



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 236 451⁽¹³⁾ C1
(51) МПК⁷ C 12 M 1/04

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2003122732/15, 24.07.2003

(24) Дата начала действия патента: 24.07.2003

(46) Дата публикации: 20.09.2004

(56) Ссылки: RU 2001102565 A, 10.12.2001. RU 2081578 C1, 20.06.1997. US 3945922 A, 23.03.1976. US 3957585 A, 18.05.1976. US 4204042 A, 20.05.1980.

(98) Адрес для переписки:
123104, Москва, а/я 109, А.Ю. Винарову

(72) Изобретатель: Винаров А.Ю. (RU),
Соколов Д.П. (RU), Смирнов В.Н.
(RU), Соколова Е.А. (RU), Винаров Д.А. (RU)

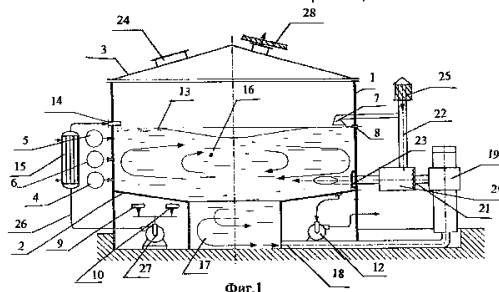
(73) Патентообладатель:
Винаров Александр Юрьевич (RU)

(54) АППАРАТ ДЛЯ АЭРОБНОЙ ЖИДКОФАЗНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области химических, физических и физико-химических процессов, реализуемых в аппаратах с аэрацией и перемешиванием жидкой среды, а именно процессов синтеза различных биологических продуктов, процессов переработки отходов различных биологических продуктов, а также процессов очистки сточных вод, и может быть использовано в пищевой, фармацевтической, микробиологической, нефтехимической промышленности, а также в сфере экологической защиты окружающей среды от различных отходов. Аппарат содержит корпус с крышкой и днищем, патрубками для подвода и отвода компонентов процесса и теплообменным устройством, устройства для поддержания температуры, pH, концентрации растворенного кислорода, уровня пенообразования, уровня жидкости, устройства для подачи компонентов углеродного и минерального питания, аэрирующего газа, отбора ферментационной среды и пеногашения. В центральной части цилиндрического корпуса выполнено углубление, у стенок которого тангенциально расположены одна или более труб, входы которых сообщены с объемом корпуса, а

выходы соединены с побудителями перекачки жидкости. Выходы побудителей жидкости соединены патрубками с входами эжектирующих устройств. Каждое эжектирующее устройство имеет в своем входном сечении более одного конфузора и снабжено патрубком для подачи аэрирующего газа. Выходы эжектирующих устройств, выполненные в виде диффузора, расположены в нижней части поверхности корпуса и направлены тангенциально относительно вертикальной оси корпуса. Технический результат: уменьшение энергозатрат, повышение производительности и выхода микробиологического процесса, создание аппаратов различного объема, в том числе до 100-300 м³ и более. 18 з.п. ф-лы, 5 ил.





(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 236 451** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁷ **C 12 M 1/04**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2003122732/15, 24.07.2003
 (24) Effective date for property rights: 24.07.2003
 (46) Date of publication: 20.09.2004
 (98) Mail address:
 123104, Moskva, a/ja 109, A.Ju. Vinarovu

(72) Inventor: Vinarov A.Ju. (RU),
 Sokolov D.P. (RU), Smirnov V.N. (RU), Sokolova
 E.A. (RU), Vinarov D.A. (RU)
 (73) Proprietor:
 Vinarov Aleksandr Jur'evich (RU)

(54) **AEROBIC LIQUID PHASE FERMENTATION APPARATUS**

(57) Abstract:

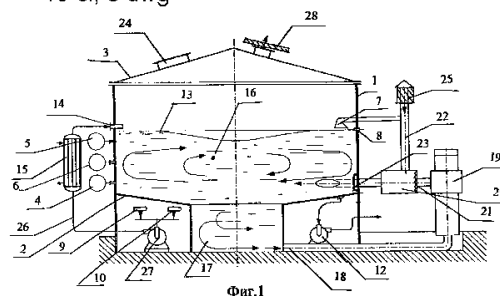
FIELD: equipment for chemical, physical and physicochemical processes carried out with aeration and mixing of liquid medium, may be used in food-processing, pharmaceutical, petroleum-chemical industry, microbiology and in the field of ecological protection of environment from wastes.

SUBSTANCE: apparatus has casing with cover and bottom, branch pipes for supplying and discharge of process components, heat-exchanging device, devices for maintaining temperature, pH value, concentration of dissolved oxygen, foaming level, level of liquid, devices for supplying of carbonaceous and mineral components, aeration gas, and devices for selecting fermentation medium and foam suppression. Slot is positioned in central part of cylindrical casing. At least one pipe is positioned in the vicinity of slot. Inlet ends of pipes are communicated with casing cavity and outlet ends are connected with devices for inciting liquid pumping out processes. Outlet ends of inciting devices are connected through

branch pipes with inlet ends of ejection devices. Each of ejection devices has at least one converging tube arranged at inlet section and is provided with branch pipe for supplying of aeration gas. Outlet ends of ejection devices made in the form of converging tubes are arranged in lower part of casing surface and directed tangentially of casing vertical axis. Volume of apparatus may reach up to 100-300 m³ and more.

EFFECT: reduced power consumption, increased efficiency and yield of microbiological process, and wider range of fields, where apparatus may be used.

19 cl, 5 dwg



Изобретение относится к области химических, физических и физико-химических процессов, реализуемых в аппаратах с аэрацией и перемешиванием жидкой среды, а именно: процессов синтеза различных биологических продуктов, процессов переработки отходов различных производств и переработки полупродуктов, а также процессов очистки сточных вод, и может быть использовано в пищевой, фармацевтической, микробиологической, нефтехимической промышленности, а также в сфере экологической защиты окружающей среды от различных отходов.

Известны разнообразные конструкции аппаратов (ферментеры, биореакторы) для проведения процессов аэробной ферментации на различных средах с применением различных микроорганизмов.

