

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9845

(13) С1

(46) 2007.10.30

(51) МПК (2006)

F 26B 11/00

(54)

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ СУШКИ СЫПУЧЕГО ПРОДУКТА

(21) Номер заявки: а 20041048

(22) 2004.11.16

(43) 2006.06.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Мазько Антон Сергеевич; Жданович Чеслав Иосифович; Зелёный Петр Васильевич; Акулов Валерий Андреевич; Новиков Николай Георгиевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) Панфилов В.А. Машины и аппараты пищевых производств. - Москва: Высшая школа, 2001, книга 2. - С. 807-809. FR 1264123, 1961.

US 1047969, 1912.

US 1477517, 1923.

US 3245154, 1966.

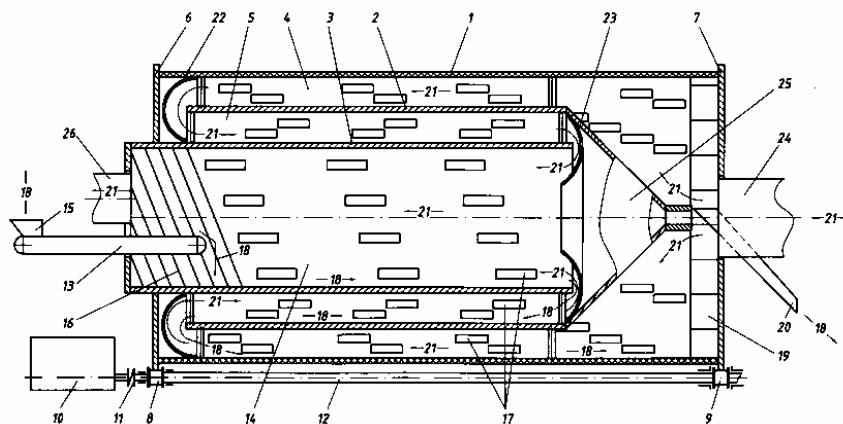
SU 1793176 A1, 1993.

SU 493605, 1975.

US 4635860, 1987.

(57)

1. Устройство для сушки сыпучего продукта, содержащее установленный с возможностью вращения барабан с лопатками на его внутренней поверхности для перемешивания сыпучего продукта, снабженный входом продукта с одной стороны и его выходом с другой стороны, а также подсоединенную к барабану систему нагрева и принудительной подачи сушильного агента, **отличающееся** тем, что барабан выполнен из нескольких охватывающих друг друга частей, образующих кольцевые зазоры для прохождения сыпучего продукта и сушильного агента, сообщенные между собой торцовых поверхностей для разворота потока сушильного агента и установленные соосно барабану в торце каждой его внутренней части, при этом система нагрева и принудительной подачи сушильного агента подсоединена к барабану со стороны выхода сыпучего продукта, а внутренние части барабана выполнены в форме призматических поверхностей.



Фиг. 1

ВУ 9845 С1 2007.10.30

# ВУ 9845 С1 2007.10.30

2. Устройство по п. 1, **отличающееся** тем, что лопатки для перемешивания сыпучего продукта наклонены к геометрическим образующим поверхностей частей барабана.

3. Устройство по п. 1, **отличающееся** тем, что лопатки для перемешивания сыпучего продукта расположены на внутренней поверхности каждой части барабана таким образом, что проходящая через них линия представляет собой винтовую спираль.

---

Изобретение относится к устройствам для удаления влаги, преимущественно из сыпучих пищевых продуктов способом сушки.

Известно устройство для сушки пищевых продуктов, представляющее собой продольную камеру для размещения высушиваемого продукта, снабженную калорифером [1]. Для хорошего контактирования с сушильным агентом, поставляемым калорифером, высушиваемый продукт распределен по всей площади поперечного сечения камеры благодаря загрузке его в камеру посредством специальных кассет.

Недостатком такой сушилки пищевых продуктов, относящейся к туннельному типу, является низкая эффективность из-за того, что высушиваемый продукт в процессе сушки неподвижен и, следовательно, не может обдуваться сушильным агентом со всех сторон равномерно. Этому препятствуют также различные конструктивные элементы кассет для размещения продукта.

Известно другое устройство для сушки пищевых продуктов, основным элементом которого является наклонный гладкий вращающийся барабан, принудительно продуваемый сушильным агентом [2].

