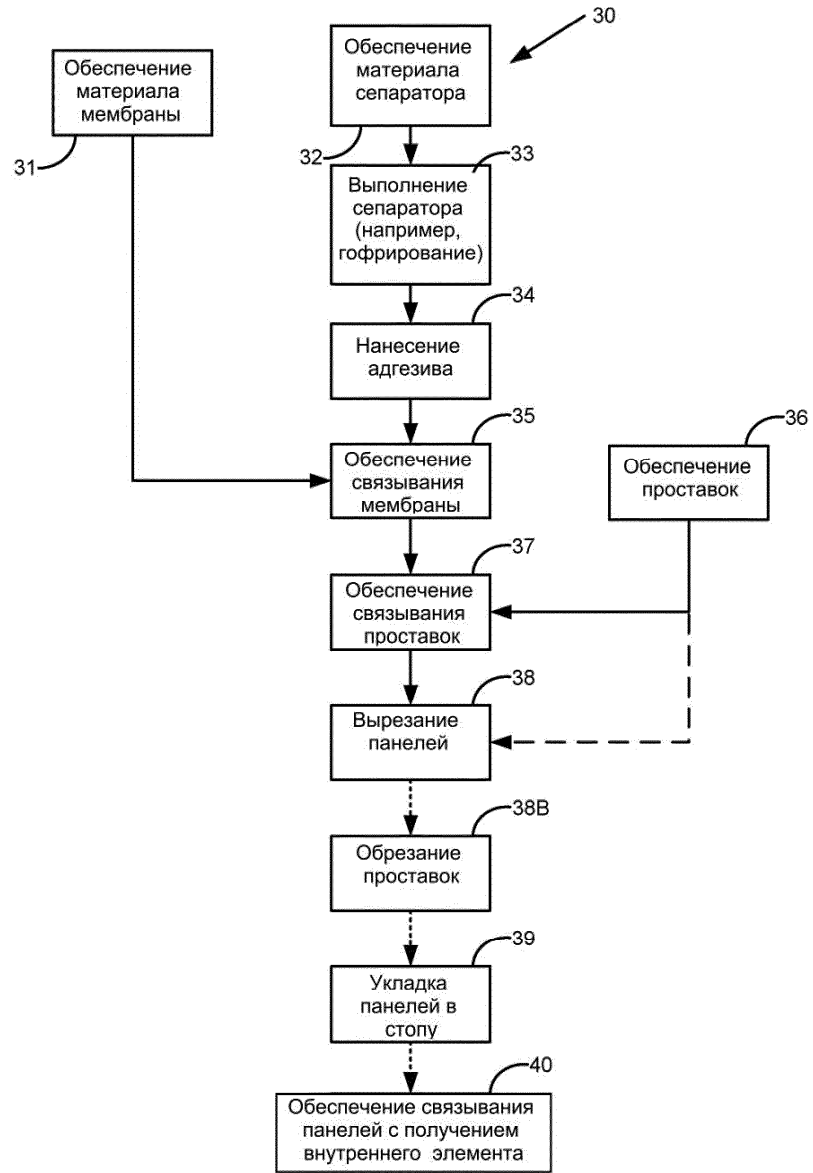
Фиг. 2I



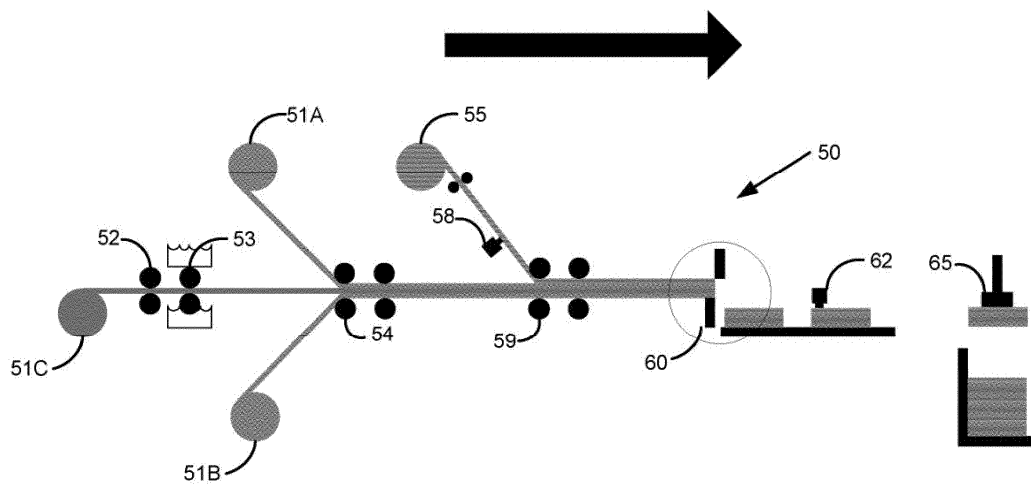
Фиг. 2J



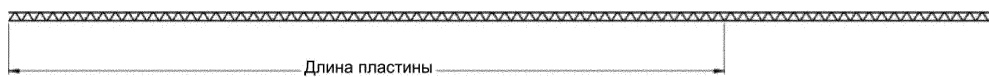
Фиг. 2K



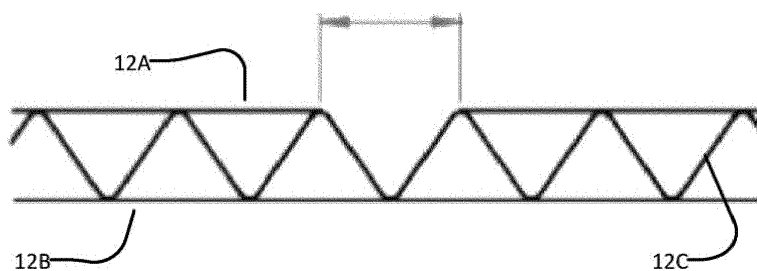
Фиг. 3



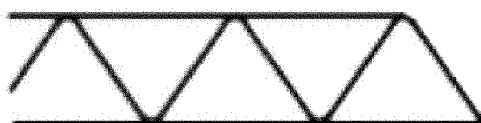
Фиг. 4



Фиг. 5А



Фиг. 5В



Фиг. 5С



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2