Так, в патенте США №3957585 охарактеризован ферментер с центрально расположенным диффузором и находящимся внутри диффузора перемешивающим устройством в виде аэрационной турбины. Ферментер снабжен также трубчатым теплообменником, расположенным в верхней части диффузора, и механическим устройством для пеногашения. Для дополнительной вертикальной циркуляции и лучшего перемешивания аэрационной среды аппарат дополнительно снабжен циркуляционным насосом, обеспечивающим внешний контур циркуляции. Аппарат предназначен для жидкофазных аэробных процессов ферментации и обеспечивает требуемый уровень массопередачи кислорода и перемешивания среды.

Однако к недостаткам аппарата следует отнести достаточно ограниченную зону турбулизации ферментационной среды, что не позволяет применять данную конструкцию с большим объемом аппарата (более 100-200 м³), а также высокие удельные затраты энергии. Так, на 1 кг переданного в ферментационную среду кислорода в таком аппарате затрачивается не менее 0,6-0,9 кВт. ч электроэнергии.

С целью интенсификации массообменных процессов в патенте США №4752564 предложен аппарат для производства микробных клеток, представляющий собой закрытый сосуд с устройствами подачи минерального питания, источника кислорода, источника углерода, системой контроля и регулирования пенообразования, а также теплообменным устройством. При этом, интенсификацию процесса ферментации обеспечивают за счет дополнительного введения в конструкцию аппарата вибрационного устройства, воздействующего на клетки с определенной частотой и интенсивностью.

Недостатком известного аппарата следует признать его эффективность лишь для малых объемов и стерильных ферментаций.

В патенте США №4204042 предложен метод для аэрации и перемешивания, реализуемый в аппарате, состоящем из двух сообщающихся емкостей. При этом стерильный воздух дискретно инжектируют в форме пузырей в одну из емкостей, что обеспечивает пульсационный эффект и ускорение процесса роста микроорганизмов.

Недостатком предложенного аппарата следует признать его эффективность только

для хорошо растворимых субстратов и невозможность обеспечения при переходе к большим объемам достаточной турбулизации ферментационной среды.

Другой принцип аэрации и перемешивания ферментационной среды реализует патент Великобритании №1353008. Используемый при этом аппарат выполнен из двух вертикально расположенных емкостей, между которыми организована циркуляция всей ферментационной среды за счет разности плотностей аэрированной и дегазированной жидкости. При этом аэрацию осуществляют за счет барботера, расположенного в нижней части одной из емкостей, причем отработанный газ, отделенный от жидкости в результате ее дегазации, выходит через верхний патрубок на другой вертикальной емкости, по которой вниз циркулирует дегазированная жидкость, проходя теплообменное устройство. Аппарат предназначен для работы с большими объемами ферментационной среды.

К недостаткам аппарата следует отнести недостаточную турбулизацию ферментационной среды, что не позволяет эффективно использовать малорастворимые субстраты и дисперсные среды для процессов ферментации, а также сравнительно низкую поверхность контакта фаз газ-жидкость, обусловленную коалесценцией поднимающихся пузырей. В связи с вышеизложенным скорость массопередачи в таком аппарате не превышает 3-4 кг О₂/м³. ч, что недостаточно, например, для высокопроизводительных процессов получения биомассы микроорганизмов.

В патенте США №4656138 предложен ферментер, имеющий аэратор, перемешивающее устройство, циркуляционную трубу и мембрану, а также камеру для распределения газового и жидкостного потока. Генерируемые в ферментере волны кавитации способствуют интенсификации процесса.

Однако предложенный аппарат сложно масштабировать, и, кроме того, он мало эффективен для больших объемов, например, 100 и более м³. В нем также не решены вопросы пеногашения.

В экономическом патенте DD №59549 представлена конструкция колонного ферментера струйного типа, имеющего расположенные по высоте аппарата секции, соединенные сливными трубками, в которые подведены газопроводные патрубки, обеспечивающие за счет эжекции подвод свежего воздуха на аэрацию. Интенсивное перемешивание среды в аппарате осуществляют путем внешнего циркуляционного контура с насосом. Аппарат может быть реализован на большие объемы 300 м³ и более.

Недостатком известного ферментера следует признать наличие значительных энергозатрат, связанных с перекачкой жидкости в вертикальном сосуде высоконапорным насосом. При этом, удельные энергозатраты на 1 кг О₂ в нем составляют не менее 0,7 кВт. ч. Кроме того, в нем не решены проблемы с пенообразованием, характерным для многих ферментационных сред.

Аппарат (ферментер) для аэробной жидкофазной ферментации на растворимых и дисперсных средах с использованием микроорганизмов, утилизирующих углеродсодержащий субстрат, и предусматривающий перемешивание и аэрацию ферментационной среды, был рассмотрен в работе (Olsen A.J. "Manufacture of bakers yeast by continuous culture", Chem. Ing. 1960, 416 p.). Аппарат содержит устройства для поддержания температуры среды, pH среды, концентрации растворенного кислорода, уровня пенообразования, уровня жидкости, а также устройства для подачи необходимых для жизнедеятельности микроорганизмов компонентов углеродного питания, в частности, мелассы. В аппарате предусмотрены устройства для подачи аэрирующего газа посредством его ввода в нижнюю воздушную камеру и диспергирования через воздушные трубки, а также устройство отбора ферментационной среды и патрубки для подачи компонентов минерального питания и подвода необходимых компонентов, в частности, кислоты, детергента и др. В конструкции аппарата также дополнительно предусмотрен теплообменник, выполненный в виде рубашки в нижней части цилиндрического корпуса аппарата.

Конструкция аппарата может быть использована для больших объемов, однако с увеличением размеров снижается эффективность массопередачи кислорода и турбулизации среды при перемешивании, увеличивается средний размер пузырьков воздуха. В связи с этим эффективность и производительность процессов аэробной ферментации в таком аппарате с увеличением его объема снижается.

Достигаемые показатели в таком аппарате составляют (для объема 100 м³): скорость массопередачи кислорода 2,5-3,5 кг О₂/м³. ч, а удельные энергозатраты 0,6-0,7 кВт. ч/кг О₂, что определяет его невысокую технико-экономическую эффективность.