Недостатком этого устройства является также низкая эффективность сушки вследствие того, что высушиваемый продукт, располагаясь в нижней части барабана, мало подвержен переворачиванию и перемещению в поперечной плоскости, что было бы необходимо для обдува продукта сушильным агентом со всех сторон. Для этого в барабане конструктивно ничего не предусмотрено - он является гладким. Продукт перемещается в основном в продольном направлении барабана (в сторону его наклона) от загрузочного конца к выгрузочному. В общем, одна из важных характеристик для сушильного барабана - степень заполнения - для данной конструкции остается крайне незначительной.

Известно еще одно устройство для сушки сыпучих продуктов барабанного типа, наиболее близкое заявленному устройству, основным элементом которого является установленный на роликовых опорах цилиндрический барабан, снабженный приводом вращения [3] (прототип). Барабан опирается на ролики посредством охватывающих его бандажей и может иметь небольшой наклон в сторону продвижения высушиваемого сыпучего продукта (0,5-6 град). В качестве сушильного агента используется горячий воздух, движущийся внутри барабана по ходу продвижения сыпучего продукта или навстречу. Для сушки могут использоваться также топочные газы. Для повышения эффективности высушивания продукта в барабане по всему внутреннему периметру предусмотрены лопатки. Благодаря перелопачиванию ими в процессе вращения барабана сыпучего продукта, последний обдувается сушильным агентом со всех сторон.

Недостатком этого устройства также является недостаточная эффективность сушки сыпучих продуктов, обусловленная, в основном, тем, что в процессе конвективного теплообмена значительная часть тепла рассеивается, минуя продукт. Этот недостаток обусловлен особенностями конструкции известного устройства - большой площадью поверхности барабана, контактирующей с окружающим воздухом. В результате сушка сыпучих продуктов в этом устройстве чрезмерно энергоемка.

Задачей, решаемой предлагаемым техническим решением, является повышение эффективности сушки сыпучих пищевых продуктов.

Указанная задача решается тем, что в устройстве для сушки сыпучего продукта, содержащем установленный с возможностью вращения барабан с лопатками на его внут-

# ВУ 9845 С1 2007.10.30

ренной поверхности для перемешивания сыпучего продукта, снабженный входом продукта с одной стороны и его выходом с другой стороны, а также подсоединенную к барабану систему нагрева и принудительной подачи сушильного агента, барабан выполнен из нескольких охватывающих друг друга частей, образующих кольцевые зазоры для прохождения сыпучего продукта и сушильного агента, сообщенные между собой посредством торовых поверхностей для разворота потока сушильного агента и установленные соосно барабану в конце каждой его внутренней части, при этом система нагрева и принудительной подачи сушильного агента подсоединена к барабану со стороны выхода сыпучего продукта, а внутренние части барабана выполнены в форме призматических поверхностей.

Лопатки для перемешивания сыпучего продукта наклонены к геометрическим образующим поверхностей частей барабана и расположены на внутренней поверхности каждой части барабана таким образом, что проходящая через них линия представляет собой винтовую спираль.

Перечисленная совокупность существенных признаков позволяет получить следующий технический результат.

При обдуве высушиваемого сыпучего материала сушильным агентом, поток последнего движется навстречу сыпучему продукту, продвигаемому из внутренней части барабана минимального диаметра через кольцевые зазоры во внешний барабан лопатками для его перемешивания. Это продвижение обеспечивается благодаря наклону лопаток к геометрическим образующим поверхностей частей барабана и их расположению на поверхности по винтовым спиральям. При этом достигается высокая эффективность высушивания сыпучих пищевых продуктов, так как имеет место максимальная отдача тепла от сушильного агента продукту, благодаря его минимальному рассеиванию в окружающую среду (воздухом). Последнее обеспечивается минимальной площадью барабана, соприкасающейся с этой средой внешней поверхностью только внешней части барабана, так как основная площадь приходится на внутренние части барабана, не контактирующие с внешней средой, а контактирующие с сушильным агентом обеими сторонами. Еще большую эффективность высушивания продукта обеспечивает выполнение поверхностей внутренних частей барабана призматическими. Благодаря им продукт, сваливаясь с лопаток, регулярно то сыпается в гребни в двугранных углах, то рассыпается по граням более тонким слоем.

