

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 031312

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2018.12.28

(21) Номер заявки
201600402

(22) Дата подачи заявки
2010.11.18

(51) Int. Cl. C12M 1/36 (2006.01)
C12P 7/10 (2006.01)
C12P 19/02 (2006.01)
B01F 3/12 (2006.01)
B01F 3/22 (2006.01)
B01F 5/00 (2006.01)

(54) ДИСПЕРГИРОВАНИЕ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ И ПЕРЕРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

(31) 61/296,658

(32) 2010.01.20

(33) US

(43) 2017.01.30

(62) 201290396; 2010.11.18

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
КСИЛЕКО, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
Медофф Маршалл, Мастерман Томас
(US)

(74) Представитель:
Веселицкая И.А., Кузенкова Н.В.,
Веселицкий М.Б., Каксис Р.А.,
Белоусов Ю.В., Куликов А.В.,
Кузнецова Е.В., Соколов Р.А.,
Кузнецова Т.В. (RU)

(56) US-A-4426450
WO-A2-2008099038
US-A1-20050118693
WO-A2-2008036500
US-A1-20090162892
US-A-5426024
RU-C1-2144087

(57) Сырье, представляющее собой биомассу (например, растительную биомассу, животную биомассу и биомассу из городских сточных вод), перерабатывают для получения полезных продуктов, таких как топлива. Например, описаны системы, которые могут превращать сырьевые материалы в сахаросодержащий раствор, который далее можно подвергнуть ферментации с получением этанола. Сырье из биомассы диспергируют в жидкой среде, а затем осаживают.

B1

031312

031312

B1

Уровень техники

Целлюлозные и лигноцеллюлозные материалы получают, перерабатывают и применяют в больших количествах для многих целей. Часто эти материалы используют один раз, а затем выбрасывают в виде отходов или просто рассматривают в качестве отходов, таких как, например, сточные воды, выжимки, опилки и солома.

Различные целлюлозные и лигноцеллюлозные материалы, их использование и применение были описаны в патентах США №№ 7307108, 7074918, 6448307, 6258876, 6207729, 5973035 и 5952105 и в различных заявках на патент, в том числе в "FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES", PCT/US 2006/010648, поданной 23 марта 2006 года, и "FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES", публикации заявки на патент США № 2007/0045456.

Краткое описание изобретения

В настоящей заявке предложены способы осахаривания или разжижения материала, например целлюлозного или лигноцеллюлозного сырья, путем превращения целлюлозной части материала в низкомолекулярные сахара, например, с помощью фермента. Изобретение также относится к превращению исходного сырья в продукт, например, посредством ферментации. Способы включают использование диспергирующих систем для диспергирования волокнистого сырья и/или сырья в виде частиц в жидкой среде.

В способах, предложенных в настоящей заявке, можно использовать материалы с низкой объемной плотностью, например целлюлозное или лигноцеллюлозное сырье, которое предварительно обработано физическими методами для придания объемной плотности менее чем примерно $0,75 \text{ г/см}^3$, например, менее чем примерно 0,7; 0,65; 0,60; 0,50; 0,35; 0,25; 0,20; 0,15; 0,10; 0,05 г/см^3 или менее, например, менее чем $0,025 \text{ г/см}^3$.

Такие материалы может быть особенно трудно диспергировать в жидкостях, например в воде или системе растворителей, с целью последующего осахаривания, ферментации или другой переработки. Вследствие их низкой объемной плотности указанные материалы склонны плавать на поверхности жидкости вместо того, чтобы подвергаться смачиванию и диспергироваться в жидкости. В некоторых случаях такие материалы могут быть гидрофобными, высоко кристаллическими или проявлять другие свойства, которые затрудняют их смачивание. В тоже время желательно перерабатывать указанное сырье с получением дисперсии со сравнительно высоким содержанием твердых веществ, чтобы получить после переработки высокую конечную концентрацию сахара в осахаренном материале или высокую концентрацию требуемого продукта (например, этанола или другого спирта (спиртов) после ферментации). В некоторых случаях при применении способов, описанных в настоящей заявке, содержание твердых веществ в дисперсии при переработке может составлять, например, по меньшей мере 10; 15; 20; 22,5; 25; 27,5; 30; 35; 40; 45 мас.% или даже по меньшей мере 50 мас.% растворенных твердых веществ. Например, содержание твердых веществ может составлять от примерно 10 до 50 мас.%, например примерно от 10 до 40 мас.%, от 10 до 30 мас.% или от 10 до 20 мас.%.

Авторы изобретения обнаружили, что первоначальное диспергирование исходного сырья, добавленного в жидкость, можно улучшить путем применения определенного оборудования во время добавления сырья. Оборудование, описанное в настоящей заявке, позволяет быстро и легко диспергировать указанное сырье или другие твердые вещества или жидкости, например питательные вещества, в жидкости, благодаря чему в жидкость можно эффективно добавлять большое количество исходного сырья. Такое эффективное диспергирование исходного сырья способствует уменьшению времени разжижения и, таким образом, высокой производительности, и облегчает получение смеси с высоким содержанием твердых веществ.