Техническая задача, решаемая предложенным аппаратом для аэробной жидкофазной ферментации, состоит в повышении его эффективности за счет обеспечения высокой степени диспергирования аэрирующего газа в жидкость, эффективной турбулизации среды и повышение скорости массопередачи кислорода при снижении удельных энергозатрат на его транспорт в ферментационную среду.

Технический результат, получаемый при реализации предлагаемого аппарата, состоит в уменьшении энергозатрат на процесс аэробной ферментации, повышении производительности и выхода микробиологического процесса, а также обеспечении возможности создания аппаратов предложенной конструкции различного объема, в том числе до 100-300 м³ и более.

Для достижения указанного технического результата предложено использовать аппарат для аэробной жидкофазной ферментации на растворимых и дисперсных средах с использованием микроорганизмов, утилизирующих различные

углеродсодержащие субстраты, предусматривающий перемешивание и аэрацию ферментационной среды и имеющий устройства для поддержания температуры среды, pH среды, концентрации растворенного кислорода, уровня пенообразования, уровня жидкости, а также устройства для подачи необходимых для жизнедеятельности микроорганизмов компонентов углеродного и минерального питания, аэрирующего газа, отбора ферментационной среды и пеногашения, и представляющий собой корпус с крышкой и днищем, снабженный патрубками для подвода и отвода необходимых компонентов процесса жидкофазной аэробной ферментации и теплообменным устройством, причем в центральной части корпуса аппарата, имеющего цилиндрическую форму, выполнено углубление, у стенок которого тангенциально расположены одна или более труб, входы которых сообщены с объемом корпуса, а выходы соединены с дополнительно введенными побудителями перекачки жидкости, при этом выходы указанных побудителей жидкости соединены патрубками с входами эжектирующих устройств, каждое эжектирующее устройство имеет в своем входном сечении более одного конфузора и снабжено патрубком для подачи аэрирующего газа, а выходы эжектирующих устройств, выполненные в виде диффузора, расположены в нижней части поверхности корпуса и направлены тангенциально относительно вертикальной оси корпуса. Предпочтительно, эжектирующие устройства имеют конфузоры со смежным углом от 15 до 40°, причем доля входного свободного сечения для прохода жидкостного потока составляет от 20 до 70%, а наиболее предпочтительно, доля входного свободного сечения для прохода жидкостного потока составляет от 40 до 60%. Обычно, эжектирующие устройства бывают подключены посредством патрубков к выходам побудителей перекачки жидкости параллельно и каждое эжектирующее устройство снабжено патрубком для ввода аэрирующего газа. Однако возможен вариант, когда эжектирующие устройства бывают подключены посредством патрубков к выходам побудителей перекачки жидкости последовательно и каждое эжектирующее устройство снабжено патрубком для ввода аэрирующего газа. Преимущественно, соотношение диаметра входного патрубка для перекачки жидкости в эжектирующее устройство и входного диаметра конфузора составляет 1/10-1/100, но наиболее предпочтительно, соотношение диаметра входного патрубка для перекачки жидкости в эжектирующее устройство и входного диаметра конфузоров составляет 1/5-1/50. Обычно патрубки для ввода аэрирующего газа в эжектирующие устройства соединены с атмосферой. При этом обычно патрубки для ввода аэрирующего газа в эжектирующие устройства соединены с выходами средств стерилизации аэрирующего газа, входы которых соединены с выходами устройств для подачи аэрирующего газа. Предпочтительно выход каждого эжектирующего устройства бывает направлен встречно относительно направлению труб, расположенных у стенок углубления корпуса. В предпочтительном

варианте реализации указанные побудители перекачки жидкости бывают выполнены в виде осевых насосов низкого давления. Обычно в аппарате бывает использован теплообменник, выполненный в виде пластин или труб, расположенных с зазором на внутренней цилиндрической поверхности аппарата и/или на днище, кроме центральной части корпуса с углублением. В этом случае в наиболее предпочтительном варианте теплообменник бывает расположен вне корпуса аппарата и соединен с ним циркуляционным контуром. Преимущественно крышка аппарата бывает выполнена конической и снабжена управляемым средством для отвода отработанного газа. Предпочтительно в этом случае реализации выход управляемого средства для отвода отработанного газа подключают к входу устройства для очистки отходящего газа. В наиболее предпочтительном варианте реализации аппарата устройство пеногашения выполнено в виде сетки, расположенной горизонтально относительно вертикальной оси корпуса, причем расстояние ее от днища составляет от 1/2 до 2/3 высоты цилиндрической части корпуса аппарата. В этом случае указанное устройство пеногашения может дополнительно содержать один или более патрубков для забора пены, расположенных над сеткой и подсоединенных к одному или нескольким патрубкам для ввода аэрирующего газа в эжектирующие устройства. Конструктивно аппарат выполнен с возможностью использования в процессе аэробной ферментации дрожжей, грибов, бактерий. В любом из вариантов реализации аппарат предназначен для ферментационной переработки жидких сред, содержащих спирты, сахара, углеводороды, органические кислоты.

В дальнейшем предложенный аппарат для аэробной жидкофазной ферментации на растворимых и дисперсных средах будет рассмотрен со ссылками на иллюстративный материал, где на фиг.1 приведен общий вид аппарата в разрезе, а на фиг.2 приведен вид сверху варианта с тремя осевыми насосами, на фиг.3 - вид сверху варианта с шестью насосами, на фиг.4 и фиг.5 - вертикальные разрезы типового аппарата в различных вариантах реализации. На графическом материале использованы следующие обозначения: корпус 1, днище 2, крышка 3, устройство 4 поддержания температуры среды, устройство 5 поддержания pH среды, устройство 6 поддержания концентрации растворенного кислорода, устройство 7 поддержания уровня пенообразования, устройство 8 поддержания уровня жидкости, устройство 9 подачи необходимых для жизнедеятельности микроорганизмов компонентов углеродного питания, устройство 10 подачи необходимых для жизнедеятельности микроорганизмов компонентов минерального питания, устройство 11 подачи аэрирующего газа, устройство 12 отбора ферментационной среды, устройство 13 пеногашения, патрубки 14 подвода необходимых компонентов процесса жидкофазной аэробной ферментации, теплообменное устройство 15, центральная часть 16 корпуса аппарата, углубление 17 у стенок центральной части,

трубы 18, побудители 19 перекачки жидкости, эжектирующие устройства 20, конфузоры 21, патрубок 22 для подачи аэрирующего газа в эжектирующее устройство 20, диффузор 23, клапан 24, воздушный стерилизационный фильтр 25, циркуляционный контур 26, насос 27, биофильтр 28.