Возможность реализации предлагаемого устройства для сушки сыпучих пищевых продуктов проиллюстрирована: на фиг. 1 приведена конструктивная схема сушилки барабанного при виде сбоку в продольном разрезе; на фиг. 2 и 3 приведена конструкция секции лопаток для перемешивания и перемещения высушиваемого сыпучего продукта при виде спереди и сверху; на фиг. 4 - развертка внутренней поверхности одной из частей барабана (внутренней), иллюстрирующая расположение винтовой поверхности и секций лопаток; на фиг. 5 и 6 приведена конструкция барабана при виде сбоку и слева, соответственно, с продольным и поперечным разрезами, соединенными с частью вида; на фиг. 7-11 приведены выносные элементы, в масштабе увеличения изображающие конструкцию мест крепления; на фиг. 12 и 13 приведены общие виды сушилки сбоку и сверху; на фиг. 14 и 15 приведены виды слева (со стороны загрузки высушиваемого продукта) и справа (со стороны выгрузки продукта); на фиг. 16 и 17 приведены в разрезе в масштабе увеличения фрагменты конструкции сушилки с загрузочной и выгрузочной сторон, соответственно; на фиг. 18 приведена в масштабе увеличения конструктивная схема правой части барабана в варианте развития эффективности подачи сушильного агента.

Основным элементом устройства для сушки сыпучих продуктов является установленный с возможностью вращения барабан. Барабан выполнен составным из нескольких частей разного диаметра, размещенных одна в одной. Таким образом, внешняя часть 1 барабана охватывает расположенную в ней часть 2 меньшего диаметра, эта, в свою очередь,

# ВУ 9845 С1 2007.10.30

охватывает расположенную внутри нее часть 3 и т.д. (на фиг. 1 изображены только 3 части, хотя их может быть и больше). Части барабана отличаются по диаметру друг от друга настолько, что между ними образуются кольцевые зазоры 4 и 5, достаточные для прохождения высушиваемого сыпучего продукта и сушильного агента.

Внешняя часть барабана, выполненная цилиндрической формы, опирается посредством дисков 6 и 7 на четыре опорных ролика 8 и 9, разнесенных попарно в поперечных плоскостях и установленных на несущей раме (на фиг. 1 не изображена). Благодаря этому барабан имеет возможность вращаться. Для принудительного вращения барабана указанные ролики 8 и 9 являются приводными и для этого связаны с электродвигателем 10 посредством муфты и вала 12.

Вход в барабан для загрузки подвергаемого сушке сыпучего продукта обеспечен с левой стороны, через торец его внутренней части 3 (фиг. 1). Для загрузки служит ленточный транспортер 13, сообщающий полость 14 внутренней части 3 барабана с накопительной емкостью 15. Для быстрого продвижения продукта в указанную полость со стороны входа внутренняя часть 3 барабана содержит винтовую поверхность 16.

Дальнейшее продвижение продукта, а также его перемешивание для равномерного и эффективного обдува сушильным агентом обеспечивается лопатками 17, расположенными на внутренней стороне каждой части 1, 2 и 3 барабана. Лопатки 17 расположены секциями и наклонены под углом  $\alpha$  к геометрическим образующим каждой части барабана для обеспечения продвижения сыпучего продукта при пересыпании и перемешивании в нужном осевом направлении: во внутренней части 3 барабана - слева направо; в средней части 2 барабана - справа налево; во внешней части - вновь слева направо. Направления продвижения сыпучего продукта, обеспечиваемого лопатками, показаны стрелками 18.

В конце (справа) внешней части 1 барабана на внутренней стороне торцевой поверхности диска 7 расположены радиально лопатки 19 для перемещения высушенного продукта к отверстию в центре диска 7, где установлен выгрузочный лоток 20 (фиг. 1).

Сушильный агент подается в полость барабана с выгрузочного конца, то есть справа, со стороны упомянутого лотка 20, для того, чтобы он двигался в противотоке с высушиваемым продуктом (навстречу). Стрелки 21 указывают направления движения сушильного агента. Эффективному развороту потока сушильного агента в конце кольцевых зазоров могут способствовать торцовые поверхности 22 и 23, которые можно установить в конце каждой внутренней части барабана соосно (они показаны только на схемах, приведенных на фиг. 1 и 18). Эти поверхности представляют собой участки кольцевого тора, полученные при его продольном рассечении плоскостью.

Сушильный агент подается от системы его нагрева (не изображена) через канал 24, расположенный в центре торца барабана. Для его распределения в полости кольцевого зазора 4 служит направляющий элемент 25, выполненный в форме конуса, соосно прикрепленный к средней части 2 барабана. В случае выполнения средней части 2 в форме призмы, направляющий элемент 25 может выполняться в форме пирамиды (фиг. 5, 6 и 17). Выход сушильного агента из барабана производится через отвод 26, сообщенный с полостью 14 внутренней части барабана со стороны загрузки сыпучего продукта.

