

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **045029**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.10.26**

(21) Номер заявки  
**202292257**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.02.05**

(51) Int. Cl. **B01J 2/04** (2006.01)  
**B01J 2/18** (2006.01)  
**B05B 3/10** (2006.01)

---

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛ**

---

(31) **2024843**

(32) **2020.02.05**

(33) **NL**

(43) **2022.10.14**

(86) **PCT/NL2021/050078**

(87) **WO 2021/158113 2021.08.12**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**МАШИНЕФАБРИК КРЕБЕР Б.В.**  
**(NL)**

(72) Изобретатель:  
**Дитс Паулус Йоханнес Николас,**  
**Груневеген Маркус Вилхелмус Мария**  
**(NL)**

(74) Представитель:  
**Фелицына С.Б. (RU)**

(56) EP-A2-0233384  
WO-A1-2018164652  
EP-A1-2008709

(57) Устройство для производства гранул из потока жидкости, включающее в себя полый элемент, выполненный с возможностью вращения вокруг первой оси вращения и содержащий стенку, имеющую симметрию вращения вокруг первой оси, ограничивая таким образом внутреннее пространство, причем в указанной стенке выполнено множество сквозных отверстий, образующих выпускные отверстия для создания струй жидкости по меньшей мере частично в радиально наружном направлении относительно первой оси при вращении полого элемента; второй элемент, форма которого позволяет ему входить во внутреннее пространство полого элемента, причем второй элемент расположен внутри полого элемента таким образом, что образуется зазор между внутренней поверхностью стенки полого элемента и внешней поверхностью второго элемента; входное устройство для жидкости, гидравлически соединенное с зазором и обеспечивающее возможность подачи жидкости в зазор; роторный приводной блок, служащий для вращения по меньшей мере полого элемента вокруг первой оси вращения; возвратно-поступательный приводной блок, выполненный с возможностью возвратно-поступательного перемещения одного из полого элемента и второго элемента относительно другого из полого элемента и второго элемента вдоль оси вращения для создания возвратно-поступательного изменения давления в струях жидкости; и соединительный механизм, расположенный между возвратно-поступательным приводным блоком и одним из полого элемента и второго элемента, причем указанный соединительный механизм выполнен с возможностью обеспечения относительных вращений между одним из полого элемента и второго элемента и возвратно-поступательным приводным блоком.

**045029**  
**B1**

**045029**  
**B1**

Настоящее изобретение относится к устройству для производства гранул, использованию данного устройства и способу изготовления данного устройства.

Гранулирование представляет собой известный процесс преобразования определенного количества жидкости, в частности количества расплавленного материала, во множество достаточно однородных сферических частиц. Этот процесс включает в себя две операции: во-первых, образование капель жидкости из некоторого количества жидкости и, во-вторых, отверждение капель жидкости по отдельности путем охлаждения в процессе их падения через восходящий поток окружающего воздуха. Поскольку объединения капель не происходит, гранулометрический состав капель определяет гранулометрический состав получаемого продукта. Примерами получаемых продуктов являются пластмассовые гранулы и стиральные порошки.

За счет установки каплегенератора в верхней части грануляционной башни, которая, по существу, представляет собой охлаждающую колонну, тепло от капель при их падении передается воздуху, в результате чего капли отверждаются по мере падения, причем высота колонны должна быть достаточно большой, чтобы отверждающиеся частицы успевали приобрести достаточную прочность и не разбивались при ударе о пол колонны.

Обычно используются два способа получения этих капель. В первом способе применяется неподвижный гранулятор, конструкция которого в его простейшей форме аналогична конструкции разбрызгивающей душевой головки, в которой жидкость пропускается через неподвижную емкость, содержащую распределенные выпускные отверстия с целью создания струй жидкости. На некотором расстоянии от емкости эти струи распадаются, образуя капли. Во втором способе применяется роторный гранулятор. Роторные грануляторы содержат выпускные отверстия на боковой стенке и/или на нижней стенке. При вращении гранулятора с определенной скоростью вращения центробежная сила выталкивает жидкость через выпускные отверстия, создавая струи жидкости. Гранулирующие устройства, включающие в себя роторные грануляторы, обычно имеют более высокую производительность, чем гранулирующие устройства с неподвижными грануляторами.

Важным этапом процесса гранулирования является создание капель из потока жидкости, в частности точное регулирование размера капель и, следовательно, получаемых гранул. Распределение по размеру (называемое также гранулометрическим составом) частиц, генерируемых с помощью существующих способов распыления жидкости, обычно является довольно широким. В частности, при их использовании возникают так называемые "пылеобразные частицы", которые снижают производительность процесса и, как правило, приводят к загрязнению окружающей среды вблизи установки. С другой стороны, при использовании этих процессов обычно генерируются также слишком крупные капли, такие большие, что они недостаточно затвердевают в конце процесса, т.е. когда достигают нижней стенки колонны. В результате получаемые сферические частицы разрушаются при ударе и могут "склеиваться", образуя загрязняющий слой на нижней стенке колонны. Это приводит к дополнительному снижению производительности процесса.

Задачей настоящего изобретения является устранение по меньшей мере части вышеупомянутых проблем. В частности, одна из целей изобретения заключается в повышении производительности процесса гранулирования.

В соответствии с задачей изобретения раскрывается устройство для производства гранул из потока жидкости, содержащее:

полый элемент, выполненный с возможностью вращения вокруг первой оси вращения и содержащий стенку, имеющую симметрию вращения вокруг первой оси, окружая таким образом внутреннее пространство, причем в указанной стенке выполнено множество сквозных отверстий, образующих выпускные отверстия для создания струй жидкости в по меньшей мере частично радиально наружном направлении относительно первой оси при вращении полого элемента;

второй элемент, форма которого позволяет ему входить во внутреннее пространство полого элемента, причем второй элемент расположен внутри полого элемента таким образом, что образуется зазор между внутренней поверхностью стенки полого элемента и внешней поверхностью второго элемента;

входное устройство для жидкости, гидравлически соединенное с зазором и обеспечивающее возможность подачи жидкости, такой как расплавленный материал, в зазор;

роторный приводной блок, служащий для вращения по меньшей мере полого элемента вокруг первой оси вращения;

возвратно-поступательный приводной блок, выполненный с возможностью возвратно-поступательного перемещения одного из полого элемента и второго элемента, относительно другого из полого элемента и второго элемента вдоль первой оси вращения для создания колебательного изменения давления в выходящих струях жидкости; и

соединительный механизм, расположенный между возвратно-поступательным приводным блоком и одним из полого элемента и второго элемента,

причем указанный соединительный механизм выполнен с возможностью обеспечения относительных вращений между одним из полого элемента и второго элемента и возвратно-поступательным приводным блоком.