В одном из вариантов реализации аппарат геометрическим объемом 50 м³ выполнен следующим образом (фиг.4): цилиндрический корпус 1 с днищем 2 и крышкой 3 полностью выполнен из нержавеющей стали и имеет в дне центральной части 16 углубление 17, у стенок которого тангенциально расположена одна труба 18, также выполненная из нержавеющей стали, выход которой соединен с побудителем 19 перекачки жидкости - осевым насосом, имеющим производительность 2500 м³/ч по перекачиваемой жидкости и напор 3 м водяного столба. Выход побудителя 19 перекачки жидкости подсоединен металлическими патрубками диаметром 250 мм к входу в эжектирующие устройства 20, подключенные параллельно и имеющие во входном сечении конфузоры 21 с входным диаметром 5 мм и смежным углом 20° с долей свободного сечения для прохода жидкости 45%. В каждом эжектирующем устройстве 20 установлен тефлоновый патрубок 22 для подачи аэрирующего газа - воздуха, соединенный с выходом из воздушного стерилизационного фильтра 25, что обеспечивает подачу стерильного воздуха на аэрации в аппарат через эжектирующее устройство 20 в виде мелкодисперсных пузырей. Выходы от двух эжектирующих устройств 20 выполнены в виде диффузоров 23 и расположены в нижней части корпуса 1 аппарата тангенциально и встречно относительно направления труб, расположенных у стенок углубления 17 корпуса 1 аппарата, что обеспечивает эффективную турбулизацию и диспергирование фаз. Аппарат снабжен пластинчатым теплообменным устройством 15, расположенным у внутренней цилиндрической поверхности корпуса 1 аппарата. Аппарат также снабжен клапаном 24 для регулируемого отвода отработанного газа, который в свою очередь подключен к биофильтру 28 для очистки выходящего газа. Аппарат содержит устройство 5 поддержания pH среды, устройство 4 поддержания температуры среды, устройство 6 поддержания растворенного кислорода, устройство 7 поддержания уровня пенообразования, устройство 8 поддержания уровня жидкости, а также устройства 9 и 10 (дозировочные насосы) для подачи компонентов углеродного и минерального питания, и устройство 12 отбора ферментационной среды из аппарата. Аппарат предназначен для проведения периодической или непрерывной жидкофазной ферментации на средах, содержащих сахара, спирты, углеводороды и органические кислоты с применением дрожжей, бактерий или грибов.

Аппарат геометрическим объемом 300 м³ выполнен (фиг.3 и фиг.5) в виде железобетонной конструкции диаметром 8,0 м с углублением 17 в днище 2 в центральной части корпуса 1 диаметром 3,0 м и глубиной 1,0 м, которое расположено ниже уровня

земли, причем в нем расположены тангенциально шесть полихлорвиниловых труб 18, обеспечивающих вход жидкости из объема аппарата к побудителям 19 перекачки жидкости, в качестве которых использованы шесть осевых насосов производительностью 3000 м³ жидкости в час каждый и напором 5 м водяного столба. Выход каждого насоса соединен силиконовым патрубком диаметром 500 мм с одним эжектирующим устройством 20, имеющим в своем входном сечении конфузوری 21 с входным диаметром 20 мм и смежным углом 35°, причем доля входного свободного сечения для прохода жидкости составляет 55%. В четырех из шести эжектирующих устройств 20 установлены полихлорвиниловые патрубки 22, соединенные с устройством 11 для подачи воздуха на аэрацию. Выход каждого из шести эжектирующих устройств 20 выполнен в виде диффузора и расположен в нижней цилиндрической части корпуса 1 аппарата тангенциально и направлен в противоположенную сторону относительно направления труб 18 для отбора ферментационной среды в углублении корпуса. Аппарат снабжен трубчатым теплообменником 15, расположенным вне корпуса 1 и соединенным с аппаратом циркуляционным контуром 26 с центробежным насосом 27 для циркуляции среды через теплообменник 15 в корпус 1 аппарата. На высоте 2/3 от высоты цилиндрической части корпуса 1 аппарата расположено устройство 13 для пеногашения в виде металлической сетки, над ней установлены два патрубка из нержавеющей стали для забора излишне образующейся пены устройства 7, причем их выходы подключены к входам патрубков 22 для ввода аэрирующего газа, установленных в остальных двух эжектирующих устройствах 20. Аппарат содержит также устройство 4 поддержания температуры среды, устройство 5 поддержания pH среды, устройство 6 поддержания концентрации растворенного кислорода, устройство 8 поддержания уровня жидкости, устройство 9 подачи необходимых для жизнедеятельности микроорганизмов компонентов углеродного питания, устройство 10 подачи необходимых для жизнедеятельности микроорганизмов компонентов минерального питания, а также устройством 12 для отбора среды. Аппарат предназначен для процессов аэробной очистки сточных вод от различных производств, процессов ферментационной переработки послеспиртовой барды, гидролизатов древесины и растительного сырья.

Предложенная конструкция аппарата в любом из вариантов использования работает следующим образом.

Первоначально в корпус 1 через патрубки 14 и устройства 9 и 10 подают разово минеральные и углеродсодержащие компоненты питательной среды в водном растворе. С использованием устройства 4 поддержания температуры среды, устройства 5 поддержания pH среды, устройства 6 поддержания концентрации растворенного кислорода создают условия, предшествующие засеванию микроорганизмов, используемых при переработке загружаемого в аппарат сырья, и

заполняют с использованием циркуляционного насоса 27, подключенного через циркуляционный контур к аппарату, объем углубления 17 центральной части аппарата. Из средства выращивания и/или хранения чистой культуры микроорганизмов посредством насоса 27 в аппарат разово подают засевную культуру микроорганизмов.