Для большей эффективности продвижения высушиваемого продукта вдоль оси барабана секции лопаток расположены на внутренних поверхностях каждой части барабана таким образом, что проходящая через них линия представляет собой винтовую линию, причем ее направления на поверхностях внутренней 3 и внешней 1 частей барабана совпадают, а на поверхности средней части барабана - противоположно. На фиг. 4 представлена развертка внешней части 1 барабана со стороны внутренней поверхности. Видно, что на развертке секции лопаток расположены вдоль наклонных прямых линий, которые, как известно, представляют собой развертки винтовой линии, причем угол подъема винтовой линии равен углу наклона прямой линии на развертке.

## ВУ 9845 С1 2007.10.30

Для большей эффективности обдувания высушиваемого сыпучего продукта сушильным агентом внутренние части 2 и 3 барабана могут быть выполнены в форме призматических поверхностей (фиг. 6). Благодаря этому сыпучий продукт при вращении барабана то собирается в гребни между гранями призматической поверхности, то расстилается по грани. Это создает условия также для его переворачивания и обдува с другой стороны.

Крепления отдельных частей барабана друг с другом осуществляются посредством резьбовых деталей, изображенных на выносных элементах Ж, З, И, К и Л: винтов 27 и бобышек 28 (фиг. 5 и 7), крепящих к внешней части 1 барабана торцевую опору 29, выполненную в форме диска, на который его внутренняя часть 3 опирается левым концом (со стороны загрузки); винтов 30 с контргайками 31 и бобышек 32 (фиг. 5, 6 и 10), посредством которых та же внутренняя часть 3 барабана крепится правым своим концом к средней его части 2; винтов 33 и 34 с проставками 35 и 36 и бобышек 37 и 38 (фиг. 5, 6, 9 и 11), посредством которых средняя часть 2 барабана своими концами прикреплена к внешнему, несущему всю конструкцию, барабану 1.

Вся конструкция сушилки смонтирована на несущей раме 39 (фиг. 12, 13, 14 и 15). Барабан на нее опирается, как указывалось, посредством пар роликов 8 и 9, разнесенных в поперечных плоскостях. Если это опирание осуществлено посредством дисков 6 и 7, прикрепленных к торцам барабана, то ролики содержат реборды (фиг. 1) для удержания барабана в осевом направлении. Если барабан опирается на ролики своей гладкой частью, представляющей кольца 40 из утолщенного металла по концам внешней части 1 (фиг. 5), то от осевого смещения с обеих сторон барабан удерживается смонтированными на раме роликами 41 и 42 (фиг. 14 и 15), контактирующими с его торцевыми дисками 6 и 7.

Вращение барабана от электродвигателя 10 может быть организовано так, как это представлено на схеме (фиг. 1), то есть с использованием приводного вала 12, с которым электродвигатель связан напрямую посредством муфты 11. Возможен и второй вариант привода барабана во вращение, без использования длинного вала 12 (см. фиг. 12-15). В этом случае с электродвигателем 10 кинематически связана только пара роликов 8 одной стороны. Эту кинематическую связь осуществляют цепные передачи 43 и 44.

Конструктивное исполнение сушилки с загрузочной стороны подробно представлено в масштабе увеличения на фиг. 16 в разрезе. Транспортёр 13, сообщающий накопитель 15 с полостью внутренней части 3 барабана, помещен в несущий кожух 45. Этот кожух и отвод 26 отработавшего сушильного агента скреплены между собой посредством теплоизолирующего диска 46, закрывающего полость барабана со стороны загрузки высушиваемого продукта. Этому способствует также уплотнительный эластичный диск 47, прикрепленный к торцевой опоре 29, выполненной в форме диска, посредством болтов 48 и дисков 49 (см. также фиг. 5 и выносной элемент Б на фиг. 8) и контактирующий с внешней цилиндрической поверхностью 50 теплоизолированного диска 46.

Привод транспортера 13, выполненного ленточным, осуществлен от электродвигателя 51 (фиг. 12-14 и 16) через эластичную муфту, расположенную в кожухе 52, и редуктор 53. Вся конструкция опирается на раму посредством поперечины 54 и дополнительно опирается посредством поддерживающей стойки 55 непосредственно на пол.