Путем возвратно-поступательного перемещения с помощью возвратно-поступательного приводного блока одного из полого элемента и второго элемента в направлении вдоль первой оси, обеспечивается создание колебаний давления жидкости в зазоре. Следует отметить, что второй элемент подвешен, т.е. установлен таким образом, что между полым элементом и вторым элементом образуется достаточно большой зазор, так что полый и второй элементы не контактируют друг с другом. Вышеупомянутые пульсации давления передаются на струи жидкости, выходящие из выпускных отверстий стенки полого элемента, и обеспечивают равномерное разделение струй на капли по существу одинакового размера. Для повышения точности регулирования давления жидкости вращения по меньшей мере вокруг оси, параллельной первой оси, одного из полого элемента и второго элемента и возвратно-поступательного приводного блока разделены. Таким образом, возвратно-поступательный приводной блок не вращается вместе с полым элементом, что также обеспечивает более простую и надежную конструкцию возвратно-поступательного приводного блока, и при этом он не должен выдерживать какие-либо крутящие моменты, передающиеся, например, от полого элемента или второго элемента, которые в противном случае воздействовали бы на возвратно-поступательный приводной блок. Например, даже приводился бы в движение только полый элемент, жидкость, находящаяся в зазоре, эффективно действовала бы как соединительная муфта, передавая крутящий момент на второй элемент. Таким образом, отделение возвратно-поступательного приводного блока от вращения и воздействия соответствующих крутящих моментов дает возможность использования в возвратно-поступательном приводном блоке многослойных пьезоэлементов, поскольку они могут генерировать вибрации в большой полосе частот с достаточно большой амплитудой, и возможно их точное регулирование, при этом могут генерироваться сильные вибрации с малой амплитудой на заданной частоте, которые могут передаваться на полый элемент или второй элемент. Это позволяет с помощью возвратно-поступательного движения создавать колебания давления в находящейся в зазоре жидкости с заданной частотой. Однако пьезоэлементы могут быть чрезвычайно чувствительны к скручивающей нагрузке и поэтому могут легко повреждаться.

Устройство обеспечивает возможность создания по существу равномерного распределения давления в жидкости по всей окружности внутреннего пространства. Это позволяет более точно регулировать размер капель, тем самым повышая производительность процесса гранулирования по гранулометрическому составу частиц/капель. Кроме того, это позволяет более равномерно распределять капли по ширине грануляционной башни, тем самым дополнительно повышая производительность процесса гранулирования. Таким образом, данное устройство позволяет создавать капли с меньшим изменением размера по сравнению с каплегенерирующими устройствами известного уровня техники. Поток жидкости, такой как расплавленный материал, в процессе гранулирования преобразуется в капли, которые затем могут затвердевать, в результате чего образуются гранулы. Следует отметить, что предлагаемое устройство может также применяться в других процессах, в которых предпочтительно получать капли с меньшим изменением размера, так что настоящее изобретение относится также к устройству для получения капель из потока жидкости.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения раскрывается устройство, полый элемент которого имеет по меньшей мере частично по существу цилиндрическую и/или коническую форму, причем внутреннее пространство также имеет по меньшей мере частично по существу цилиндрическую и/или коническую форму, при этом форма второго элемента по существу аналогична форме внутреннего пространства полого элемента, так что ширина зазора является по существу постоянной по всей окружности второго элемента. В таком полом элементе может быть получено по существу равномерное распределение давления жидкости по существу по всей окружности внутреннего пространства, что, в свою очередь, улучшает характеристики устройства в плане получения капель одинакового размера, а также позволяет более равномерно распределять их по ширине грануляционной башни, тем самым повышая производительность процесса гранулирования.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения соединительный механизм устройства содержит первый блок подшипников качения и вторую ось вращения, причем вторая часть первого блока подшипников качения выполнена с возможностью вращения относительно первой части первого блока подшипников качения вокруг второй оси вращения, причем нижний конец возвратно-поступательного приводного блока может перемещаться по существу параллельно второй оси вращения между первым и вторым положениями, при этом указанный нижний конец прикреплен к первой части первого блока подшипников качения, а один из полого элемента или второго элемента соединен со второй частью первого блока подшипников качения. Таким образом, возвратно-поступательный приводной блок и полый элемент или второй элемент фактически соединены с помощью подшипника качения, так что на возвратно-поступательный приводной блок по существу не передаются разрушающие скручивающие нагрузки. Предпочтительно также, чтобы полый элемент, второй элемент и первый блок подшипников качения были расположены соосно так, чтобы первая и вторая оси вращения совпадали друг с другом. Таким образом, при использовании устройства на первый блок подшипников качения действуют по существу только осевые нагрузки, так что нет необходимости передавать какие-либо другие силы реакции, например, на опорную раму устройства, в результате чего может быть получена прочная и простая конструкция.

Устройство для производства гранул в предпочтительном варианте осуществления изобретения дополнительно содержит контроллер, управляющий работой возвратно-поступательного приводного блока и обеспечивающий заданную частоту и амплитуду вибраций. Контроллер позволяет регулировать частоту и/или амплитуду вибрации возвратно-поступательного приводного блока, что способствует еще большему повышению производительности процесса. Было обнаружено, что рабочая частота и/или рабочая амплитуда могут быть определены, например, по вязкости жидкости, в результате чего получаются струи жидкости, распадающиеся на капли с более равномерным распределением по размеру, благодаря чему достигается повышение производительности.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения верхний конец возвратно-поступательного приводного блока соединен с рамным узлом, причем соединительный механизм подвешен в осевом направлении на возвратно-поступательном приводном блоке. Это позволяет использовать возвратно-поступательный приводной блок, требующий определенного предварительного натяжения для точной и надежной работы. Предпочтительно также, чтобы между возвратно-поступательным приводным блоком и рамой был расположен второй блок подшипников качения, выполненный с возможностью вращения относительно третьей оси вращения, причем третья ось вращения по существу параллельна, и предпочтительно совпадает, со второй осью вращения. Таким образом, возвратно-поступательный приводной блок расположен между двумя подшипниковыми блоками и может свободно вращаться вокруг своей оси. Даже в случае (частичного) выхода из строя первого подшипникового блока второй подшипниковый блок все еще предотвращает передачу на возвратно-поступательный приводной блок избыточного крутящего момента от полого элемента или второго элемента.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения соединительный механизм содержит механизм блокировки вращения, служащий для блокирования любого вращения возвратно-поступательного приводного блока вокруг второй оси вращения. Например, вследствие незначительного трения в соединительном механизме относительно небольшой крутящий момент все еще может передаваться через соединительный механизм. Благодаря наличию блокирующего механизма этот крутящий момент воспринимается блокирующим механизмом и, таким образом, не передается на возвратно-поступательный приводной блок. Предпочтительно, чтобы блокирующий механизм был выполнен в виде стопорного штифта для блокирования вращения (относительно рамы), поскольку этим обеспечивается простое и надежное средство блокирования вращения.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения возвратно-поступательный приводной блок содержит многослойный пьезоэлемент, выполненный с возможностью расширения и/или сжатия в направлении, по существу параллельном первой оси вращения. Многослойный пьезоэлемент может создавать силы, необходимые для распространения изменений или пульсаций давления в струях жидкости, чтобы они распались на более равные по размеру капли. Кроме того, многослойный пьезоэлемент может точно регулироваться по частоте и амплитуде даже при требуемых уровнях силы.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения устройство содержит смещающий механизм для предварительной нагрузки возвратно-поступательного приводного блока. Некоторые типы приводов требуют определенной предварительной нагрузки для правильной работы. В качестве неограничивающего примера можно упомянуть многослойные пьезоэлементы, для надежной работы которых требуется определенная минимальная предварительная растягивающая нагрузка. Например, в предпочтительном варианте осуществления изобретения смещающий механизм содержит соединительный механизм и один из полого элемента и второго элемента, причем указанный соединительный механизм и один из полого элемента и второго элемента подвешены на возвратно-поступательном приводном блоке таким образом, что к возвратно-поступательному приводному блоку прикладывается предварительная растягивающая нагрузка. Таким образом, сама сила тяжести действует как предварительная растягивающая нагрузка, приложенная к возвратно-поступательному приводному блоку, так что может быть получен простой и надежный механизм смещения.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения система валов содержит первый и второй валы, причем второй вал расположен между соединительным механизмом и одним из полого элемента и второго элемента, а первый вал расположен между роторным приводным блоком и другим из полого элемента и второго элемента. Поскольку второй элемент расположен во внутреннем пространстве полого элемента, а указанные элементы должны приводиться в движение по-разному, система валов выполнена таким образом, что второй вал расположен между соединительным механизмом и одним из полого элемента и второго элемента и позволяет одному из указанных элементов совершать возвратно-поступательные движения, а также таким образом, что первый вал расположен между роторным приводным блоком и другим из полого элемента и второго элемента, так что обеспечивается возможность вращения другого из полого элемента и второго элемента, в результате чего находящаяся в зазоре жидкость подвергается воздействию центробежных сил. Предпочтительно первый и второй валы установлены соосно, благодаря чему получается компактная конструкция системы валов, хорошо приспособленная для выполнения вышеуказанных задач. Предпочтительно первый вал по меньшей мере частично окружает второй вал в радиальном направлении или второй вал по меньшей мере частично окружает первый вал в радиальном направлении. Это дает возможность получить компактную систему валов, в которой внут-