В одном аспекте настоящее изобретение представляет собой способ, включающий осахаривание сырья из биомассы в сосуде, при этом указанное сырье предварительно диспергируют в жидкой среде с помощью диспергирующей системы, содержащей камеру и внутри камеры вращающийся элемент, который обеспечивает захват исходного сырья и жидкой среды внутри камеры в осевом направлении и выталкивает из камеры дисперсию исходного сырья в указанной среде в радиальном направлении.

Некоторые варианты реализации включают один или более из следующих признаков. Объемная плотность исходного сырья может составлять, например, менее чем примерно $0,5 \text{ г/см}^3$. Жидкая среда может включать воду. Предложенный способ может также включать подачу в сосуд осахаривающего агента, например фермента. Вращающийся элемент может функционировать как лопастное колесо, а принцип действия вращающегося элемента внутри камеры может быть основан на принципе действия центробежного насоса. Предложенный способ может также включать смешивание с помощью струйного смесителя в процессе осахаривания. Вращающийся элемент может включать перемешивающие элементы, размещенные соосно ротору, который расположен при взаимосвязи ротор-статор с боковой стенкой камеры. Диспергирующая система может также включать струйный смеситель. Предложенный способ может также включать подачу исходного сырья и/или осахаривающего агента в сосуд из источника, расположенного вне сосуда, например установленного выше сосуда или рядом с ним или на некотором расстоянии от сосуда и связанного с сосудом посредством трубопровода. Подача исходного сырья может включать нагнетание исходного сырья на поверхность жидкой среды в сосуде. Указанный способ может

также включать подачу потока жидкой среды из камеры диспергирующей системы в исходное сырье на поверхности жидкой среды для увлажнения исходного сырья. Перед подачей в сосуд исходное сырье может, по существу, находиться в сухом состоянии, например, при влагосодержании от 0,1 до 15%. Источник, из которого загружают указанные материалы, может содержать загрузочный бункер, который может быть связан с вибрационным устройством. Диспергирующая система может включать множество диспергирующих устройств.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения осахаривание включает добавление исходного сырья в жидкую среду отдельными порциями и диспергирование в жидкую среду каждой отдельной порции сырья с помощью диспергирующей системы перед добавлением другой порции исходного сырья. Способ может также включать мониторинг в процессе осахаривания уровня глюкозы в смеси исходного сырья, жидкой среды и осахаривающего агента.

В процессе осахаривания в сосуд можно добавлять дополнительное исходное сырье и осахаривающий агент и диспергировать в среде с применением диспергирующей системы.

В еще одном аспекте настоящее изобретение представляет собой устройство для осахаривания сырья, содержащее (a) бак, (b) систему подачи, выполненную с возможностью подачи сырья из биомассы и жидкой среды в бак, (c) диспергирующую систему, выполненную с возможностью диспергирования сырья из биомассы в жидкой среде, (d) устройство для подачи осахаривающего агента, выполненное с возможностью подачи дозированного количества осахаривающего агента в бак, и (e) смеситель, выполненный с возможностью перемешивания содержимого бака.

Некоторые варианты реализации включают одну или более из следующих признаков. Диспергирующая система содержит камеру и внутри камеры вращающийся элемент, который обеспечивает захват в камеру исходного сырья и жидкой среды в осевом направлении и выталкивает из камеры дисперсию исходного сырья в указанной среде в радиальном направлении. Устройство также содержит контроллер, который регулирует работу устройства для подачи исходного сырья и/или устройства для подачи осахаривающего агента на основе входных данных от устройства для контроля крутящего момента. В некоторых случаях смеситель представляет собой струйный смеситель. Система подачи может включать нагнетатель, выполненный с возможностью нагнетания исходного сырья на поверхность жидкости в баке, при этом диспергирующую систему можно выполнить с возможностью подачи потока жидкости в сырье на поверхности жидкости для увлажнения указанного сырья.

В другом аспекте настоящее изобретение представляет собой способ, включающий осахаривание сырья из биомассы в сосуде, содержащем жидкую среду, при этом сырье из биомассы было предварительно диспергировано в жидкой среде путем нагнетания сырья из биомассы на поверхность жидкой среды в сосуде, приведение в контакт исходного сырья на поверхности с потоком жидкости для увлажнения исходного сырья и смешивание исходного сырья и жидкости, например, с применением струйного смесителя. В некоторых вариантах реализации поток жидкости подают с помощью поршневого насоса прямого вытеснения.

В дополнительном аспекте настоящее изобретение представляет собой способ, включающий осахаривание сырья из биомассы в сосуде, при этом сырье из биомассы было загружено в сосуд путем нагнетания указанного сырья из биомассы на поверхность жидкой среды и диспергировано в жидкой среде с помощью диспергирующей системы, содержащей камеру и внутри камеры вращающийся элемент, который обеспечивает захват в камеру исходного сырья и жидкой среды в осевом направлении и выталкивает из камеры дисперсию исходного сырья в указанной среде в радиальном направлении в сырье на поверхности жидкой среды.

