



(51) МПК
C12M 1/00 (2006.01)
C12M 1/04 (2006.01)
C12M 1/06 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
C12M 1/00 (2025.01); *C12M 1/04* (2025.01); *C12M 1/06* (2025.01)

(21)(22) Заявка: 2024107877, 25.03.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.03.2024

Дата регистрации:
30.04.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.03.2024

(45) Опубликовано: 30.04.2025 Бюл. № 13

Адрес для переписки:

394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков,
54А, ВУНЦ ВВС "ВВА", Центр ОНР и ПНПК

(72) Автор(ы):

Шевцов Александр Анатольевич (RU),
 Сердюкова Наталья Алексеевна (RU),
 Зотов Родион Леонидович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное казенное
 военное образовательное учреждение
 высшего образования "Военный
 учебно-научный центр Военно-воздушных
 сил "Военно-воздушная академия имени
 профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.
 Гагарина" (г. Воронеж) Министерства
 обороны Российской Федерации (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2650804 C1, 17.04.2018. RU
 2586534 C1, 10.06.2016. SU 1693064 A1,
 23.11.1991. RU 2363728 C1, 10.08.2009. US
 2098962 A, 16.11.1937.

(54) БИОРЕАКТОР ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ АВТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к пленочным аппаратам для культивирования автотрофных микроскопических организмов и может быть использовано в микробиологической, комбикормовой, фармацевтической, химической и других отраслях промышленности. Биореактор содержит цилиндрический корпус, разделенный горизонтальными перегородками на секции ввода, освещения с внутренней зеркальной поверхностью и вывода культуральной жидкости; пленкообразующие устройства; прозрачную рециркуляционную трубу, расположенную в секции освещения; патрубки для ввода и вывода охлаждающего воздуха; барботажное устройство; вал, расположенный внутри рециркуляционной трубы с закрепленным на нем роторным нагнетателем; рамные мешалки и импеллерную мешалку. Прозрачная рециркуляционная труба установлена с возможностью вращения. В

горизонтальных перегородках выполнены углубления цилиндрической формы, в которых установлены прозрачные трубы с возможностью вращения относительно оси симметрии. В секции освещения коаксиально установлены две лампы накаливания. На прозрачные трубы и на прозрачную рециркуляционную трубу между лампами накаливания установлены пластиковые зубчатые шестеренки, кинематические пары которых при зацеплении образуют цилиндрические зубчатые передачи крутящего момента от прозрачной рециркуляционной трубы к прозрачным трубкам. В прозрачной рециркуляционной трубе вырезаны окна для перетока культуральной жидкости из прозрачной рециркуляционной трубы в секцию ввода. Биореактор позволяет повысить выход готовой биомассы за счет увеличения давления пленки жидкости к стенкам прозрачных трубок от

R U 2 8 3 9 3 7 5 C 1

R U 2 8 3 9 3 7 5 C 1

R U 2 8 3 9 3 7 5 C 1

воздействия центробежной силы, что обеспечивает надежный контакт газа с жидкостью и предотвращает срыв пленки жидкости в

условиях изменяющейся концентрации биомассы по высоте прозрачных трубок. 1 ил.

R U 2 8 3 9 3 7 5 C 1



(51) Int. Cl.
C12M 1/00 (2006.01)
C12M 1/04 (2006.01)
C12M 1/06 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

C12M 1/00 (2025.01); *C12M 1/04* (2025.01); *C12M 1/06* (2025.01)

(21)(22) Application: 2024107877, 25.03.2024

(24) Effective date for property rights:
25.03.2024

Registration date:
30.04.2025

Priority:

(22) Date of filing: 25.03.2024

(45) Date of publication: 30.04.2025 Bull. № 13

Mail address:
394064, g. Voronezh, ul. Starykh Bolshevikov, 54A,
VUNTS VVS "VVA", Tsentr ONR i PNPK

(72) Inventor(s):

Shevtsov Aleksandr Anatolevich (RU),
Serdyukova Natalya Alekseevna (RU),
Zotov Rodion Leonidovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe kazennoe voennoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Voennyj uchebno-nauchnyj tsentr
Voenno-vozdushnykh sil "Voenno-vozdushnaya
akademiya imeni professora N.E. Zhukovskogo
i Y.U.A. Gagarina" (g. Voronezh) Ministerstva
oborony Rossijskoj Federatsii (RU)

(54) BIOREACTOR FOR CULTIVATION OF AUTOTROPHIC MICROORGANISMS

(57) Abstract:

FIELD: chemistry; biotechnology.