ренный вал расположен внутри наружного вала.

Альтернативно или дополнительно, система валов содержит третью подшипниковую систему, расположенную между первым и вторым валами и, предпочтительно, выполненную с возможностью соединения с первым и вторым валами, при этом она содержит по меньшей мере линейный опорный элемент, так что второй вал может перемещаться относительно первого вала в осевом направлении, причем указанный линейный опорный элемент, предпочтительно, выполнен таким образом, что первый вал может вращаться вокруг своей продольной оси относительно второго вала; предпочтительно, указанные перемещения являются единственными относительными перемещениями, допускаемыми третьей подшипниковой системой. Таким образом, третья подшипниковая система обеспечивает возможность плавной работы с уменьшенным трением. Кроме того, благодаря соединению первого и второго валов друг с другом с помощью третьей подшипниковой системы силы, воздействующие на второй вал (помимо крутящего момента и осевых усилий), передаются не на соединительный механизм, а на первый вал.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения между полым элементом и вторым элементом установлен механизм передачи вращения, при этом механизм передачи вращения выполнен с возможностью объединения вращательного движения полого элемента и второго элемента вокруг первой оси. Таким образом, вращательное движение, передаваемое от роторного привода на полый элемент, передается также на второй элемент. Поскольку оба указанных элемента, таким образом, вращаются с одинаковой скоростью вращения, в жидкости уменьшается эффект сдвига, возникающий, например, вследствие разницы в скоростях вращения полого элемента и второго элемента и снижающий скорость жидкости. Таким образом, благодаря объединению вращательного движения полого элемента и второго элемента можно более точно регулировать центробежные силы, действующие на жидкость в зазоре, и, следовательно, давление жидкости, действующее на внутреннюю поверхность стенки полого элемента.

Предпочтительно механизм передачи вращения содержит охватываемый соединительный элемент, расположенный на ненулевом радиальном расстоянии от первой оси на одном из полого и второго элементов, и охватывающий соединительный элемент, расположенный на другом из полого и второго элементов, причем охватываемый соединительный элемент выполнен с возможностью вставки в охватывающий соединительный элемент для объединения вращательного движения полого и второго элементов, в то же время обеспечивая возможность перемещения полого и второго элементов относительно друг друга в осевом направлении. Таким образом, обеспечивается простое и надежное объединение вращательных движений вышеуказанных элементов.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения входное устройство для жидкости соединено со вторым элементом, причем второй элемент содержит по меньшей мере одно сквозное отверстие, служащее в качестве гидравлического соединения между зазором и входным устройством для жидкости. Таким образом, при использовании устройства жидкость поступает в зазор между полым и вторым элементом. Предпочтительно основное сквозное отверстие проходит по существу параллельно первой оси, причем указанное основное сквозное отверстие соединяется с нижней частью полого элемента. Таким образом, обеспечивается по существу равномерная подача жидкости в зазор в радиальном направлении; предпочтительно также, чтобы основное сквозное отверстие было расположено по центру во втором элементе. Альтернативно или дополнительно, по окружности второго элемента выполнены дополнительные сквозные отверстия, проходящие по меньшей мере радиально наружу от первой оси. Благодаря наличию этих отверстий обеспечивается более равномерное распределение жидкости в зазоре в осевом направлении по окружности зазора. Предпочтительно дополнительные сквозные отверстия второго элемента и выходы для жидкости (т.е. выпускные отверстия) из полого элемента расположены на ненулевом расстоянии друг от друга в радиальном направлении. Благодаря расположению дополнительных сквозных отверстий и выпускных отверстий таким образом, чтобы они не перекрывались, можно получить более равномерное распределение давления по внутренней стенке полого элемента. Более равномерное распределение давления по стенке обеспечивает более одинаковые условия протекания жидкости в выполненных в стенке выпускных отверстиях. Таким образом, более равномерное распределение давления на стенке обеспечивает более одинаковые условия истечения струй жидкости из выпускных отверстий, что обеспечивает более равномерное формирование капель на разных выпускных отверстиях.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения в сквозном отверстии второго элемента установлены по существу пластинчатые элементы. Пластинчатые элементы могут использоваться для придания вращательного движения со скоростью вращения полого и/или второго элемента потоку жидкости, поступающему из входного устройства для жидкости. Предпочтительно пластинчатые элементы выступают внутрь от периферийной стенки, ограничивающей сквозное отверстие. Предпочтительно пластинчатые элементы проходят по существу радиально внутрь и/или по существу по всей высоте сквозного отверстия, по меньшей мере в месте расположения периферийной стенки. Таким образом, жидкости может эффективно придаваться вращательное движение, в результате чего внутри полого или второго элемента образуется устойчивый вихрь жидкости.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения полый и второй элементы имеют "форму ведра", причем в устройстве предусмотрен возвратно-поступательный привод для возвратно-поступательного изменения ширины зазора между полым элементом и вторым элементом. Элемент в

"форме ведра" может быть выполнен, например, в виде элемента, наружная поверхность которого имеет форму усеченного конуса. Предпочтительно, полый элемент и/или второй элемент имеют внутренние пространства по существу аналогичной формы. Поскольку указанные элементы выполнены в "форме ведра" (т.е. имеют усеченно-коническую форму), они являются по существу симметричными, так что при их соосном расположении образуется равномерный зазор между внешней поверхностью второго элемента и внутренней поверхностью стенки полого элемента. За счет возвратно-поступательного движения полого элемента или второго элемента ширина зазора изменяется, так что в жидкости, находящейся в зазоре, возникают импульсы давления.

Согласно второму аспекту настоящего изобретения, раскрывается способ использования устройства, описанный во всех вариантах его реализации.

