



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) B (11) 36117  
(51) C22B 9/04 (2006.01)  
B01D 7/00 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21) 2022/0017.1

(22) 18.01.2022

(45) 24.02.2023, бюл. №8

(72) Володин Валерий Николаевич; Требухов Сергей Анатольевич; Кенжалиев Багдаулет Кенжалиевич; Ниценко Алина Владимировна; Бурабаева Нурила Муратовна; Требухов Алексей Анатольевич; Тулеутай Фархад Ханафияұлы

(73) Акционерное общество «Институт металлургии и обогащения»

(74) Касимова Улдана Куралбаевна

(56) RU 2041274 C1, 09.08.1995

RU 2653893 C2, 15.05.2018

SU 378468 A1, 18.04.1973

(54) **ВАКУУМНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

(57) Изобретение относится к конструкциям вакуумных аппаратов для переработки сыпучих материалов, предназначено для переработки полиметаллических концентратов сублимацией летучих составляющих при низком давлении и может быть использовано в металлургической, химической и других отраслях промышленности.

Вакуумный аппарат для переработки сыпучих материалов, включает испаритель в виде наклонных

поверхностей, конденсатор, узлы загрузки и выгрузки, при этом наклонные поверхности испарителя выполнены в виде колонны поверхностей трех – шестигранных усеченных пирамид, установленных большим основанием вверх, центрируемых корпусом испарителя, повернутых каждая относительно другой на одну грань и установленная в углублениях, соответствующих форме ребер трех – шестигранных усеченных пирамид, на половине грани большего основания ниже расположенной усеченной пирамиды, малое основание нижней усеченной пирамиды колонны снабжено разгрузочной трубой, имеющей зазор между нижним срезом ее и плоскостью вибрационного разгрузчика с бортами, причем уровень нижнего среза разгрузочной трубы соответствует уровню бортов вибрационного разгрузчика, а угол наклона ребер трех – шестигранных усеченных пирамид составляет не менее 45°.

Технический результат заключается в усовершенствовании конструкции вакуумного аппарата и повышении качества процесса реологического перемещения сыпучих материалов.

(19) KZ (13) B (11) 36117

Изобретение относится к конструкциям вакуумных аппаратов для переработки сыпучих материалов, предназначено для переработки полиметаллических концентратов сублимацией летучих составляющих при низком давлении и может быть использовано в металлургической, химической и других отраслях промышленности.

Известен вакуумный дистилляционный аппарат (RU 2047310 С1, опубл. 10.11.1995г.), включающий испаритель вертикальной конусной формы, обращенный большим основанием вверх, патрубки для подвода и отвода жидкости и трубу для выхода пара. Внутри испарителя размещен тор с возможностью возвратно-поступательного перемещения посредством гибкой тяги. Аппарат предназначен для вакуумной перегонки жидкости, отличается сложностью конструкции и не может быть использован для сублимационной переработки сыпучих материалов при их реологическом - за счет физико-механических свойств перемещении в высокотемпературной зоне.

Известен также вакуумный аппарат для переработки сыпучих материалов (RU 2041274 С1, опубл. 09.08.1995г.) содержащий корпус, цилиндрическую испарительную камеру с испарителем, содержащим перфорированную трубу с конусообразными обечайками в нижней части, паропровод конденсатор, узлы загрузки и выгрузки. Аппарат разделен горизонтальной перегородкой на верхнюю и нижнюю секции. Нижняя секция, где расположена испарительная камера с равномерно расположенными испарителями, соединена с загрузочной трубой, в верхней части камеры каждый испаритель снабжен патрубком, расположенным коаксиально снаружи перфорированной трубы, удерживающей конусообразные обечайки. Аппарат предназначен для переработки в полупериодическом режиме сыпучего материала, например тетрафторида циркония, и предполагает сублимацию более 90% сыпучего материала от загруженного. Аппарат может обеспечить реологическое перемещение загруженного сыпучего материала. Недостатком является сложность конструкции наличие плохо перемешиваемых зон около стенок испарительной камеры, что может привести к локальным перегревам и образованию спеков, что, в свою очередь, нарушит процесс реологического перемещения сыпучего материала от узла загрузки до узла выгрузки. Кроме того, аппарат предполагает наличие конструктивных элементов для фиксации усеченных конусообразных обечаек друг относительно друга на определенном расстоянии, что усложняет конструкцию.