SUBSTANCE: invention relates to film apparatus for culturing autotrophic microscopic organisms and can be used in microbiological, feedstuff, pharmaceutical, chemical and other industries. Bioreactor comprises a cylindrical housing divided by horizontal partitions into sections for inlet, illumination with an inner mirror surface and outlet of the culture fluid; film-forming devices; transparent recirculation pipe located in the lighting section; cooling air inlet and outlet branch pipes; bubbling device; shaft located inside recirculation pipe with rotary supercharger fixed on it; frame mixers and impeller mixer. Transparent recirculation pipe is installed with possibility of rotation. In horizontal partitions there are cavities of cylindrical shape, in which transparent tubes are installed with possibility of rotation relative to axis of symmetry. Two

incandescent lamps are installed coaxially in the lighting section. On transparent tubes and on transparent recirculation tube between incandescent lamps there are plastic gears, kinematic pairs of which, when engaged, form cylindrical gear transmissions of torque from transparent recirculation pipe to transparent tubes. Openings are cut out in the transparent recirculation tube for the culture fluid overflow from the transparent recirculation tube into the inlet section.

EFFECT: bioreactor allows to increase output of finished biomass due to increase of pressure of liquid film to walls of transparent tubes from action of centrifugal force, which provides reliable contact of gas with liquid and prevents stripping of liquid film in conditions of varying concentration of biomass along height of transparent tubes.

1 cl, 1 dwg

R U 2 8 3 9 3 7 5 C 1

R U 2 8 3 9 3 7 5 C 1

Изобретение относится к пленочным аппаратам для культивирования автотрофных микроскопических организмов и может быть использовано в микробиологической, комбикормовой, фармацевтической, химической и других отраслях промышленности.

Известен аппарат для культивирования автотрофных микроорганизмов [Пат.

- 5 №2586534 РФ, МПК C12M 1/00, C12N 1/00, C12M 1/36 / Шевцов А.А., Дранников А.В., Шабунина Е.А.; заявитель и патентообладатель Воронеж, гос. универ. инженерных технол. -№2014153346/13; заявл. 29.12.2014; опубл. 10.06.2016, Бюл. №16], содержащий цилиндрический корпус, разделенный горизонтальными перегородками на секции ввода, освещения с внутренней зеркальной поверхностью и вывода культуральной жидкости; прозрачные цилиндрические трубы, пропущенные вертикально через секции аппарата, каждая из которых снабжена винтовой спиралью из проволоки, закрепленной на ее внутренней поверхности; патрубки для ввода и вывода охлаждающего воздуха, пленкообразующее устройство; прозрачную рециркуляционную трубу, расположенную вертикально по оси симметрии аппарата в секции освещения; коаксиально установленную лампу накаливания для освещения вертикальных трубок и центральной рециркуляционной трубы; барботажное устройство с патрубком подачи смеси углекислого газа с воздухом; вал, расположенный внутри рециркуляционной трубы с закрепленным на нем роторным нагнетателем.
- 10
- 15

Однако данный аппарат имеет следующие недостатки:

- 20 - большой расход газовоздушной смеси, так как в конструкции не предусмотрен механический привод для роторного нагнетателя, и вращение осуществляется напором газовоздушной смеси;
- образование «застойных» зон в нижней части аппарата;
- большой расход электроэнергии, за счет того, что вращение роторного нагнетателя
- 25 создается напором газовоздушной смеси с помощью вентилятора;
- неравномерное перемешивание суспензии в секции вывода, так как отсутствуют рамные мешалки.