Согласно еще одному аспекту настоящего изобретения, раскрывается также способ изготовления устройства для производства гранул из потока жидкости, включающий:

обеспечение наличия полого элемента, выполненного с возможностью вращения вокруг первой оси вращения, причем полый элемент содержит стенку, имеющую симметрию вращения вокруг первой оси, ограничивая таким образом внутреннее пространство, причем в указанной стенке выполнено множество сквозных отверстий, образующих выпускные отверстия для создания струй жидкости в по меньшей мере частично радиально наружном направлении относительно первой оси при вращении полого элемента;

обеспечение наличия второго элемента, форма которого позволяет ему входить во внутреннее пространство полого элемента, причем второй элемент вставлен внутрь полого элемента так, чтобы был зазор между внутренней поверхностью стенки полого элемента и внешней поверхностью второго элемента;

обеспечение наличия входного устройства для жидкости, гидравлически соединенного с зазором и обеспечивающего возможность подачи потока жидкости в зазор;

обеспечение наличия роторного приводного блока для приведения во вращение по меньшей мере полого элемента вокруг первой оси вращения;

обеспечение наличия возвратно-поступательного приводного блока, выполненного с возможностью возвратно-поступательного перемещения одного из полого элемента и второго элемента относительно другого из полого элемента и второго элемента вдоль первой оси вращения для создания возвратно-поступательного изменения давления в струях жидкости; и

обеспечение наличия соединительного механизма, расположенного между возвратно-поступательным приводным блоком и одним из полого элемента и второго элемента, причем указанный соединительный механизм выполнен с возможностью обеспечения относительных вращений между одним из полого элемента и второго элемента и возвратно-поступательным приводным блоком.

Обеспечив наличие указанных компонентов устройства и произведя их сборку для создания устройства, можно получить преимущества, обеспечиваемые при использовании данного устройства. Указанный способ изготовления относится ко всем возможным вариантам осуществления изобретения, описанным выше.

Настоящее описание дополнено прилагаемыми чертежами, иллюстрирующими предпочтительные варианты выполнения устройства для производства гранул или каплегенерирующего устройства согласно настоящему изобретению, служащего для создания капель из потока жидкости, которые никоим образом не ограничивают объем настоящего изобретения.

На фиг. 1 показан схематичный вид в перспективе варианта выполнения каплегенерирующего устройства согласно настоящему изобретению;

на фиг. 2 - схематичный вид в разрезе по первой плоскости варианта выполнения устройства для производства гранул, показанного на фиг. 1;

на фиг. 3 - схематичный вид в разрезе по первой плоскости каплегенерирующего устройства в увеличенном масштабе в верхней части устройства;

на фиг. 4 - схематичный вид в разрезе по первой плоскости каплегенерирующего устройства в увеличенном масштабе в нижней части устройства;

на фиг. 5 - схематичный вид в разрезе по второй плоскости каплегенерирующего устройства, показанного на фиг. 1;

на фиг. 6 - схематичный вид в разрезе по второй плоскости каплегенерирующего устройства в увеличенном масштабе в верхней части устройства;

на фиг. 7 - схематичный вид в разрезе по второй плоскости каплегенерирующего устройства в увеличенном масштабе в нижней части устройства;

на фиг. 8 - схема предпочтительного варианта выполнения возвратно-поступательного привода и соединительного механизма для использования в каплегенерирующем устройстве;

на фиг. 9 - фотография капель, образующихся при использовании традиционного роторного каплегенератора;

на фиг. 10 - фотография капель, образующихся при использовании экспериментального вибророторного каплегенератора;

на фиг. 11 - схематичное изображение выпускных отверстий двух разных типов, выполненных в

боковой стенке полого элемента.

На фиг. 1 схематично показан вид в перспективе варианта выполнения устройства 1 для производства гранул согласно настоящему изобретению. Каплегенерирующее устройство 1 включает в себя нижний вращающийся узел 2, содержащий полый и второй элементы 21, 22. Роторный приводной блок 3 служит для вращения нижнего вращающегося узла 2, возвратно-поступательный приводной блок 4 служит для возвратно-поступательного перемещения второго элемента 22 в направлении вдоль оси I, а соединительный механизм 8 служит для отделения вращений от возвратно-поступательного приводного блока 4. Данное устройство может содержать также неподвижный рамный узел 5, содержащий, например, установочный кронштейн 51 для установки устройства в подходящей охлаждающей колонне, т.е. грануляционной башне (не показана). Кроме того, размер цилиндра 52 соответствует размеру отверстия, через которое устройство обычно вставляется для установки в грануляционную башню. Входная трубопроводная система 6 предназначена для подачи жидкости в нижний вращающийся узел 2 устройства 1, как будет более подробно показано ниже. Ниже со ссылками на фиг. 1-8 и 11 приведено более подробное описание работы варианта выполнения устройства 1.

На фиг. 2-4 приведен схематичный вид в разрезе по первой плоскости каплегенерирующего устройства 1, показанного на фиг. 1. На фиг. 5-7 приведен вид в разрезе по второй плоскости (по существу перпендикулярной первой плоскости) каплегенерирующего устройства, показанного на фиг. 1. Нижний вращающийся узел 2 содержит вращающийся полый элемент 21, внутри которого расположен вращающийся второй элемент 22. Полый элемент 21 и второй элемент 22 выполнены таким образом, что форма второго элемента 22 (по меньшей мере форма его внешней поверхности) позволяет ему входить во внутреннее пространство 211 полого элемента 21, образуя зазор 23 между внешней поверхностью второго элемента 22 и внутренней поверхностью периферийной стенки полого элемента 21. Предпочтительно полый элемент 21 и второй элемент 22 имеют по существу форму ведра (т.е. выполнены в виде полых конических усеченных конусов) и ориентированы таким образом, что после установки в грануляционной башне верхние части элементов 21, 22 имеют больший размер (например, диаметр), чем нижние части элементов 21, 22. Это способствует более равномерному распределению капель в грануляционной башне.

Второй элемент 22 может иметь отверстие 221 в своей нижней части дополнительно к множеству меньших сквозных отверстий 222, которые могут быть выполнены в виде нескольких рядов сквозных отверстий 222, расположенных в разных местах периферийной стенки (в разных угловых положениях на периферийной стенке) второго элемента 22 вокруг оси I вращения. Эти ряды сквозных отверстий 222 могут проходить по существу по всей высоте второго элемента 22.

Во время работы поток жидкости поступает во внутреннее пространство второго элемента 22 через центральное входное устройство 24. Центральное входное устройство 24 может быть оснащено множеством направляющих элементов 241, 242, помогающих направлять поток жидкости во внутреннее пространство второго элемента 22 и/или в направлении вращения. Затем жидкость выходит через отверстие 221 и/или проходит через множество сквозных отверстий 222, попадая в зазор 23. Множество сквозных отверстий, называемых также выпускными отверстиями 91, 92, выполнено в периферийной стенке 212 полого элемента 21. При использовании устройства полый элемент 21 вращается вокруг оси I вращения, так что любая жидкость, находящаяся в зазоре 23, подвергается воздействию центробежных сил, возникающих в результате вращения, поэтому в жидкости возникает давление, вытесняющее жидкость из множества выпускных отверстий 91, 92, в результате чего образуются струи 901, 911 жидкости (см. фиг. 9 и 10), направленные по меньшей мере частично радиально наружу относительно оси I вращения. Поскольку ширина зазора 23 может изменяться за счет возвратно-поступательного перемещения с помощью возвратно-поступательного приводного блока, как будет более подробно показано ниже, в находящейся в зазоре 23 жидкости могут создаваться пульсации давления. Эти пульсации распространяются на струи, выходящие из выпускных отверстий 91, 92. Путем регулирования частоты и амплитуды изменения ширины зазора 23 можно получить пульсации давления, которые приводят к быстрому разделению струй на капли, при этом получают капли по существу одинакового размера, так что разброс по размеру капель значительно уменьшается.