Включают побудители расхода жидкости 19, на входы которых по патрубкам 18 из углубления 17 аппарата поступает ферментационная среда, и осуществляют аэрацию и перемешивание указанной среды с использованием эжектирующих устройств 20, имеющих входные конфузوری 21. Воздух на аэрацию поступает в эжектирующие устройства 20 по патрубкам 22 через стерилизующие фильтры 25 в виде мелкодисперсной газожидкостной эмульсии через выходные диффузоры 23, расположенные у внутренних стенок корпуса 1 аппарата тангенциально. Посредством кинетической энергии газожидкостных струй обеспечивают вращение, аэрацию и турбулизацию питательной среды в аппарате. По мере накопления концентрации микроорганизмов в объеме углубления 1 аппарата посредством насоса 27 в аппарат подают растворы компонентов питания и доводят объем жидкости в аппарате до заданного устройством 8 поддержания уровня жидкости, при этом за счет перекачивания среды посредством циркуляционного контура 26 через теплообменное устройство 15 обеспечивают поддержание заданной устройством 4 температуры среды в аппарате. Расположенное над уровнем жидкости устройство 13 для пеногашения, выполненное в виде сетки, обеспечивает стабилизацию пенообразования за счет вращательного движения жидкости у поверхности сетки. В случае обильного пенообразования ферментационной среды излишнюю пену удаляют с использованием устройств 7, выполненных в виде заборных патрубков и подключенных к патрубку 22 подачи воздуха в эжектирующее устройство 20. Отработанный воздух из аппарата через биофильтр 28 выходит в атмосферу.

В непрерывном режиме ферментации в аппарат постоянно вводят водные растворы компонентов минерального и углеродного питания через устройства 9, 10 и циркуляционный насос 27, а также постоянно осуществляют отбор ферментационной среды с использованием устройства 12, в качестве которого предпочтительно используют дозирующий насос.

При использовании аппарата для очистки сточных вод загрязненный поток непрерывно поступает через циркуляционный насос 27 в корпус 1 аппарата, где за счет жизнедеятельности аэробной популяции микроорганизмов происходит утилизация загрязнений. Очищенный поток непрерывно выводят из аппарата.

В дальнейшем предложенная конструкция аппарата будет рассмотрена с использованием конкретных примеров реализации микробиологических процессов, которые могут быть осуществлены на любом из вариантов реализации предложенного аппарата.

1. В аппарате указанной конструкции с геометрическим объемом 50

м³ осуществляют периодический процесс микробиологического синтеза лимонной кислоты. В качестве микробной культуры - продуцента лимонной кислоты используют штамм грибов *Aspergillus Niger*. Культуру продуцента выращивают на питательной среде, содержащей: хлористый аммоний - 2 г/л, фосфорнокислый калий однозамещенный - 1,5 г/л, сернокислый цинк семиводный - 0,005 г/л, сернокислый магний семиводный - 0,5 г/л, а также как источник углерода - сахар-сырец, вносимый по ходу периодического процесса дробно в общем количестве 10% от массы ферментационной среды. Перемешивание и аэрацию среды в аппарате осуществляют за счет подачи газожидкостного потока из эжектирующего устройства в объем аппарата, при этом кратность циркуляции среды через эжектирующее устройство составляет 2 мин. Уровень аэрации среды за счет подачи воздуха, прошедшего воздушный фильтр, через эжектирующее устройство составляет 1,1 м³/м³. мин. В аппарате поддерживают температуру среды 30° С за счет циркуляции среды через внешний трубчатый теплообменник. Эффективное перемешивание всего объема среды и диспергирование пузырьков воздуха обеспечивают интенсивное накопление лимонной кислоты и через четверо суток после внесения засевной культуры в аппарат концентрация лимонной кислоты достигает 100-105 г/л.

2. В аппарате указанной конструкции объемом 100 м³ с использованием бактериальных культур *Propionobacterium freudenreichii* и *Lactobacillus casei* и углеводсодержащего субстрата - сконцентрированной молочной сыворотки, содержащей 14-16 мас.% сухих веществ, осуществляют непрерывный процесс биосинтеза белково-витаминного продукта. Выращивание проводят при температуре 32° С и pH 6,6 при удельной скорости потока среды 0,09 ч⁻¹. Аэрацию и перемешивание среды осуществляют за счет трех эжектирующих устройств, подсоединенных к трем осевым насосам, производительностью по 2000 м³/ч. Получаемую в процессе ферментации биосуспенсию непрерывно отводят из аппарата на последующие стадии, включая сушку. В конечном продукте содержание протеина составляет 25% к сухому веществу.

3. В аппарате указанной конструкции геометрическим объемом 160 м³ проводят непрерывный процесс ферментации и получения белкового кормового продукта с использованием в качестве крахмалсодержащего субстрата растительного сырья, а именно, муку ржи, предварительно прошедшую терморегентную обработку. В качестве штамма-продуцента белка применяют дрожжевой штамм *Saccharomycopsis fibuligera*. Питательная среда содержит: мука - 10 мас.%, сернокислый аммоний 10 г/л, калий фосфорнокислый 2,0 г/л, магний сернокислый 1,0 г/л. Выращивание происходит при удельной скорости потока среды 0,1 ч⁻¹, температуре 33° С и pH 5,5. Турбулизацию и аэрацию среды обеспечивают за счет подачи газожидкостного

потока из четырех эжектирующих устройств, подсоединенных к четырем осевым насосам, производительностью по 2500 м³/ч. Уровень аэрации среды составляет 1,5 м³/м³. мин. Для предотвращения избыточного пенообразования в аппарате над уровнем жидкости, занимающей объем 100 м³, установлена полимерная сетка, над которой расположен патрубок для забора излишней пены с подачей ее на вход патрубка для аэрирующего воздуха одного из эжекторов. Производительность аппарата составляет 20 т/сутки (в пересчете на сухой продукт) по кормовому продукту, содержащему 45 мас.% протеина, витамины группы В и микроэлементы. Выход продукта от исходного сырья составляет 82%. Удельные энергозатраты в процессе ферментации составляют 0,35 кВтч/кг получаемого белкового продукта.