Конструктивное исполнение сушилки с выгрузочной стороны подробно представлено в масштабе увеличения на фиг. 17 в разрезе, а также на фиг. 15, являющейся видом справа. Аналогично описанному конструктивному решению с этой стороны полость барабана закрыта посредством теплоизолирующего диска 56, являющегося неподвижным. Подвижной контакт его с вращающейся частью торцевой конструкции барабана обеспечивается эластичным кольцом 57, контактирующим с внешней цилиндрической поверхностью 58 диска 56, прижатым к промежуточному диску 59 посредством диска 60 болтами 61.

В диске 56 выполнены окна для монтажа в нем канала 24 для подвода сушильного агента и лотка 20 для выгрузки продукта, прошедшего сушку. С внутренней стороны к нему прикреплен также промежуточный лоток 62 для сбора продукта с радиальных лопа-

## ВУ 9845 С1 2007.10.30

ток 19 (фиг. 17). Диск 56 связан с рамой 39 посредством поворотной рамки 63, установленной на ограждении 64 сушилки на вертикальной оси 65 (фиг. 15).

Канал 24 для подвода сушильного агента, несущие диски 46 и 56, закрывающие полость барабана с торцев, внешняя часть 1 барабана, торцевая кольцевая опора 29 в форме диска выполнены с двойными стенками для размещения теплоизолирующего материала.

Места расположения механизмов привода, опорных и удерживающих роликов закрыты для безопасности сеткой 66, прикрепленной к ограждению 64 (фиг. 14 и 15).

Направляющий элемент 25, который может иметь два исполнения в зависимости от формы средней части 2 барабана, то есть, как указывалось, иметь форму конуса или пирамиды, содержит при вершине канал 67, выходящий непосредственно в канал 24 для подвода сушильного агента. Он необходим для улучшения работоспособности устройства, чтобы часть потока сушильного агента попадала на направляющий элемент 25 изнутри, сдувала с его поверхности частички подвергаемого сушке продукта, попавшего с внутренней части 3 барабана, способствовала развороту потока продукта и основной части сушильного агента для движения в противоположном направлении (уже по внутренней поверхности средней части 2 барабана).

Для растекания потока сушильного агента по внутренней поверхности направляющего элемента 25 на входе канала 67 в полость, образованную направляющим элементом, установлен отражатель 68, образующий с его внутренней поверхностью кольцевой зазор. Установка отражателя 68 с возможностью осевого перемещения винтом 69 позволяет регулировать величину указанного зазора и тем самым поток сушильного агента по внутренней поверхности направляющего элемента 25 (фиг. 18).

Для большей эффективности разворота продукта и сушильного агента торовая поверхность 23 может быть выполнена перфорированной по периметру зоны 70 (напротив кольцевого зазора 5), а полость 14 внутренней части 3 барабана отгорожена от полости 71, образуемой направляющим элементом 25 и диском 72, установленным в отверстии торовой поверхности 23 (фиг. 18).

Для понижения уровня влаги в сыпучем продукте до требуемого уровня в процессе сушки необходимо определенное время - время сушки, причем зависящее как от содержания влаги в продукте, так и температуры сушильного агента, интенсивности его потока. Время сушки можно регулировать скоростью вращения барабана, для чего электродвигатель 10 (фиг. 12 и 14) снабжен регулятором частоты (не изображен). С другой стороны, на необходимое время сушки влияет также интенсивность загрузки сыпучего продукта. При большой интенсивности его поступления время сушки должно быть больше и наоборот. Поэтому оптимальная интенсивность загрузки обеспечивается регулированием скорости ленточного транспортера 13. Для этого приводящий его электродвигатель 51 (фиг. 12 и 13) также снабжен регулятором частоты (не изображен).

Работает устройство следующим образом.

Барабан приводится во вращение электродвигателем 10, и через канал 24 подают внутрь его сушильный агент, нагретый до определенной температуры. Основная часть сушильного агента, равномерно распределяемая направляющим элементом 25 по периметру полости внешней части 1 барабана, вначале поступает в кольцевой зазор 4, затем, продвинувшись до второго его конца, попадает в кольцевой зазор 5 и движется вдоль него в обратном направлении, и в конце оказывается с внутренней стороны направляющего конуса, попадая в полость 14 внутренней части 3 барабана, и, продолжая двигаться в первоначальном направлении, истекает наружу через отвод 26. Изменению направления потока сушильного агента будут способствовать торовые поверхности 22 и 23, если барабан будет ими оборудован, как показано схематически на фиг. 1 и 18, обеспечивая плавные повороты потока.