Наиболее близким к заявляемому изобретению по технической сущности является вакуумная электропечь непрерывного действия (SU 165551 А1, опубл. 1964.), содержащая вакуумную камеру с горизонтальным днищем, к которому под углом естественного откоса обрабатываемого сыпучего материала установлен ряд плоских наклонных поверхностей. Электропечь снабжена, нагревателями с обеих сторон наклонных

поверхностей, конденсатором, узлами загрузки и выгрузки, а также устройством регулирования толщины слоя сырья на поверхностях. Слой материала с двух сходящихся вниз поверхностей попадает в разгрузочное шлюзовое устройство. Недостатком этой конструкции является ее сложность и трудность поддержания равномерной толщины слоя сыпучего материала на поверхностях, сползание и накопление сыпучего материала в зоне сходящихся вниз поверхностей перед разгрузочным устройством, что может привести к местным перегревам, образованию спеков и нарушению качества реологического перемещения обрабатываемого сыпучего материала.

Задачей изобретения является усовершенствование конструкции вакуумного аппарата для переработки сыпучих материалов. Технический результат от совокупности влияния признаков, предлагаемых в изобретении, заключается в усовершенствовании конструкции вакуумного аппарата и повышении качества процесса реологического перемещения сыпучих материалов.

Технический результат достигается тем, что в вакуумном аппарате для переработки сыпучих материалов, включающем испаритель в виде наклонных поверхностей, конденсатор, узлы загрузки и выгрузки, наклонные поверхности испарителя выполнены в виде колонны поверхностей трех - шестигранных усеченных пирамид, установленных большим основанием вверх, центрируемых корпусом испарителя, повернутых каждая относительно другой на одну грань и установленная в углублениях, соответствующих форме ребер трех - шестигранных усеченных пирамид, на половине грани большего основания ниже расположенной усеченной пирамиды, малое основание нижней усеченной пирамиды колонны снабжено разгрузочной трубой, имеющей зазор между нижним срезом ее и плоскостью вибрационного разгрузчика с бортами, причем уровень нижнего среза разгрузочной трубы соответствует уровню бортов вибрационного разгрузчика, а угол наклона ребер трех - шестигранных усеченных пирамид составляет не менее 45°

Сущность изобретения заключается в следующем.

Изготовление испарителя, где наклонные поверхности выполнены в виде колонны поверхностей трех - шестигранных усеченных пирамид, установленных большим основанием вверх, позволяет организовать поток сыпучего материала определенной минимальной на срезе вышерасположенной усеченной пирамиды и максимальной толщины на нижерасположенной усеченной пирамиде, что стабилизирует поток реологический перемещаемого сыпучего материала. Причем пересыпание сыпучего материала из малого сечения вышерасположенной усеченной пирамиды на большее сечение нижерасположенной усеченной пирамиды сопровождается образованием угла естественного откоса сыпучего материала и перемешиванием его на каждой из поверхностей

усеченных пирамид. Это устраняет образование застойных зон и возможных спеков, и, следовательно, повышает качество процесса перемещения обрабатываемого сырья.

Центрирование колонны поверхностей трех - шестигранных усеченных пирамид, установленных большим основанием вверх, позволяет исключить конструктивные элементы для фиксации колонны в вертикальном положении, так как ребра граней большего основания усеченных пирамид соприкасаются с внутренней стороной корпуса испарителя. Поворот каждой из усеченных пирамид относительно другой на одну грань позволяет организовать зазор между усеченными пирамидами в вертикальном измерении для выхода пара. Размещение каждой усеченной пирамиды в углублениях, соответствующих форме ребер трех - шестигранных усеченных пирамид, на половине грани большего основания каждой нижерасположенной усеченной пирамиды предотвращает вращательное смещение усеченных пирамид относительно оси колонны. Последнее может привести при повороте к сочленению одной пирамиды в другой без зазора. В совокупности это упрощает конструкцию испарителя в целом, позволяет фиксировать колонну поверхностей усеченных пирамид и обеспечить стабильный процесс реологического перемещение сыпучего материала от узла загрузки к виборазгрузчику.