4. В аппарате указанной конструкции объемом 300 м³ проводят непрерывный процесс микробиологической переработки послеспиртовой барды с получением кормового белкового продукта. Исходная послеспиртовая барда представляет собой дисперсную среду и содержит: сбраженные углеводы (декстрины) - 1,5 мас.%, несбраженные углеводы (пентазаны) - 2 мас.%, клетчатка - 3 мас.%, органические кислоты - 0,5 мас.%, этиловый спирт - 1,2 мас.%, всего сухих веществ в послеспиртовой барде 5,9 мас.%. В ферментационную среду добавляют сульфат аммония в концентрации 5 г/л, железо сернокислое семиводное 0,1 г/л, цинк сернокислый семиводный 0,05 г/л. В качестве продуцента белка используют ассоциацию культур: грибной *Endomycopsis fibuligera*, дрожжевой *Pichia carsonii* и бактериальной *Rhodococcus erythropolis*. Процесс ферментации проводят непрерывно при удельной скорости потока среды 0,08 ч⁻¹, поддерживая температуру 32-34° С и pH 5,0. Корпус аппарата выполнен из нержавеющей стали, а нижнее углубление расположено ниже уровня земли. Аппарат снабжен четырьмя эжектирующими устройствами, подключенными к четырем осевым насосам, а также внутренним теплообменником, расположенным в нижней цилиндрической части корпуса. Производительность аппарата (в расчете на сухой продукт) составляет 25 т/сутки, при этом, содержание протеина в продукте составляет 55%. Удельные энергозатраты в процессе ферментации составляют 0,33 кВтч/кг продукта.

5. В аппарате указанной конструкции геометрическим объемом 400 м³, выполненном из железобетона и снабженном шестью эжектирующими устройствами и шестью осевыми насосами, проводят процесс аэробной биологической очистки сточных вод. Сточные воды промышленного производства содержат фенольные, этилацетатные, метанольные, уксусные и углеводородные загрязнители. В процессе очистки используют природную ассоциацию микроорганизмов. Величина БПК, поступающих на очистку сточных вод, составляет 3000 мгО₂/дм³. Процесс проводят непрерывно при температуре 28-30° С и скорости потока среды 0,03 ч⁻¹. Достижимая в одном аппарате в непрерывном процессе степень очистки,

рассчитанная по снижению БПК, составляет 98%.

Приведенные примеры не ограничивают возможности применения предлагаемого аппарата для осуществления процессов жидкофазной ферментации.

В аппарате предложенной конструкции за счет интенсивной турбулизации среды и диспергирования воздуха обеспечивается высокая скорость массопереноса кислорода и достигаются высокая степень очистки загрязнений из сточных вод или высокий выход целевого продукта.

Формула изобретения:

1. Аппарат для аэробной жидкофазной ферментации на растворимых и дисперсных средах с использованием микроорганизмов, утилизирующих различные углеродсодержащие субстраты, предусматривающий перемешивание и аэрацию ферментационной среды и имеющий устройство для поддержания температуры среды, pH среды, концентрации растворенного кислорода, уровня пенообразования, уровня жидкости, а также устройства для подачи необходимых для жизнедеятельности микроорганизмов компонентов углеродного и минерального питания, аэрирующего газа, отбора ферментационной среды и пеногашения, представляющий собой корпус с крышкой и днищем, снабженный патрубками для подвода и отвода необходимых компонентов процесса жидкофазной аэробной ферментации и теплообменным устройством, отличающийся тем, что в центральной части корпуса аппарата, имеющего цилиндрическую форму, выполнено углубление, у стенок которого тангенциально расположены одна или более труб, входы которых сообщены с объемом корпуса, а выходы соединены с дополнительно введенными побудителями перекачки жидкости, причем выходы указанных побудителей жидкости соединены патрубками с входами эжектирующих устройств, при этом каждое эжектирующее устройство имеет в своем входном сечении более одного конфузора и снабжено патрубком для подачи аэрирующего газа, а выходы эжектирующих устройств, выполненные в виде диффузора, расположены в нижней части поверхности корпуса и направлены тангенциально относительно вертикальной оси корпуса.

2. Аппарат по п.1, отличающийся тем, что эжектирующие устройства имеют конфузоры со смежным углом 15 - 40°, причем доля входного свободного сечения для прохода жидкостного потока составляет 20 - 70%.

3. Аппарат по п.2, отличающийся тем, что доля входного свободного сечения для прохода жидкостного потока составляет 40 - 60%.

4. Аппарат по п.1, отличающийся тем, что эжектирующие устройства подключены посредством патрубков к выходам побудителей перекачки жидкости параллельно и каждое эжектирующее устройство снабжено патрубком для ввода аэрирующего газа.

5. Аппарат по п.1, отличающийся тем, что эжектирующие устройства подключены посредством патрубков к выходам побудителей перекачки жидкости последовательно и каждое эжектирующее

устройство снабжено патрубком для ввода аэрирующего газа.

6. Аппарат по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что соотношение диаметра входного патрубка для перекачки жидкости в эжектирующее устройство и входного диаметра конфузоров составляет 1/10-1/100.

7. Аппарат по п.6, отличающийся тем, что соотношение диаметра входного патрубка для перекачки жидкости в эжектирующее устройство и входного диаметра конфузоров составляет 1/5-1/50.

8. Аппарат по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что патрубки для ввода аэрирующего газа в эжектирующие устройства соединены с атмосферой.

9. Аппарат по любому из пп.1-8, отличающийся тем, что патрубки для ввода аэрирующего газа в эжектирующие устройства соединены с выходами средств стерилизации аэрирующего газа, входы которых соединены с выходами устройств для подачи аэрирующего газа.

10. Аппарат по любому из пп.1-9, отличающийся тем, что выход каждого эжектирующего устройства направлен встречно относительно направления труб, расположенных у стенок углубления корпуса.

11. Аппарат по любому из пп.1-10, отличающийся тем, что указанные побудители перекачки жидкости выполнены в виде осевых насосов низкого давления.

12. Аппарат по любому из пп.1-11, отличающийся тем, что теплообменник выполнен в виде пластин или труб, расположенных с зазором на внутренней цилиндрической поверхности аппарата и/или на днище, кроме центральной части корпуса с углублением.

13. Аппарат по п.12, отличающийся тем, что теплообменник расположен вне корпуса аппарата и соединен с ним циркуляционным контуром.