Перед тем как истечь наружу, сушильный агент вступает в контакт с только что загрузившимся сыпучим продуктом, интенсивно перемещаемым винтовой поверхностью 16 подальше внутрь полости 14, навстречу потоку сушильного агента. Здесь начинается сушка сыпучего материала - удаление части влаги.

# ВУ 9845 С1 2007.10.30

Подача сыпучего продукта из накопительной емкости 15 в полость 14 осуществляется ленточным транспортером 13 с необходимой интенсивностью, устанавливаемой регулировкой частоты электродвигателя 51.

Перемещение сыпучего продукта по внутренней поверхности части 3 барабана, обеспечиваемое вначале винтовой поверхностью 16, далее обеспечивается лопатками 17, благодаря их наклону в соответствующую сторону к геометрическим образующим внутренней поверхности полости 14, внутренним поверхностям частей 2 и 1 барабана. Пересыпаясь в процессе вращения барабана с лопаток одной секции на лопатки другой секции, сыпучий продукт одновременно продвигается и в осевом направлении, пока движется по наклонным поверхностям лопаток.

Продвинувшись к противоположному концу полости 14 (вправо) по внутренней поверхности части 3 барабана, сыпучий продукт сваливается на внутреннюю поверхность его части 2 и продолжает движение в противоположном направлении, обеспечиваемое упомянутыми лопатками 17, установленными на этой поверхности, благодаря их противоположному наклону к ее образующим (фиг. 1 и 5). Затем, переместившись до края этой поверхности влево, сыпучий продукт сваливается на внутреннюю поверхность внешней части 1 барабана и продолжает движение благодаря лопаткам в том же направлении, что и изначально, то есть вправо. В крайнем правом положении он захватывается радиальными лопатками 19, поднимается вверх и сваливается с них в промежуточный лоток 62, а с него сползает в выгрузочный лоток 20 и далее - наружу в приемную емкость (не изображена).

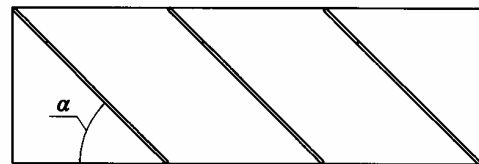
Описанное осевое продвижение сыпучего продукта по участкам барабана сопровождается его интенсивным поперечным перемешиванием во всех трех полостях 4, 5 и 14 при эффективном обдуве сушильным агентом. В результате количество влаги в сыпучем продукте уменьшается до необходимого уровня.

Источники информации:

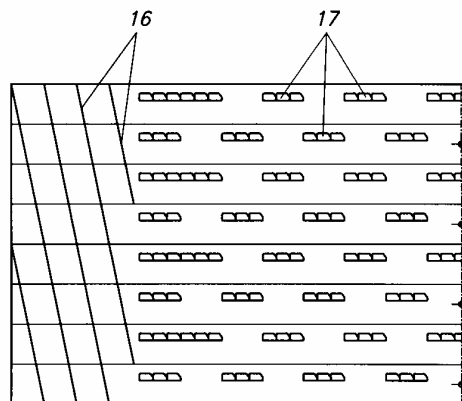
1. Патент SU 1793880 А3, МПК А 23В 7/02, 1990 // Бюл. № 5.
2. Патент DD 274353 А1, МПК А 23N 17/00, 1988.
3. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 2: Учеб. для вузов / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др.; Под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. - М.: Высш. шк., 2001. - С. 807-809 (прототип).