Использование трех, четырех, пяти и шестигранных поверхностей усеченных пирамид обусловлено тем, что минимально возможное количество граней пирамиды не может быть менее трех. Увеличение количества граней более шести приводит к тому, что свободное пространство для отвода пара между корпусом цилиндрического корпуса испарителя и гранями большего основания усеченной шестигранной пирамиды, соприкасающегося ребрами с корпусом испарителя, становится недостаточным по отношению к площади сублимации летучих составляющих, что затрудняет отвод пара и приводит к снижению степени извлечения летучих из перерабатываемого сырья. Выбор количества граней зависит от количества летучих составляющих в обрабатываемом материале и физико-механических свойств перерабатываемого сыпучего сырья. Чем больше количество летучих составляющих, тем больше объем отводимого пара, тем больше должно быть сечение каналов для его отвода в конденсатор. В предлагаемом техническом решении сечение отводящих пар каналов соответствует зазору между корпусом испарителя и гранями большего основания усеченных пирамид. Соответственно граничные условия: для обрабатываемых сыпучих материалов с большим содержанием летучих составляющих должны быть использованы поверхности усеченных трехгранных пирамид, с малым содержанием - шестигранных усеченных пирамид.

Выбор угла наклона ребер трех - шестигранных усеченных пирамид не менее  $45^\circ$  обусловлен следующим. Для большинства дисперсных

материалов, подлежащих переработке, угол естественного откоса колеблется в пределах  $35-40^\circ$ . При высоких температурах ( $600-700^\circ\text{C}$ ) угол естественного откоса увеличивается на  $3-5^\circ$ . В связи с этим нижний предел угла наклона ребер  $45^\circ$  (при этом угол наклона граней будет по определению большим), обеспечивает гарантированное сползание сыпучего материала по наклонному углу, образованного гранями усеченной пирамиды.

Снабжение малого основания нижней усеченной пирамиды трубой, нижний срез которой установлен с зазором от плоскости вибрационного разгрузчика с бортами, позволяет при наличии в трубе сыпучего материала с углом естественного откоса отделить пространство испарителя от пространства узла выгрузки. В связи с тем, что уровень нижнего среза трубы соответствует уровню бортов вибрационного разгрузчика, а угол естественного откоса сыпучего материала не может быть равным нулю, естественным образом создается затвор из сыпучего материала, предотвращающий попадание пара из испарителя в пространство узла выгрузки, что при работающем виборазгрузчике позволяет организовать стабильное реологическое перемещение сыпучего материала в испарителе с необходимой для технологии скоростью и вывод его подобно псевдожидкости «перетеканием» через борта виборазгрузчика в узел выгрузки обработанного материала. Кроме того, горизонтальные вибрационные колебания виборазгрузчика относительно неподвижного нижнего среза трубы нижней усеченной пирамиды способствует разрушению возможных спеков небольшого размера, что также направлено на повышение качества процесса перемещения сыпучего материала и достижение технического результата

Таким образом, все заявляемые признаки направлены на достижение технического результата - усовершенствование конструкции и повышение качества процесса реологического перемещения сыпучего материала.

На фиг.1 приведена схема предлагаемого вакуумного аппарата для переработки сыпучих материалов, включающего испаритель (1) и конденсатор циклонного типа (2), соединенные паропроводом (3). В сублиматоре (1) установлена колонна поверхностей трех (фиг.2), четырех (фиг. 3), пяти (фиг.4), шестигранных (фиг.5) усеченных пирамид (4) большим основанием вверх, ребра которых касаются корпуса испарителя (5). Каждая верхняя усеченная пирамида (4) повернута относительно нижней усеченной пирамиды на одну грань и установлена в углублениях (6), соответствующих форме ребер усеченных пирамид. В верхней части корпуса (5) над колонные поверхности трех (фиг.2), четырех (фиг.3), пяти (фиг.4), шестигранных (фиг.5) усеченных пирамид (4) размещен приемный бункер (7), герметично соединенный виборазгрузителем (8) с узлом загрузки (9). В приемном бункере (7) установлен затвор (10), продолжающийся соосно внутри колонны поверхностей усеченных пирамид (4) стержнем с