Выпускные отверстия 91, 92 (см. фиг. 11) в периферийной стенке 212 могут быть выполнены различным образом. Например, в периферийной стенке 212 могут быть выполнены первые выпускные отверстия 91, вторые выпускные отверстия 92 или комбинации этих отверстий и отверстий других типов. Первое выпускное отверстие 91 выполнено в виде сквозного отверстия, проходящего по существу перпендикулярно внешней и/или внутренней поверхности периферийной стенки 212. Второе выпускное отверстие 92 выполнено таким образом, что когда каплегенерирующее устройство установлено в грануляционной башне, это отверстие проходит по существу горизонтально, т.е. по существу перпендикулярно оси I вращения. В качестве альтернативы на внешней поверхности периферийной стенки 212 полого элемента 21 может быть выполнено углубление 93, так что второе выпускное отверстие 92 выходит в это углубление 93, причем поверхность углубления 93 по существу перпендикулярна второму выпускному отверстию 92.

Второй элемент 22 может дополнительно содержать ряд пластинчатых элементов 223, которые от-

ходят от центрального соединительного элемента 224 по существу в радиальном направлении к периферийной стенке 225 второго элемента 22. Эти пластинчатые элементы 223 заставляют жидкость, поступающую во внутреннее пространство второго элемента 22, вращаться вместе со вторым элементом 22. Кроме того, в верхней части пластинчатых элементов 223 могут быть расположены дополнительные направляющие элементы 226 для потока, способствующие равномерному распределению жидкости по второму элементу 22. Таким образом, во втором и первом элементах может быть получен стабильный и по существу постоянный вихрь вращающейся жидкости, что обеспечивает более постоянные условия процесса на выпускных отверстиях 91, 92 и, следовательно, улучшает управление процессом. В рассматриваемом варианте осуществления изобретения верхняя часть 227 второго элемента 22 соединена с верхней частью 213 полого элемента 21. Сам полый элемент 21 вращается роторным приводным блоком 3. Предусмотрен наружный вал 71, первый конец 711 которого соединен с роторным приводным блоком, а второй конец 712 - с верхней частью 213 полого элемента. Наружный вал 71 может быть соединен с неподвижным рамным узлом 5 с помощью подшипника 74 качения. Неподвижный рамный узел содержит установочный кронштейн 51 для установки каплегенерирующего устройства 1 в грануляционной башне.

Второй элемент 22 соединен с внутренним валом 72 с помощью центрального соединительного элемента 224, в который входит и с которым соединяется нижняя часть 722 внутреннего вала 72. Внутренний вал 72, большая часть которого расположена внутри наружного вала 71, удерживается несколькими подшипниками 73 скольжения, так что, предпочтительно, внутренний вал 72 может перемещаться относительно наружного вала 71 в направлении вдоль оси I вращения и может вращаться вокруг оси I вращения. Для защиты подшипников 73 скольжения и пространства между наружным и внутренним валами 71, 72 от пыли и/или загрязняющих частиц, находящихся в жидкости, между нижней частью 712 наружного вала 71 и центральным соединительным элементом 224 установлен гибкий защитный кожух 75.

На фиг. 3 схематично показан вид в разрезе по первой плоскости в увеличенном масштабе верхней части каплегенерирующего устройства 1. Роторный приводной блок 3 служит для привода наружного вала 71 с помощью (в данном варианте осуществления изобретения) второго шкива 34, который может быть непосредственно соединен с первым концом 711 наружного вала 71. Роторный приводной блок 3 может содержать (электро-) двигатель 31, вращающий первый шкив 32, причем первый и второй шкивы 32, 34 соединены приводным ремнем 33, передающим вращательное движение от двигателя 31 наружному валу 71. Следует отметить, однако, что для этого может быть использован любой другой подходящий механизм передачи вращения или зубчатая передача. Наружный вал 71 с помощью подшипника 74 качения соединен с удерживающим корпусом 54 для вала, выполненным в виде трубчатого элемента, жестко соединенного с подшипником 74 качения, причем удерживающий корпус 54 для вала соединен также с опорным элементом 53, который также содержит установочный кронштейн 51.

Верхний конец 721 внутреннего вала 72, большая часть которого находится внутри наружного вала 71, выступает вверх относительно первого конца 711 наружного вала. Верхний конец 721 вставлен в выходной вал 81 соединительного механизма 8. Соединительный механизм 8, содержащий подшипник 82 качения, воспринимает вращательное движение внутреннего вала 72, не давая крутящему моменту передаваться на возвратно-поступательный приводной блок 4, что может приводить к повреждению вибрационного элемента 41, в качестве которого, предпочтительно, используется многослойный пьезоэлемент. Многослойные пьезоэлементы могут генерировать вибрацию в широкой полосе частот с достаточно большой амплитудой усилия и могут точно регулироваться, так что могут быть получены малые амплитуды вибрации.

Для того чтобы соответствующим образом закрепить вибрационный элемент 41, он расположен между нижним 42 и верхним 43 соединительными элементами. Вибрационный элемент 41 непосредственно прикреплен к верхнему соединительному элементу 43 и удерживается им. Нижний соединительный элемент 42 непосредственно прикреплен к верхней части 83 соединительного механизма 8. Верхний соединительный элемент 43 фиксируется вспомогательным соединительным механизмом 84, также содержащим подшипник 85 качения. Таким образом обеспечивается возможность свободного вращения возвратно-поступательного приводного блока 4 вокруг оси I вращения, так что, даже если через соединительный механизм 8 передается незначительный крутящий момент, вибрационный элемент 41 по существу изолирован от любых потенциально разрушительных крутящих моментов, которые потенциально могут передаваться от внутреннего вала 72. Для дополнительной помощи в этом соединительный механизм 8 содержит стопорный штифт 86, который передает результирующий крутящий момент на рамный элемент 55 подвески.

Вспомогательный соединительный механизм 84 своей верхней, неподвижной секцией 86 непосредственно прикреплен к элементу 55 подвески. Таким образом, возвратно-поступательный приводной блок 4, соединительный механизм 8, внутренний вал 72 и второй элемент 22 подвешены на элементе 55 подвески. Таким образом, осевые усилия от этих элементов передаются через вибрационный элемент 41, к которому, таким образом, прикладывается предварительная нагрузка. Таким образом, вышеуказанные подвешенные части 8, 72, 22 фактически образуют смещающий механизм для вибрационного

элемента 41. Элемент 55 подвески является частью неподвижного рамного узла 5.

На фиг. 5, на которой приведен вид в разрезе по плоскости, по существу перпендикулярной плоскости разреза для фиг. 2-4, показан входной участок 6 для жидкости, который содержит узел, состоящий из трубчатых элементов, и соединен с системой подачи жидкости своим первым концом 61 и с центральным входным устройством 24 своим вторым концом 62. По неподвижной первой секции 243 центрального входного устройства 24 жидкость поступает во вторую секцию 244 центрального входного устройства 24, причем вторая секция 244 вращается вместе с полым элементом 21.