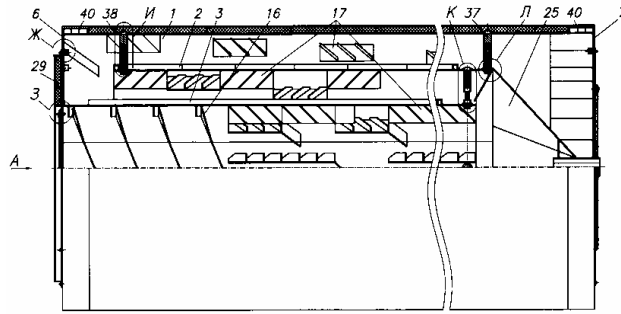
Фиг. 2



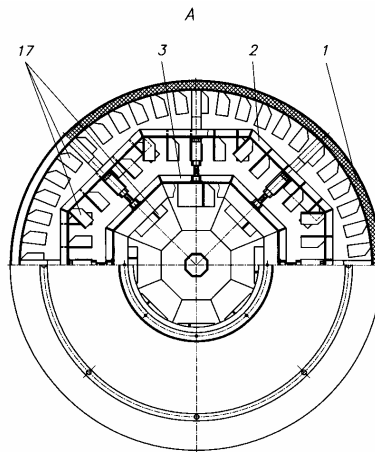
Фиг. 3



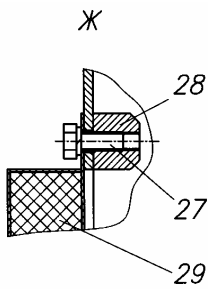
Фиг. 4



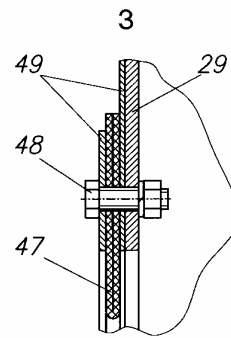
Фиг. 5



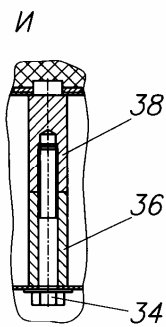
Фиг. 6



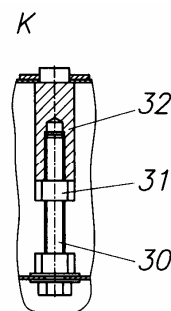
Фиг. 7



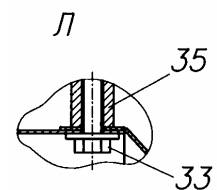
Фиг. 8



Фиг. 9