гребками (11). Шток (12) затвора (10) выведен из корпуса (5) с возможностью вращения и вертикального перемещения. Нижняя усеченная пирамида (13) у малого основания снабжена трубой (14), обращенной вниз. Нижний срез трубы (14) выполнен с зазором между ним и плоскостью виброразгрузчика (15), снабженной бортами (16). Под плоскостью виброразгрузчика (15) размещен узел выгрузки (17) обработанного материала. Грани нижней усеченной пирамиды (13) с трубой (14) опираются на теплоизолирующую перегородку (18). Испаритель (1) отделен от приемного бункера (7) теплоизолирующей перегородкой (19). Корпус (5) снабжен по высоте электрическим нагревателем сопротивления (20) и теплоизоляцией (21).

Конденсатор циклонного типа (2) выполнен в виде водоохлаждаемого корпуса (22), внутри которого коаксиально размещена водоохлаждаемая труба (23). Внутри водоохлаждаемой трубы (23) размещен тканевый фильтр (24) с возможностью встряхивания. В верхней части водоохлаждаемая труба (23) вне объема конденсатора (2) соединена вакуумпроводом (25) с системой эвакуации неконденсирующихся газов. В нижней части объем конденсатора (2) открыт в сторону узла выгрузки конденсата (26).

Вакуумный аппарат работает следующим образом. Исходный сыпучий материал загружается в узел загрузки (9), откуда удаляются остаточные газы. Остаточные газы эвакуируют также из всего вакуумного аппарата посредством системы эвакуации неконденсирующихся газов через вакуумпровод (25). Затем при сообщении вибропитателю (8) направленных колебаний сыпучий материал подают в приемный бункер (7). При заполнении приемного бункера (7) с помощью штока (12) поднимают затвор (10), при этом сыпучий материал заполняет колонну поверхностей трех - шестигранных усеченных пирамид (4), обращенных большим основанием вверх, размещенную в предварительно нагретом нагревателем (20) до технологической температуры испарителя (1). Поддержание температуры в испарителе (1) обеспечивается включением нагревателя (20) и наличием верхней (19) и нижней (18) теплоизолирующих перегородок. Сыпучий материал, достигая нижнего среза трубы (14) нижней усеченной пирамиды (13), образует с плоскостью виброразгрузчика (15), имеющей борта (16), затвор, отделяющий объем испарителя (1) от объема узла разгрузки обработанного материала (17). При сообщении плоскости виброразгрузчика (15) с бортами (16) горизонтальных колебаний обработанный сыпучий материал пересыпается через борта (16) плоскости виброразгрузчика (15) и сыпается в узел разгрузки обработанного материала (17). При открытом затворе (10) и работающих вибропитателе (8) и виброразгрузчике (15) обеспечивается непрерывное реологическое - за счет физико-механических свойств перемещение сыпучего материала через высокотемпературную зону испарителя (1), в которой находится колонна обечак усеченных пирамид (4) заполненных

обрабатываемым сыпучим материалом. Летучие составляющие сыпучего материала сублимируют с поверхности откосов, образованных при пересыпании из малого основания усеченной вышерасположенной пирамиды на большее основание нижерасположенной пирамиды (4) и нагреваемых прямым излучением от нагревателя (20). Летучие составляющие сыпучего материала сублимируют также и в межзеренное пространство сыпучего материала и выводятся к поверхности сыпучего материала. Далее пары летучих составляющих от поверхности сыпучего материала выводятся через свободное пространство для отвода пара между корпусом цилиндрического корпуса испарителя и гранями большого основания усеченной трех - шестигранной пирамиды (4), соприкасающегося ребрами с корпусом испарителя (1), паропровод (3) в конденсатор циклонного типа (2) и конденсируются на поверхности водоохлаждаемого корпуса (22) и трубы (23) в виде самоосыпающегося порошка. Конденсат - порошок сыпается в узел выгрузки конденсата (26). Пары легколетучих компонентов, конденсирующиеся в объеме конденсатора (2) и увлекаемые газовым потоком в вакуумпровод (25), улавливаются тканевым фильтром (23) и при накоплении стряхиваются в узел выгрузки конденсата (26).