При использовании устройства полый элемент 21 вращается роторным приводным блоком 3 вокруг оси I вращения, как было указано выше. Жидкость по входному участку 6 для жидкости поступает во второй элемент 22 и далее в зазор 23 через множество сквозных отверстий 221, 222, выполненных во втором элементе 22. В свою очередь, возвратно-поступательный приводной блок 4 используется для изменения ширины зазора 23. В рассматриваемом варианте осуществления изобретения это обеспечивается путем привода вибрационного элемента 41, который через соединительный механизм 8 и внутренний вал 72 передает возвратно-поступательное движение вдоль оси I вращения на второй элемент 22. За счет обеспечения заданной частоты и амплитуды вибрационного элемента 41 создаются пульсации давления жидкости, находящейся в полом элементе 21. Совместное воздействие центробежных сил вследствие вращения и пульсаций давления, создаваемых в жидкости, позволяет формировать выходящие из выпускных отверстий 91, 92 струи жидкости, которые распадаются на отдельные капли, причем указанные отдельные капли имеют лишь небольшой разброс по размерам (по сравнению с обычными вращательными каплегенерирующими устройствами), так что можно считать, что указанные капли имеют по существу одинаковый размер.

На фиг. 10 показаны результаты, полученные при использовании экспериментальной установки согласно настоящему изобретению, а на фиг. 9 показаны результаты, полученные на экспериментальной установке с традиционным вращательным каплегенерирующим устройством. На фотографиях показан полый элемент 121, содержащий первые 91 и вторые 92 выпускные отверстия. Вторые выпускные отверстия 92 выходят в углубления 93, выполненные на внешней поверхности полого элемента 121. Как видно из фотографии, приведенной на фиг. 9, из выпускных отверстий 91, 92 выходит струя 901 жидкости, которая распадается на отдельные капли 902 разных размеров лишь на некотором расстоянии от выпускного отверстия. Разброс по размерам получаемых капель 902 является большим, поскольку струя жидкости распадается на основные, более крупные капли и дополнительные капли меньшего размера. Поскольку далее внизу по потоку некоторые капли разного размера могут соединяться друг с другом, образуя еще более крупные капли, получается большой разброс по размерам капель.

На жидкость, выходящую из полого элемента 21 на фиг. 10, воздействуют пульсации давления с заданной частотой и амплитудой. Как видно из фиг. 10, струи 911 жидкости начинают распадаться по существу сразу после выхода из выпускных отверстий 91, 92, и получающиеся капли 912 гораздо более однородны по своим размерам, чем капли 911. Кроме того, видно, что отдельные капли 912 образуются с более регулярными интервалами, что обеспечивает меньшее слияние капель. В экспериментальной установке производилось тестирование водоглицириновых смесей различной вязкости. В первом тесте использовалась вода с вязкостью 1 мПа·с; при этом было обнаружено, что отличные результаты (по распределению капель по размеру) могут быть получены при вращении гранулятора со скоростью вращения, обеспечивающей скорость струи воды 1,5 м/с, и использовании пульсаций давления с частотой приблизительно 280 Гц и амплитудой приблизительно 20 мкм. При тестировании смеси с несколько более высокой вязкостью 4 мПа·с были выявлены по существу идеальные условия, когда скорость струй жидкости составляет 1,3 м/с, при использовании пульсаций давления за счет вибрации с частотой приблизительно 240 Гц и амплитудой 35 мкм. При использовании более вязкой жидкости с вязкостью 35 мПа·с отличные результаты со скоростью струй жидкости 1,15 м/с были получены при пульсациях давления с частотой приблизительно 190 Гц и амплитудой 35 мкм.

На фиг. 8 показан альтернативный вариант выполнения соединительного механизма 108 и вспомогательного соединительного механизма 1084, причем все остальные компоненты устройства аналогичны компонентам, показанным на фиг. 1-7. Соединительный механизм 108 содержит два подшипника 1082 качения, в частности два по существу одинаковых сферических упорных роликоподшипника. Подшипники 1082 расположены таким образом, что их первые концы расположены рядом друг с другом, так что подшипники обеспечивают только возможность вращения выходного вала 81 относительно узла 187 корпуса соединительного механизма 108, что обеспечивает получение надежного соединительного механизма 108 с минимальным люфтом в осевом направлении. Люфт соединительного механизма 108 в осевом направлении влияет на передачу вибраций от вибрационного элемента 41 ко второму элементу 22 и, таким образом, отрицательно влияет на работу каплегенерирующего устройства 1. Кроме того, сферические упорные роликоподшипники очень хорошо подходят для передачи высоких осевых (т.е. упорных) нагрузок, так что получается надежный соединительный механизм 108 для передачи осевых усилий от возвратно-поступательного привода 4 на второй элемент. Кроме того, вспомогательный соединительный механизм 1084 содержит два подшипника 1085 качения аналогичной конструкции, в частности два сфе-

рических упорных роликотподшипника.

Настоящее изобретение не ограничивается вышеописанным вариантом осуществления, но охватывает также и другие варианты, входящие в объем прилагаемой формулы изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство (1) для производства гранул из потока жидкости, содержащее:
  - полый элемент (21), выполненный с возможностью вращения вокруг первой оси (I) вращения, причем полый элемент (21) содержит стенку (212), имеющую симметрию вращения вокруг первой оси (I), ограничивая таким образом внутреннее пространство (211), при этом в указанной стенке (212) выполнено множество сквозных отверстий, образующих выпускные отверстия (91, 92) для создания струй (901, 911) жидкости по меньшей мере в радиально наружном направлении относительно первой оси (I) при вращении полого элемента (21);
  - второй элемент (22), форма которого позволяет ему входить во внутреннее пространство (211) полого элемента (21), причем второй элемент (22) вставлен внутрь полого элемента (21) так, чтобы был зазор (23) между внутренней поверхностью стенки (212) полого элемента (21) и внешней поверхностью второго элемента (22);
  - входное устройство (24) для жидкости, гидравлически соединенное с зазором (23) и обеспечивающее возможность подачи потока жидкости в зазор (23);
  - роторный приводной блок (3), служащий для приведения во вращение по меньшей мере полого элемента (21) вокруг первой оси (I) вращения;
  - возвратно-поступательный приводной блок (4), выполненный с возможностью возвратно-поступательного перемещения одного из полого элемента (21) и второго элемента (22) относительно другого из полого элемента (21) и второго элемента (22) вдоль первой оси (I) вращения для создания колебательного изменения давления в струях (901, 911) жидкости; и
  - соединительный механизм (8, 108), расположенный между возвратно-поступательным приводным блоком (4) и одним из полого элемента (21) и второго элемента (22), причем указанный соединительный механизм (8, 108) выполнен с возможностью обеспечения относительных вращений, по меньшей мере вокруг оси, параллельной первой оси (I), между одним из полого элемента (21) и второго элемента (22) и возвратно-поступательным приводным блоком (4).
2. Устройство по п.1, в котором полый элемент (21) имеет по меньшей мере частично по существу цилиндрическую и/или коническую форму, причем внутреннее пространство (211) имеет по меньшей мере частично по существу цилиндрическую или коническую форму, при этом форма второго элемента (22) по существу аналогична форме внутреннего пространства (211) полого элемента (21), так что ширина зазора (23) является по существу постоянной по всей окружности второго элемента (22).
3. Устройство по п.1 или 2, в котором соединительный механизм (8, 108) имеет первый блок (82, 1082) подшипников качения и вторую ось вращения, причем вторая часть первого блока (82, 1082) подшипников качения выполнена с возможностью вращения относительно первой части (83) первого блока (82, 1082) подшипников качения вокруг второй оси вращения, при этом нижний конец возвратно-поступательного приводного блока (4) выполнен с возможностью перемещения по существу параллельно второй оси между первым и вторым положениями, причем указанный нижний конец прикреплен к первой части (83) первого блока (82, 1082) подшипников качения, а один из полого элемента (21) и второго элемента (22) соединен со второй частью первого блока (82, 1082) подшипников качения.
4. Устройство по п.3, в котором полый элемент (21), второй элемент (22) и первый блок (82, 1082) подшипников качения расположены соосно, так что первая (I) и вторая оси вращения совпадают друг с другом.
5. Устройство по любому из пп.1-4, которое дополнительно содержит контроллер, выполненный с возможностью приведения возвратно-поступательного приводного блока (4) в движение с заданной частотой и амплитудой движения.
6. Устройство по любому из пп.1-5, в котором верхний конец возвратно-поступательного приводного блока (4) соединен с рамным узлом (5), причем соединительный механизм (8, 108) подвешен в осевом направлении на возвратно-поступательном приводном блоке (4).
7. Устройство по п.6, в котором между возвратно-поступательным приводным блоком (4) и рамой (5) расположен второй блок (85) подшипников качения, выполненный с возможностью вращения вокруг третьей оси вращения, причем третья ось вращения по существу параллельна, и предпочтительно совпадает, со второй осью вращения.
8. Устройство по любому из пп.2-7, в котором соединительный механизм (8, 108) содержит механизм (86) блокирования вращения, служащий для блокирования по существу любого вращения возвратно-поступательного приводного блока (4) вокруг второй оси вращения.
9. Устройство по п.8, в котором блокирующий механизм (86) содержит стопорный штифт (86) для блокирования вращения.
10. Устройство по любому из пп.1-9, в котором возвратно-поступательный приводной блок (4) со-