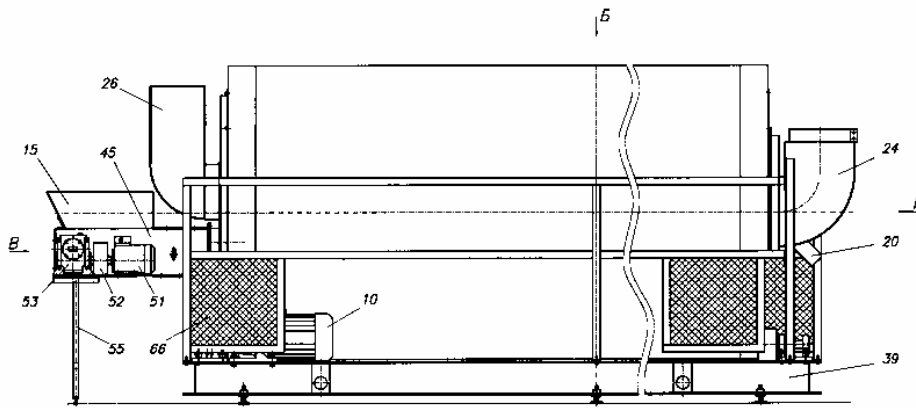


Фиг. 10

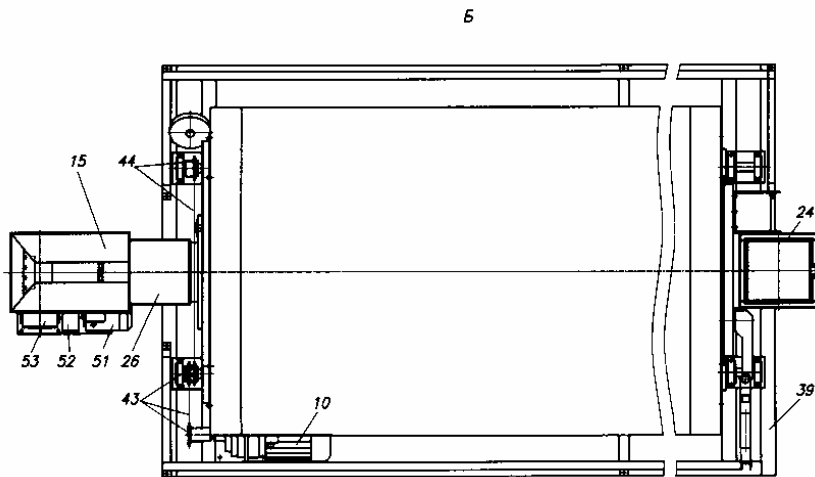


Фиг. 11

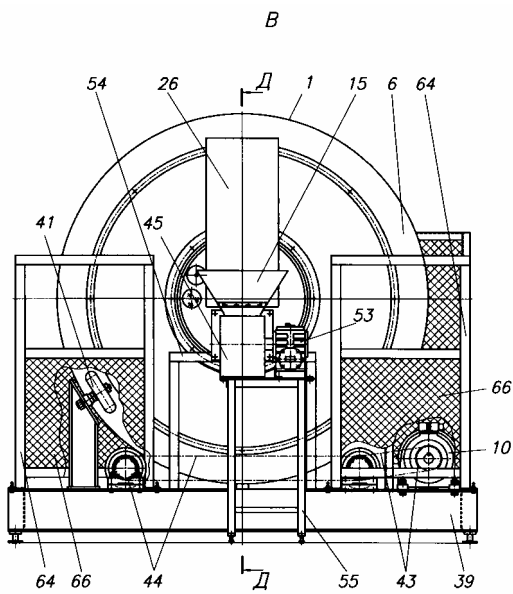




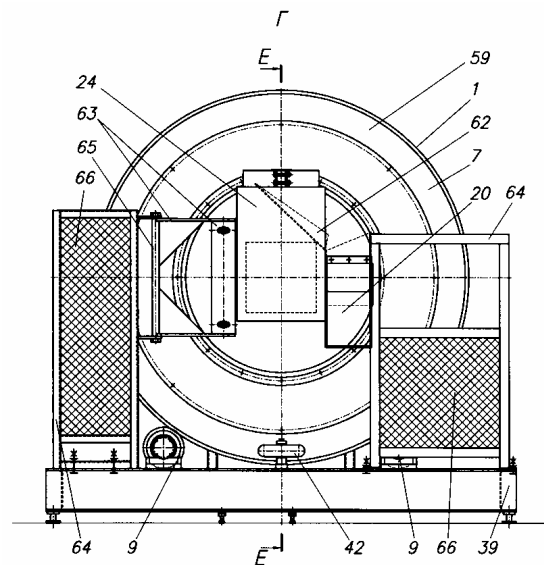
Фиг. 12



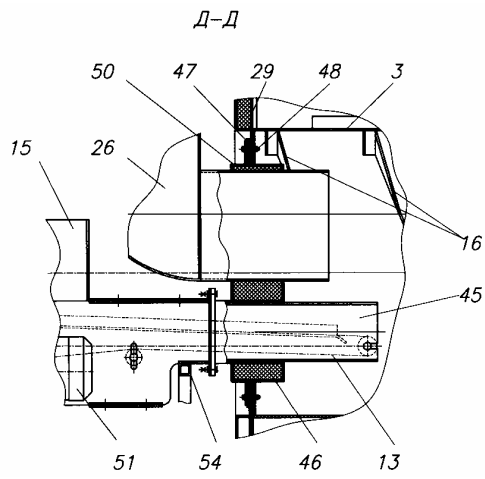
Фиг. 13



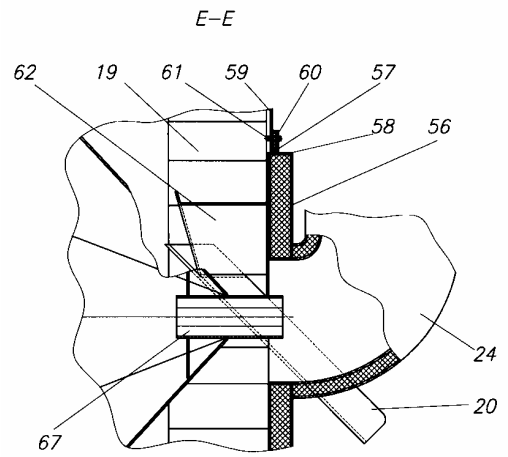
Фиг. 14



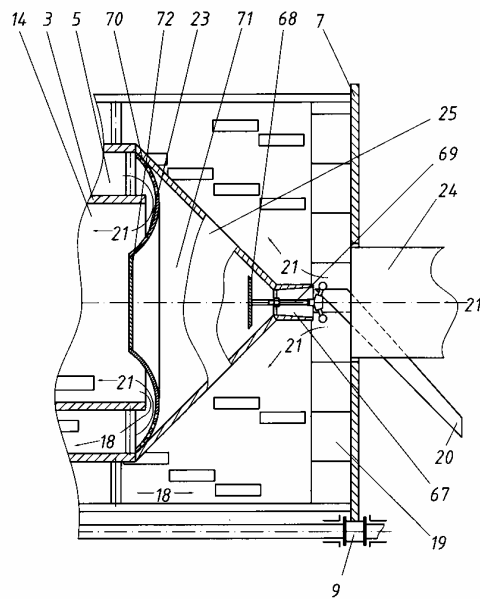
Фиг. 15



Фиг. 16



Фиг. 17



Фиг. 18