- Наиболее близким по технической сущности и достигаемому эффекту является биореактор (Пат. 2650804 РФ, C12M 1/02, C12M 1/06, C12M 1/14, C12M 1/38. Аппарат для культивирования автотрофных микроорганизмов / Дранников А.В., Шевцов А.А., Коптев Д.В., Тертычная Т.Н., Мажулина И.В., Мишинев К.В.; заявитель и патентообладатель Воронеж, гос. универ. инженерных технол. - № 2017108749, 16.03.2017; заявл. 16.03.2017; опубл. 17.04.2018, Бюл. №11), содержащий цилиндрический корпус, разделенный горизонтальными перегородками на секции ввода, освещения с внутренней зеркальной поверхностью и вывода культуральной жидкости; патрубки для ввода и вывода охлаждающего воздуха в секции освещения; прозрачные цилиндрические трубы, установленные в горизонтальных перегородках и содержащие пленкообразующие устройства и винтовые спирали из проволоки на внутренней поверхности; прозрачную рециркуляционную трубу, расположенную вертикально по оси симметрии аппарата;
- 30
 - 35
 - 40
 - 45
- коаксиально установленную лампу накаливания в секции освещения; вал с закрепленным на нем нагнетателем, расположенным в рециркуляционной трубе; рамные мешалки, совершающие планетарное вращение на лопастях, жестко связанных с валом в зоне секции вывода культуральной жидкости; импеллерную мешалку, закрепленную к валу в нижней части корпуса; барботажное устройство, выполненное в виде кольцевого коллектора по всему сечению аппарата.

Очевиден положительный эффект от применения известного изобретения, который заключается в том, что винтовая спираль обеспечивает вращательно-поступательное движение жидкости и за счет наличия центробежной силы, вызванной вращательным

движением пленки жидкости по спирали, позволяет удержать большое количество жидкости на внутренней поверхности трубок.

Известно, что механизм возникновения пузырьков газа в пленке обусловлен отрывом пограничного слоя при сбегании жидкости с выступов спирали, ведущим к образованию 5 циркуляционных вихрей во впадине и понижению статического давления внутри потока в сравнении с давлением на его поверхности [Современные тенденции совершенствования конструкций пленочных аппаратов для фотоавтотрофного биосинтеза светозависимых микроорганизмов / А.А. Шевцов, А.В. Дранников, А.В. Пономарев, Е.А. Шабунина // Вестник ВГУИТ. - 2016. - №3. - С. 68 - 76.].

10 Однако нельзя исключать и то, что давление над поверхностью пленки, создаваемой центробежной силой от вращательного движения пленки по спирали может быть меньше статического давления внутри потока, что может привести к срыву пленки с внутренней поверхности трубок. Образование пузырьков газа и их склонение при взаимодействии с пленкой культуральной жидкостью внутри выступов винтовой спирали приведет к 15 увеличению статического давления в пленке и ее срыву с поверхности трубок. Этот негативный эффект может сопровождаться изменением концентрации биомассы в жидкости по высоте прозрачных трубок. При этом нарушается равномерное обогащение пленки жидкости смесью воздуха с углекислым газом, что приводит к снижению интенсивности массообмена и уменьшению прироста биомассы при автотрофном 20 биосинтезе.

Возникает необходимость в увеличении давления пленки жидкости к стенкам прозрачных трубок от воздействия центробежной силы.

Техническая задача заключается в повышении выхода готовой биомассы.

Технический результат в решении поставленной задачи заключается в увеличении 25 давления пленки жидкости к стенкам прозрачных трубок от воздействия центробежной силы, что позволит обеспечить надежный контакт газа с жидкостью и предотвратить срыв пленки жидкости в условиях изменяющейся концентрации биомассы по высоте прозрачных трубок.

Поставленная техническая задача изобретения достигается тем, что в биореакторе 30 для культивирования автотрофных микроорганизмов, содержащем цилиндрический корпус, разделенный горизонтальными перегородками на секции ввода, освещения с внутренней зеркальной поверхностью и вывода культуральной жидкости; прозрачные трубы, установленные между горизонтальными перегородками; пленкообразующие устройства; винтовые спирали из проволоки на внутренней поверхности прозрачных 35 трубок; прозрачную рециркуляционную трубу, расположенную в секции освещения по оси симметрии биореактора; патрубки для ввода и вывода охлаждающего воздуха; коаксиально установленную лампу накаливания; барботажное устройство с патрубком подачи смеси углекислого газа с воздухом; вал, расположенный внутри рециркуляционной трубы с закрепленным на нем роторным нагнетателем; рамные 40 мешалки, совершающие планетарное вращение относительно вала; импеллерную мешалку, закрепленную к валу в нижней части корпуса, новым является то, что прозрачная рециркуляционная труба установлена с возможностью вращения; в горизонтальных перегородках выполнены углубления цилиндрической формы, в которых установлены прозрачные трубы с возможностью вращения относительно 45 оси симметрии; в секции освещения коаксиально установлены две лампы накаливания; а на прозрачные трубы и на прозрачную рециркуляционную трубу между лампами накаливания установлены пластиковые зубчатые шестеренки, кинематические пары которых при зацеплении образуют цилиндрические зубчатые передачи крутящего