При возможном локальном образовании более крупных, чем частицы обрабатываемого сыпучего материала, мало прочных конгломератов, последние разрушаются посредством вращательных или поступательных движений стержня с гребками (11) и при соприкосновении с поверхностью виброразгрузчика (15).

Аппарат может работать, как в непрерывном режиме, так и периодическим заполнением колонны обечак усеченных конусов (4) сыпучим материалом открытием затвора (10) при неработающем виброразгрузчике (15) и закрытием затвора (10) при работающем виброразгрузчике (15).

При проведении испытаний предлагаемого вакуумного аппарата в качестве сыпучего материала использовали мышьяк содержащий флотационный концентрат Неждановского месторождения (Россия), содержащий 15,8% мышьяка, у которого угол естественного откоса равен  $48^\circ$ , насыпная плотность  $1110 \text{ кг/м}^3$ . Флотоконцентрат гранулировали с добавлением 2% сульфит-целлюлозного щелока, высушивали и отсеивали на фракции. В испытании использовали фракцию -  $3,0+0,64 \text{ мм}$ , фракцию -  $0,64 \text{ мм}$  возвращали на грануляцию. Угол естественного откоса гранулированной фракции  $-3,0+0,64 \text{ мм}$  найден равным  $35-37^\circ$ . В качестве поверхностей испарения использованы четырехгранные усеченные пирамиды с углом наклона ребер, образованных гранями  $45^\circ$ , наклон грани при этом более  $60^\circ$ . Диаметр трубы нижней усеченной пирамиды изготовлен равным  $35 \text{ мм}$ , Диаметр плоскости виброразгрузчика  $100 \text{ мм}$ , высота бортов  $10 \text{ мм}$ , зазор между нижним срезом устья и плоскостью виброразгрузчика  $10 \text{ мм}$ .

Гранулированная фракция флотоконцентрата содержала 15,8% мышьяка в виде сульфидов.

Процесс сублимации сульфидов мышьяка осуществляли при температуре 700°C и давлении 1,3 кПа. Извлечение мышьяка, рассчитанное по содержанию мышьяка в обработанном материале, в паровую фазу и, следовательно, в конденсат составило 99,1 - 99,5%. Нарушений процесса реологического перемещения не наблюдали. При вскрытии вакуумного аппарата для переработки сыпучих материалов после завершения процесса переработки в верхней части колонны четырехгранных усеченных пирамид обнаружено малое количество (5-15 событий на 1 дм<sup>3</sup>) легко разрушающихся агломератов дисперсных частиц, размером менее 7 - 10 мм. В обработанном материале из узла разгрузки подобных образований не обнаружено. Застойных зон в колонне обечаек усеченных конусов не обнаружено. Перемещение стержня с гребками внутри колонны обечаек усеченных конусов не использовали. Конденсат представлял собой смесь сульфидов мышьяка и содержал 62 - 67% мышьяка и 31 -37% серы.

При обработке в предлагаемом аппарате гранулированного ртутносурьмяного концентрата Хайдарканского месторождения (Киргизия) с пятигранными усеченными пирамидами, аналогично переработке мышьяксодержащего концентрата, с углом наклона ребер, образованных гранями 50°. Это обусловлено тем, что температура плавления антимонита - основного соединения сурьмы в обрабатываемом материале составляет 550°C и для предотвращения возможного образования спеков необходимо лучшее перемешивание и перемещение сыпучего материала. Переработке подвергся гранулированный хайдарканский ртутно-сурьмяный концентрат, содержание сурьмы в котором составило 12,7% в виде антимонита (Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>), ртути - 2,5% в виде киновари (HgS). Процесс вели при температуре 850°C и давлении 1,3 кПа. Степень возгонки сурьмы в этих условиях достигала 95,72%, ртути - 99,75%. Степени возгонки сурьмы и ртути в виде сульфидов рассчитаны по содержанию их в обработанном материале из узла разгрузки.