держит многослойный пьезоэлемент (41), при этом многослойный пьезоэлемент (41) выполнен с возможностью сжатия и/или расширения в направлении, по существу параллельном первой оси (I).

11. Устройство по любому из пп.1-10, которое дополнительно содержит смещающий механизм для предварительного нагружения возвратно-поступательного приводного блока (4).

12. Устройство по п.11, в котором смещающий механизм содержит соединительный механизм (8, 108) и один из полого элемента (21) и второго элемента (22), причем указанный соединительный механизм (8, 108) и один из полого элемента (21) и второго элемента (22) подвешены на возвратно-поступательном приводном блоке (4), так что к возвратно-поступательному приводному блоку (4) приложена предварительная растягивающая нагрузка.

13. Устройство по любому из пп.1-12, которое дополнительно содержит систему валов, содержащую первый и второй валы (71, 72), причем второй вал (72) расположен между соединительным механизмом (8, 108) и одним из полого элемента (21) и второго элемента (22), а первый вал (71) расположен между роторным приводным блоком (3) и другим из полого элемента (21) и второго элемента (22).

14. Устройство по п.13, в котором первый и второй валы (71, 72) расположены соосно.

15. Устройство по п.13 или 14, в котором первый вал (71) расположен так, что он по меньшей мере частично окружает второй вал (72) в радиальном направлении, или второй вал расположен так, что он по меньшей мере частично окружает первый вал в радиальном направлении.

16. Устройство по пп.13, 14 или 15, в котором система валов содержит третья подшипниковую систему (73), причем третья подшипниковая система (73) расположена между первым и вторым валами (71, 72), при этом третья подшипниковая система (73) содержит по меньшей мере линейный опорный элемент (73), так что второй вал (72) выполнен с возможностью перемещения относительно первого вала (71) в осевом направлении.

17. Устройство по любому из пп.1-16, в котором между полым элементом (21) и вторым элементом (22) установлен механизм передачи вращения, при этом механизм передачи вращения выполнен с возможностью объединения вращательного движения полого элемента (21) и второго элемента (22) вокруг первой оси (I).

18. Устройство по любому из пп.1-17, в котором входное устройство (24) для жидкости соединено со вторым элементом (22), причем второй элемент (22) содержит по меньшей мере одно сквозное отверстие (221, 222) для создания гидравлического соединения между зазором (23) и входным устройством (24) для жидкости.

19. Устройство по п.18, в котором основное сквозное отверстие (221) проходит по существу параллельно первой оси (I), причем указанное основное сквозное отверстие (221) соединено с нижней частью полого элемента (21).

20. Устройство по п.18 или 19, в котором по окружности второго элемента (22) выполнены дополнительные сквозные отверстия (222), проходящие по меньшей мере радиально наружу от первой оси (I).

21. Устройство по п.20, в котором дополнительные сквозные отверстия (222) второго элемента (22) и выходы для жидкости полого элемента (21) расположены на ненулевом расстоянии друг от друга в радиальном направлении.

22. Устройство по любому из пп.18-21, в котором в сквозном отверстии (221, 222) второго элемента (22) расположены элементы (223) по существу пластинчатой формы.

23. Устройство по любому из пп.1-22, в котором полый элемент (21) и второй элемент (22) являются полыми элементами усеченно-конической формы, причем имеется возвратно-поступательный привод (4) для возвратно-поступательного изменения ширины зазора (23) между полым элементом (21) и вторым элементом (22).

24. Способ изготовления устройства (1) для производства гранул из потока жидкости, включающий этапы, на которых:

устанавливают полый элемент (21) с возможностью вращения вокруг первой оси (I) вращения, причем полый элемент (21) содержит стенку (212), имеющую симметрию вращения вокруг первой оси (I), ограничивая таким образом внутреннее пространство (211), причем в указанной стенке (212) выполнено множество сквозных отверстий, образующих выпускные отверстия (91, 92) для создания струй (901, 911) жидкости по меньшей мере в радиально наружном направлении относительно первой оси (I) при вращении полого элемента (21);

берут второй элемент (22), форма которого позволяет ему входить во внутреннее пространство (211) полого элемента (21);

вставляют второй элемент (22) внутрь полого элемента (21) так, чтобы был зазор (23) между внутренней поверхностью стенки (212) полого элемента (21) и внешней поверхностью второго элемента (22);

устанавливают входное устройство (24) для жидкости так, чтобы оно было гидравлически соединено с зазором (23) для подачи потока жидкости в зазор (23);

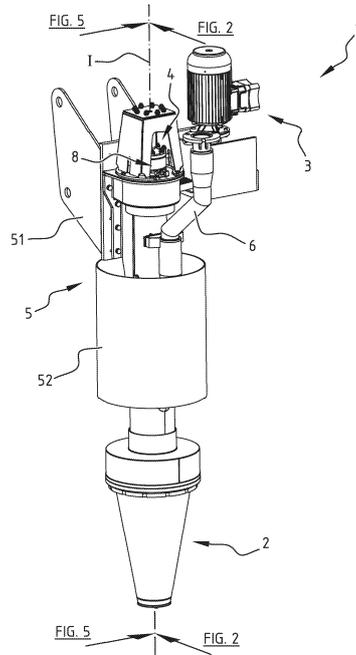
устанавливают роторный приводной блок (3) для приведения во вращение по меньшей мере полого элемента (21) вокруг первой оси (I) вращения;