момента от прозрачной рециркуляционной трубы к прозрачным трубкам; при этом в прозрачной рециркуляционной трубе вырезаны окна для перетока культуральной жидкости из прозрачной рециркуляционной трубы в секцию ввода.

На фигуре представлено конструктивное оформление биореактора для

⁵ культивирования автотрофных микроорганизмов.

Биореактор для культивирования автотрофных микроорганизмов состоит из корпуса 1 с крышкой 2, разделен горизонтальными перегородками 3 и 4 на секции ввода культуральной жидкости 5, секцию 6 с внутренней зеркальной поверхностью для освещения суспензии автотрофных микроорганизмов, и вывода культуральной жидкости ¹⁰ 7.

В горизонтальных перегородках выполнены углубления цилиндрической формы 8, в которых установлены прозрачные цилиндрические трубы 9 с пленкообразующими устройствами 10 и возможностью вращения относительно оси симметрии. По длине прозрачных цилиндрических трубок на их внутренней поверхности нанесена винтовая спираль из проволоки 11. Прозрачная рециркуляционная труба 12 выведена из биореактора и установлена в подшипнике 13, расположенному в крышке 2, с возможностью вращения во втулках скольжения 14, установленных в горизонтальных перегородках 3, 4.

В секции 6 с внутренней зеркальной поверхностью установлены две лампы

²⁰ накаливания 15 и 16 для освещения прозрачных цилиндрических трубок 9 и прозрачной рециркуляционной трубы 12.

На прозрачные трубы и на прозрачную рециркуляционную трубу установлены пластиковые зубчатые шестеренки 17, размещенные между лампами накаливания, кинематические пары которых при зацеплении зубчатых шестеренок образуют ²⁵ цилиндрические зубчатые передачи крутящего момента от прозрачной рециркуляционной трубы 12 к прозрачным цилиндрическим трубкам 9.

В секции вывода культуральной жидкости 7 размещено барботажное устройство 18, выполненное в виде кольцевого коллектора по всему сечению аппарата, с патрубком 19 подачи смеси углекислого газа и воздуха. Внутри рециркуляционной трубы 12 по ³⁰ всей высоте аппарата установлен вал 20 в опорном подшипнике 22, воспринимающем осевую нагрузку, и подшипнике 23, расположенным вверху рециркуляционной трубы 12.

На валу 20 в зоне вывода культуральной жидкости 7 закреплен роторный нагнетатель 24, направляющий культуральную жидкость из секции вывода культуральной жидкости ³⁵ через окна 25 рециркуляционной трубы 12 в секцию ее ввода 5; а также рамные мешалки 26, совершающие планетарное вращение относительно вала 20 за счет внутреннего зацепления 27, с импеллерной мешалкой 28.

На корпусе аппарата 1 размещены штуцера для ввода культуральной жидкости (суспензии автотрофного организма) 29 и вывода культуральной жидкости (готовой ⁴⁰ биомассы) 30 штуцера для ввода и вывода охлаждающего воздуха 31 и 32, штуцер для вывода отработанной смеси углекислого газа с воздухом 33.

Прозрачная рециркуляционная труба 12 и вал 20, расположенный внутри рециркуляционной трубы, вращаются от одного привода с помощью цилиндрических зубчатых передач 34 и 35.

⁴⁵ Биореактор для культивирования автотрофных микроорганизмов работает следующим образом.

Суспензия автотрофного микроорганизма поступает через штуцер 29 в камеру для ввода культуральной жидкости 5, проходит через кольцевой зазор пленкообразующих

устройств 10 и в виде жидкостной пленки стекает по внутренней поверхности прозрачных цилиндрических трубок 9. Обтекая витки винтовых спиралей 11, выполненных в виде канавки полукруглого сечения на внутренней стороне прозрачных цилиндрических трубок 9, жидкостная пленка в противотоке со смесью углекислого газа и воздуха, интенсивно взаимодействуют.