14. Аппарат по любому из пп.1-13, отличающийся тем, что крышка выполнена конической и снабжена управляемым средством для отвода отработанного газа.

15. Аппарат по п.14, отличающийся тем, что выход управляемого средства для отвода отработанного газа подключен к входу устройства для очистки отходящего газа.

16. Аппарат по любому из пп.1-15, отличающийся тем, что устройство пеногашения выполнено в виде сетки, расположенной горизонтально относительно вертикальной оси корпуса, причем расстояние ее от днища составляет от 1/2 до 2/3 высоты цилиндрической части корпуса аппарата.

17. Аппарат по п.16, отличающийся тем, что устройство пеногашения содержит дополнительно один или более патрубков для забора пены, расположенных над сеткой и подсоединенных к одному или нескольким патрубкам для ввода аэрирующего газа в эжектирующие устройства.

18. Аппарат по любому из пп.1-17, отличающийся тем, что он выполнен с возможностью использования в процессе аэробной ферментации дрожжей, грибов, бактерий.

19. Аппарат по любому из пп.1-18, отличающийся тем, что он предназначен для ферментационной переработки жидких сред, содержащих спирты, сахара, углеводороды,

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

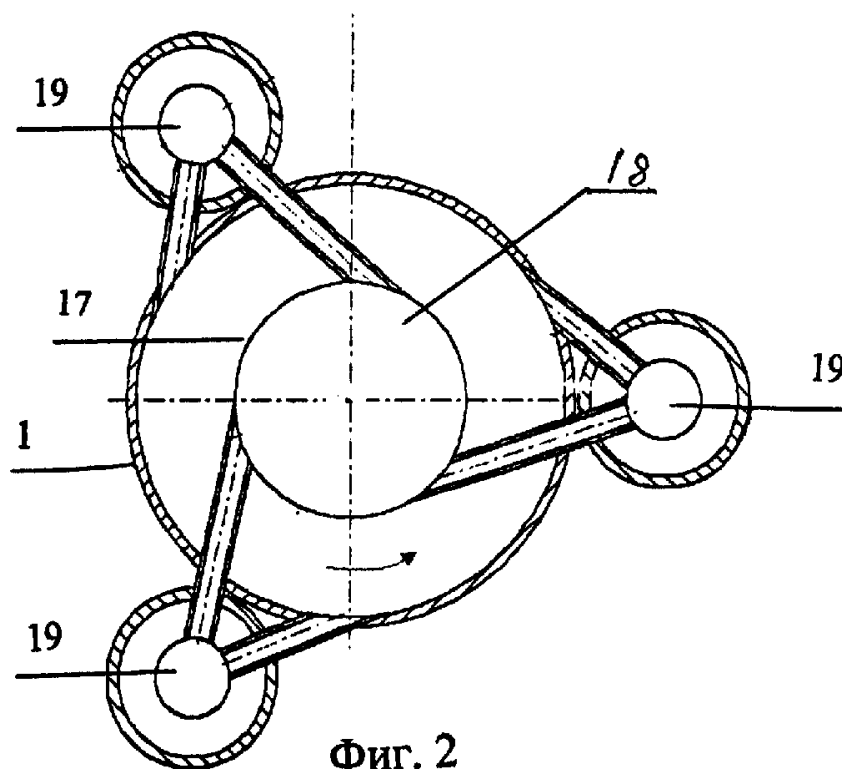
55

60

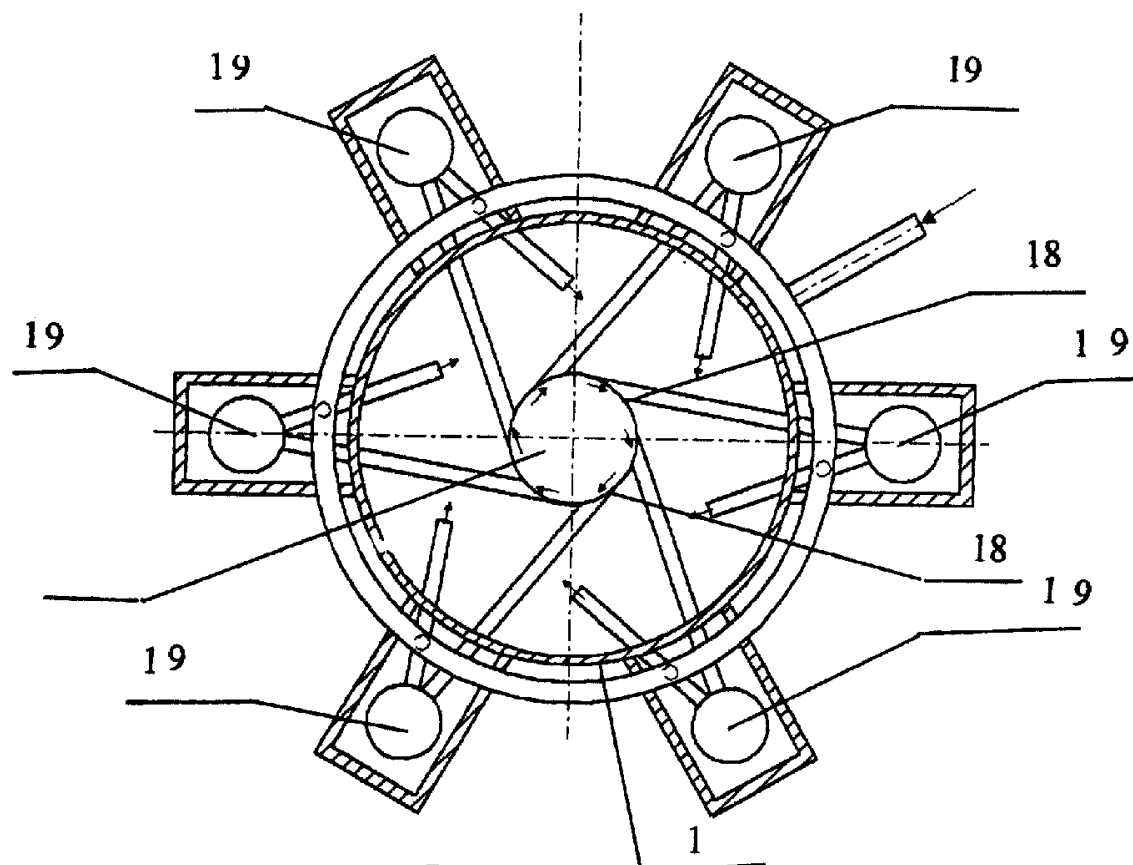
-9-

RU 2 2 3 6 4 5 1 C 1

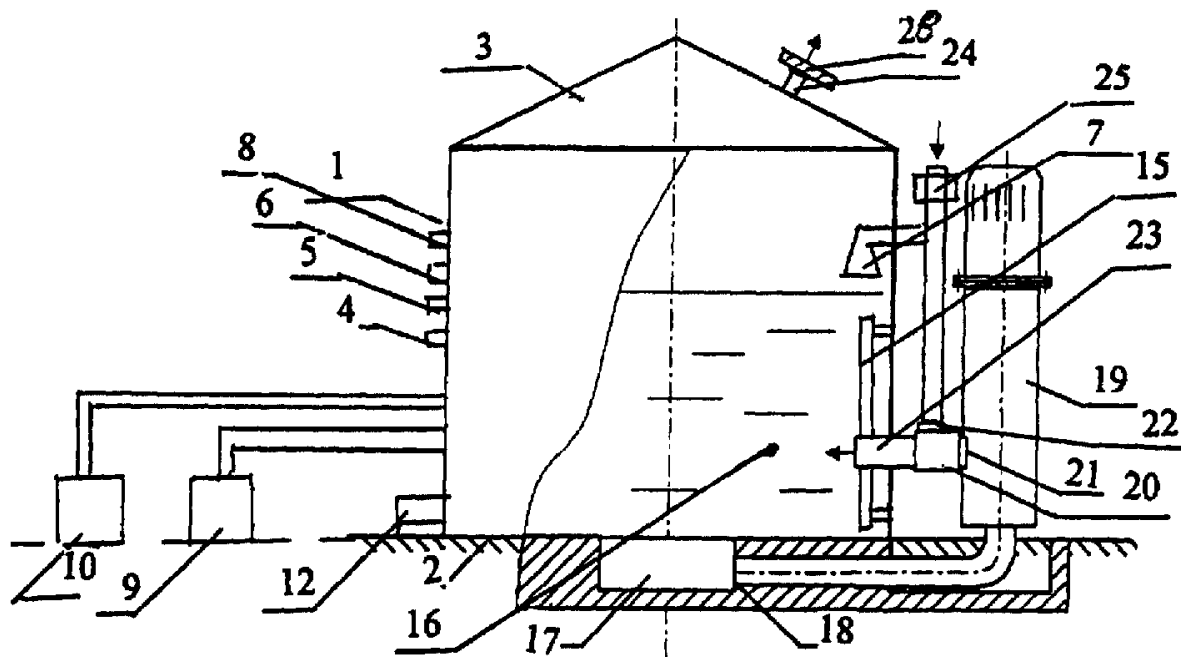
RU ? 2 3 6 4 5 1 C 1



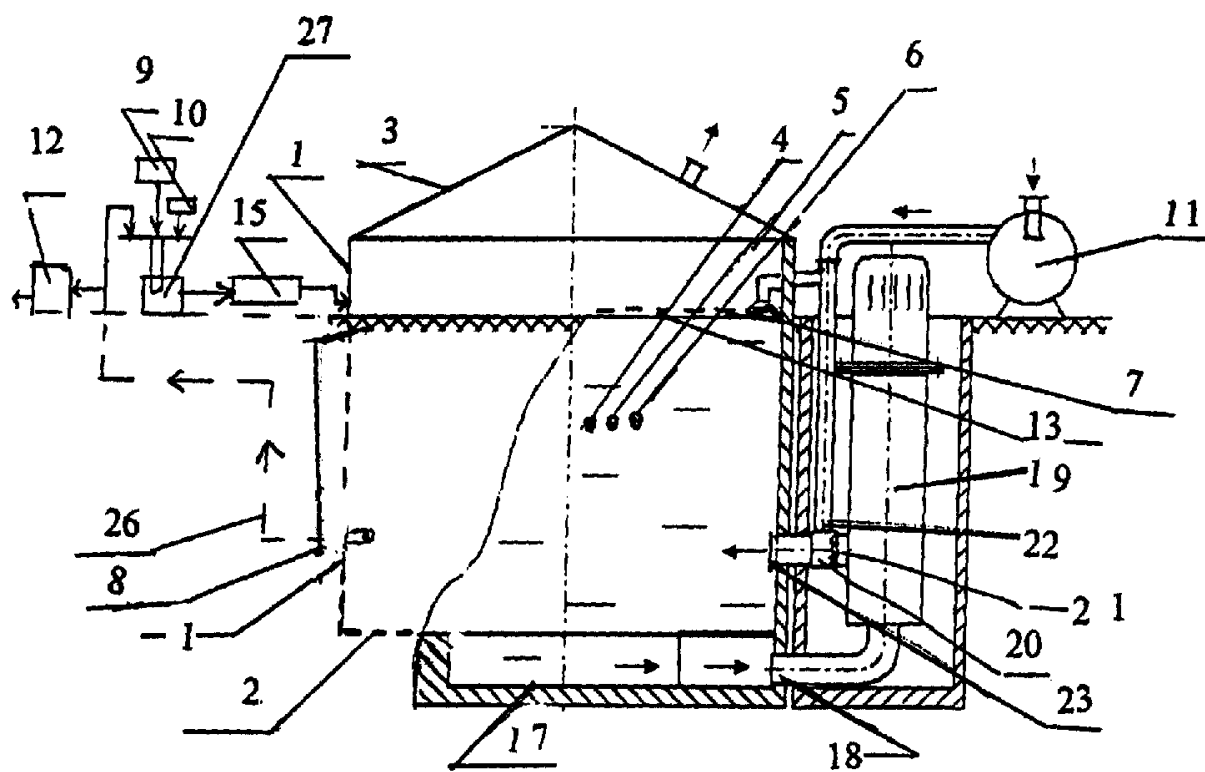
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5