устанавливают возвратно-поступательный приводной блок (4) с возможностью возвратно-поступательного перемещения одного из полого элемента (21) и второго элемента (22) относительно

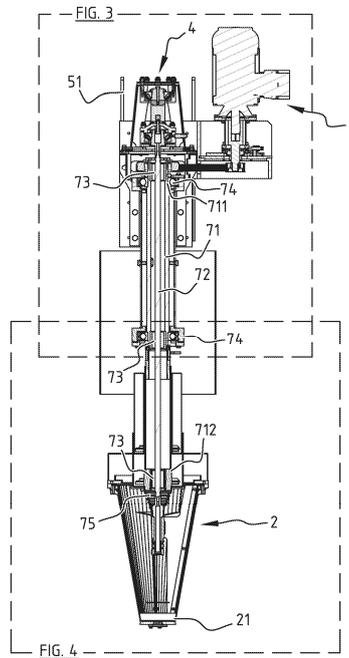
другого из полого элемента (21) и второго элемента (22) вдоль первой оси (I) вращения для создания возвратно-поступательного изменения давления в струях (901, 911) жидкости;

устанавливают соединительный механизм (8, 108) между возвратно-поступательным приводным блоком (4) и одним из полого элемента (21) и второго элемента (22);

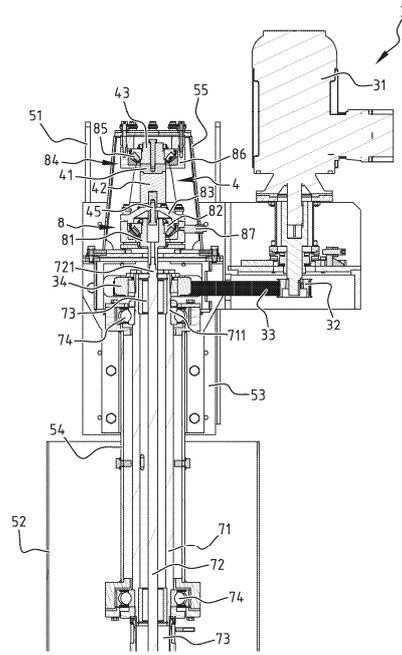
устанавливают соединительный механизм (8, 108) с возможностью обеспечения относительных вращений, по меньшей мере вокруг оси, параллельной первой оси (I), между одним из полого элемента (21) и второго элемента (22) и возвратно-поступательным приводным блоком (4).



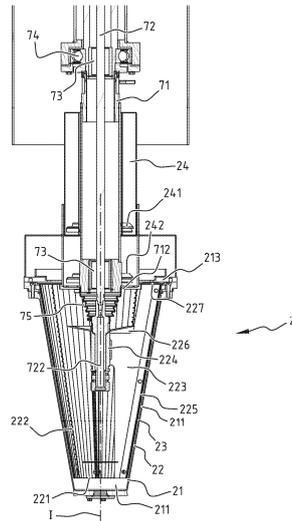
Фиг. 1



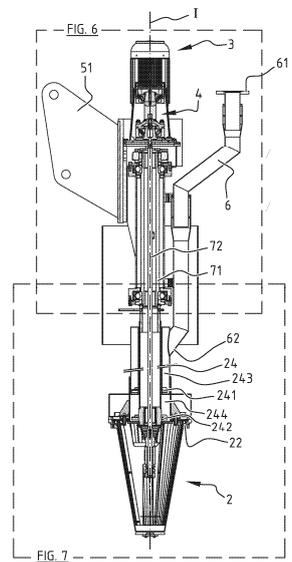
Фиг. 2



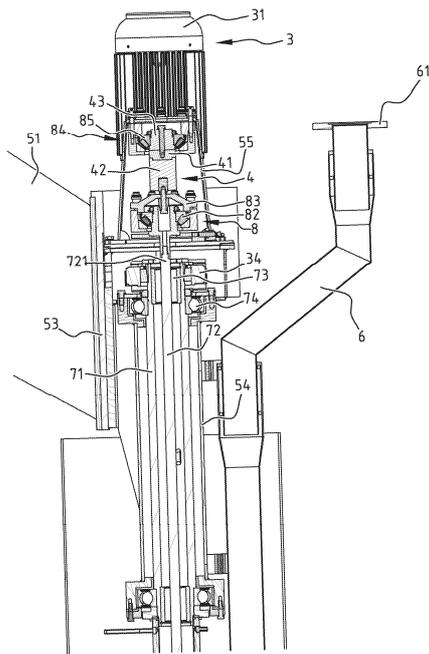
Фиг. 3



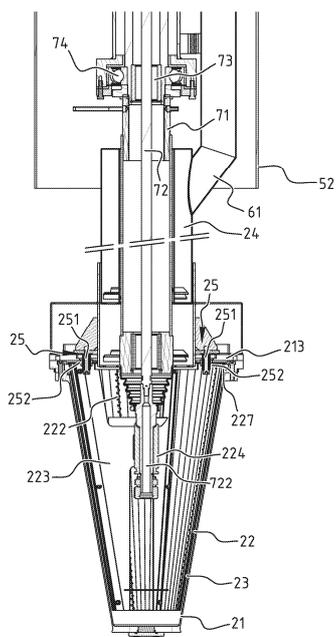
Фиг. 4



Фиг. 5

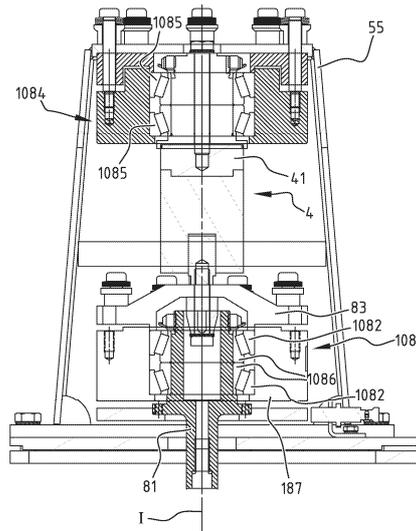


Фиг. 6

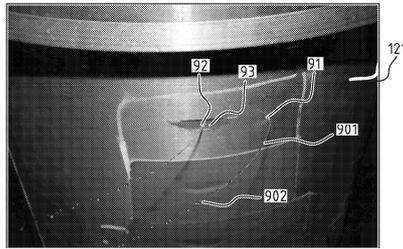


Фиг. 7

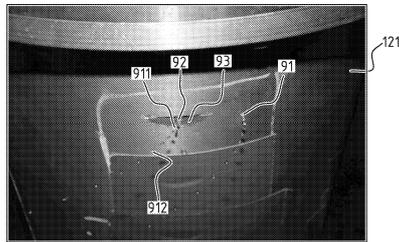
045029



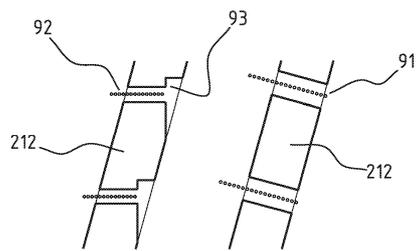
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11