От вращения прозрачной рециркуляционной трубы 12 крутящий момент передается прозрачным трубкам посредством зубчатых цилиндрических передач 17, что создает условия для увеличения центробежной силы. Увеличение давления пленки культуральной жидкости к стенкам прозрачных трубок от воздействия центробежной силы позволит обеспечить надежный контакт газа с жидкостью и предотвратить срыв пленки жидкости в условиях изменяющейся концентрации биомассы по высоте прозрачных трубок.

На валу 20 в зоне вывода жидкости 7 на валу закреплен роторный нагнетатель 24, направляющий культуральную жидкость из секции вывода культуральной жидкости 7 через окна 25 рециркуляционной трубы 12 в секцию ее ввода 5.

При этом подача смеси углекислого газа с воздухом в биореактор осуществляется через патрубок 19 барботажного устройства 18, которое обеспечивает дополнительное насыщение жидкости углекислым газом в секции 7 и равномерное распределение потока газовоздушной смеси в прозрачных цилиндрических трубках 9.

В процессе освещения лампами накаливания 15 и 16 в секции 6 выделяется теплота, которая компенсируется подачей охлаждающего воздуха через штуцер 31 и его отводом через штуцер 32.

На выходе из цилиндрических трубок 9 насыщенная углекислым газом суспензия автотрофного микроорганизма поступает в секцию для вывода культуральной жидкости 7, где дополнительно насыщается газовоздушной смесью с помощью барботажного устройства 18 и в качестве готовой биомассы выводится через штуцер 30.

Синхронизированное вращение прозрачной рециркуляционной трубы, вала с роторным нагнетателем и прозрачных трубок позволит обеспечить интенсификацию массообмена между культуральной жидкостью и газовоздушной смесью за счет увеличения давления пленки культуральной жидкости к стенкам прозрачных трубок от воздействия центробежной силы при их вращении.

Таким образом, предлагаемый биореактор для культивирования автотрофных микроорганизмов позволяет увеличить выход готовой биомассы за счет увеличения давления пленки жидкости к стенкам прозрачных трубок от воздействия центробежной силы, что обеспечивает надежный контакт газа с жидкостью и предотвращает срыв пленки жидкости в условиях изменяющейся концентрации биомассы по высоте прозрачных трубок.

(57) Формула изобретения

Биореактор для культивирования автотрофных микроорганизмов, содержащий цилиндрический корпус, разделенный горизонтальными перегородками на секции ввода, освещения с внутренней зеркальной поверхностью и вывода культуральной жидкости; прозрачные трубы, установленные между горизонтальными перегородками; пленкообразующие устройства; винтовые спирали из проволоки на внутренней поверхности прозрачных трубок; прозрачную рециркуляционную трубу, расположенную в секции освещения по оси симметрии биореактора; патрубки для ввода и вывода охлаждающего воздуха; коаксиально установленную лампу накаливания; барботажное устройство с патрубком подачи смеси углекислого газа с воздухом; вал, расположенный внутри рециркуляционной трубы с закрепленным на нем роторным нагнетателем;

рамные мешалки, совершающие планетарное вращение относительно вала, и импеллерную мешалку, закрепленную к валу в нижней части корпуса, отличающийся тем, что прозрачная рециркуляционная труба установлена с возможностью вращения; в горизонтальных перегородках выполнены углубления цилиндрической формы, в

- 5 которых установлены прозрачные трубы с возможностью вращения относительно оси симметрии; в секции освещения коаксиально установлены две лампы накаливания; а на прозрачные трубы и на прозрачную рециркуляционную трубу между лампами накаливания установлены пластиковые зубчатые шестеренки, кинематические пары которых при зацеплении образуют цилиндрические зубчатые передачи крутящего
10 момента от прозрачной рециркуляционной трубы к прозрачным трубкам; при этом в прозрачной рециркуляционной трубе вырезаны окна для перетока культуральной жидкости из прозрачной рециркуляционной трубы в секцию ввода.

15

20

25

30

35

40

45