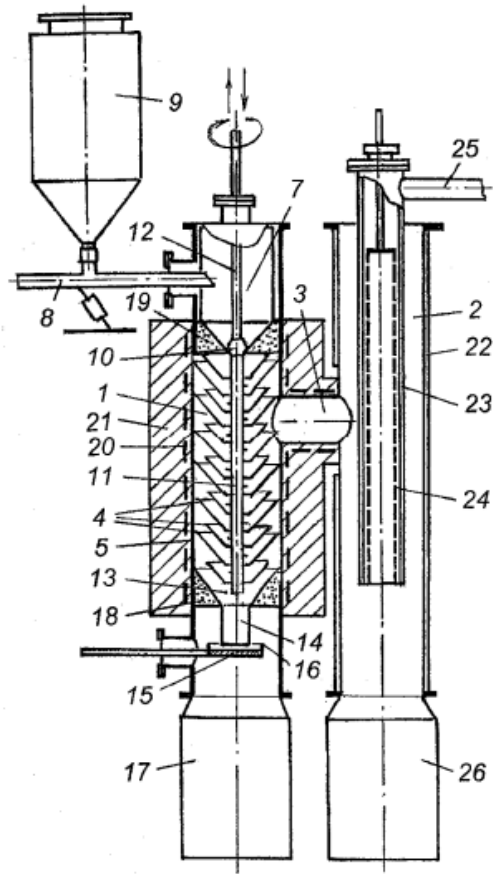
Нарушений процесса реологического перемещения не наблюдали. При вскрытии вакуумного аппарата для переработки сыпучих

материалов после завершения процесса переработки в верхней части колонны обечаек усеченных конусов обнаружено некоторое количество (до 15 - 20 событий на 1 дм<sup>3</sup>) легко разрушающихся агломератов дисперсных частиц, размером менее 10 мм. В обработанном материале из узла разгрузки подобных образований не обнаружено. Застойных зон в колонне обечаек усеченных конусов не обнаружено. Перемещение стержня с гребками внутри колонны обечаек усеченных конусов не использовали.

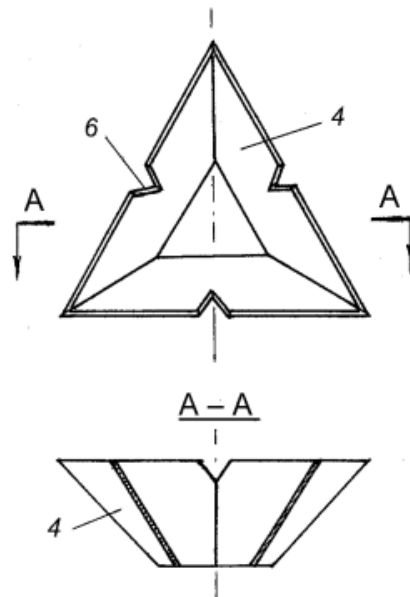
Таким образом, предлагаемый вакуумный аппарат позволяет усовершенствовать конструкцию и повысить качество процесса перемещения обрабатываемого сыпучего материала внутри испарителя при сохранении высоких технологических показателей по извлечению летучих составляющих.

### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

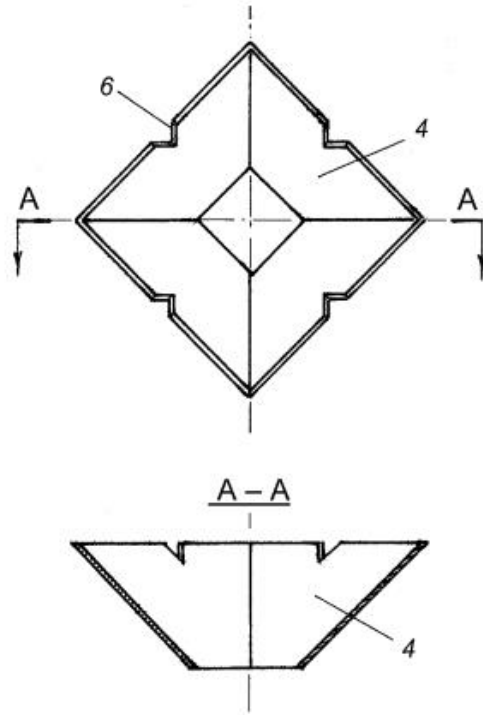
Вакуумный аппарат для переработки сыпучих материалов, включающий испаритель в виде наклонных поверхностей, конденсатор, узлы загрузки и выгрузки, *отличающийся* тем, что наклонные поверхности испарителя выполнены в виде колонны поверхностей трех – шестигранных усеченных пирамид, установленных большим основанием вверх, центрируемых корпусом испарителя, повернутых каждая относительно другой на одну грань и установленная в углублениях, соответствующих форме ребер трех – шестигранных усеченных пирамид, на половине грани большего основания ниже расположенной усеченной пирамиды, малое основание нижней усеченной пирамиды колонны снабжено разгрузочной трубой, имеющей зазор между нижним срезом ее и плоскостью вибрационного разгрузчика с бортами, причем уровень нижнего среза разгрузочной трубы соответствует уровню бортов вибрационного разгрузчика, а угол наклона ребер трех – шестигранных усеченных пирамид составляет не менее 45°.



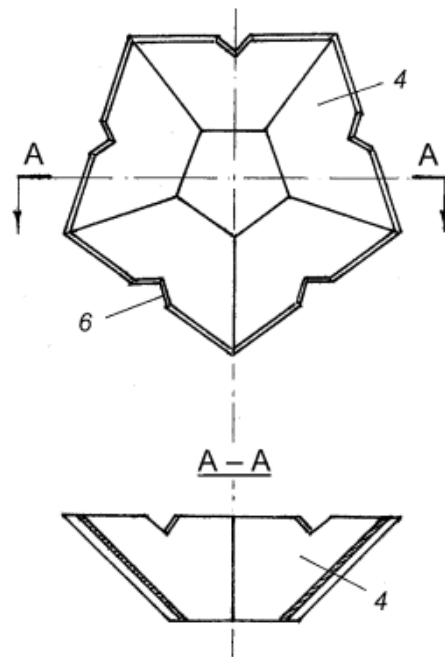
Фиг. 1



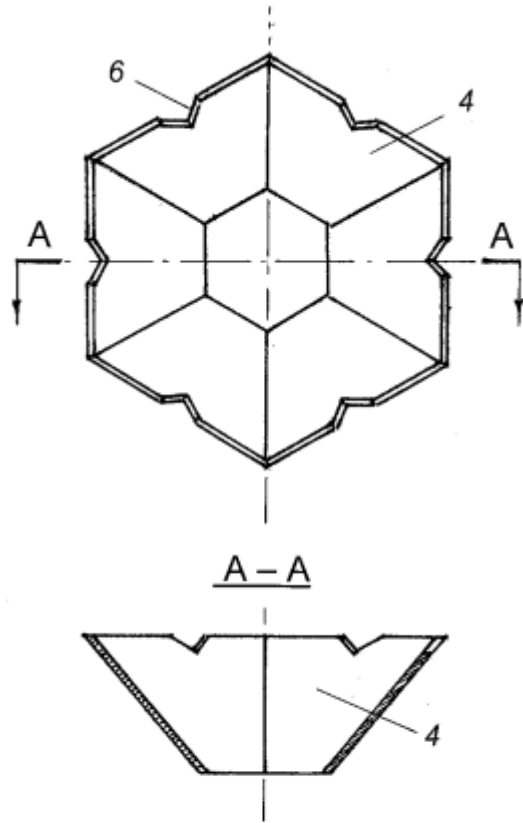
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5