Способ может также включать смешивание содержимого бака с помощью струйного смесителя.

В еще одном аспекте настоящее изобретение представляет собой устройство для осахаривания сырья, содержащее (a) бак, (b) систему подачи, выполненную с возможностью подачи сырья из биомассы и жидкой среды в бак, содержащий нагнетатель для нагнетания сырья из биомассы в бак, (c) устройство для подачи осахаривающего агента, выполненное с возможностью подачи дозированного количества осахаривающего агента в бак, и (d) смеситель, выполненный с возможностью перемешивания содержимого бака.

Способы, описанные в настоящей заявке, в общем случае обеспечивают сравнительно быстрое и эффективное увлажнение исходного сырья со сравнительно высоким содержанием твердых веществ. За счет увеличения первоначального содержания твердых веществ в составе исходного сырья, содержащегося в смеси, указанный процесс может протекать более быстро, более эффективно и более рентабельно, при этом в готовом продукте в общем случае можно получить высокие конечные концентрации.

Способы осахаривания, описанные в настоящей заявке, позволяют превращать целлюлозное или лигноцеллюлозное сырье в удобную и концентрированную форму, которую можно легко транспортировать и использовать на другом производственном оборудовании, например оборудовании, предназначенном для ферментации растворов сахара с получением спиртов, для производства продукта, например топлива, такого как этанол. Такие концентраты могут содержать меньше воды, что может привести к значительному снижению расходов при производстве и транспортировке.

Некоторые способы, описанные в настоящей заявке, включают осахаривание исходного сырья и

транспортировку исходного сырья из удаленных мест, например, где получают или хранят такое сырье, к месту расположения производственного оборудования. В некоторых случаях осахаривание может происходить частично или полностью во время транспортировки.

В некоторых случаях системы, описанные в настоящей заявке, или их компоненты могут быть передвижными, так что систему можно перевозить (например, железнодорожным, грузовым или морским транспортом) из одного места в другое. Такая мобильная переработка описана в патенте США № 12/374549 и международной заявке № WO 2008/011598, полное содержание которых включено в настоящую заявку посредством ссылки.

Типичные продукты, которые можно получить, применяя способы, описанные в настоящей заявке, включают углеводороды, белки, спирты (например, одноатомные спирты или двухатомные спирты), такие как этанол, н-пропанол или н-бутанол, карбоновые кислоты, такие как уксусная кислота или масляная кислота, соли карбоновой кислоты, смесь карбоновых кислот и солей карбоновых кислот и сложные эфиры карбоновых кислот (например, метиловые, этиловые и н-пропиловые сложные эфиры), кетоны, альдегиды, альфа, бета-ненасыщенные кислоты, такие как акриловая кислота, олефины, такие как этилен, и смеси любых из указанных соединений. Некоторые примеры включают этанол, пропанол, пропиленгликоль, бутанол, 1,4-бутандиол, 1,3-пропандиол, метиловые или этиловые сложные эфиры любого из перечисленных спиртов, метилакрилат, метилметакрилат, молочную кислоту, пропионовую кислоту, масляную кислоту, янтарную кислоту, 3-гидроксипропионовую кислоту, соль любой из указанных кислот и смесь любых из указанных кислот и соответствующие соли. Эти и другие продукты рассмотрены в USSN 12/417900, содержание которого включено в настоящую заявку посредством ссылки.

Объемную плотность определяют с применением стандарта ASTM D1895B. В общих чертах, такой способ включает заполнение мерного цилиндра известного объема пробой и измерение массы пробы. Объемную плотность рассчитывают путем деления массы пробы в граммах на известный объем цилиндра в кубических сантиметрах.

Все публикации, заявки на патент, патенты и другие ссылки, упомянутые в настоящей заявке или приложенные к ней, включены в полном объеме посредством ссылки, независимо от того, что они содержат.

Описание чертежей

Фиг. 1 представляет собой диаграмму, иллюстрирующую ферментативный гидролиз целлюлозы с получением глюкозы.

Фиг. 2 представляет собой технологическую схему, иллюстрирующую превращение исходного сырья в этанол путем производства и транспортировки раствора глюкозы. Фиг. 2А представляет собой схематическую иллюстрацию системы осахаривания согласно одному варианту реализации изобретения. Фиг. 2В представляет собой схематическую иллюстрацию системы осахаривания согласно другому варианту реализации изобретения.

Фиг. 3 представляет собой схематическую диаграмму производственного оборудования для получения этанола, которое было переоборудовано для использования растворов и суспензий, описанных в настоящей заявке.

Фиг. 4 представляет собой схематическое изображение в перспективе диспергирующей системы согласно одному варианту реализации изобретения.

Фиг. 5 и 5А представляют собой соответственно схематический поперечный разрез и изображения в перспективе диспергирующего устройства, которое можно применять в диспергирующей системе, показанной на фиг. 4.

Фиг. 6 представляет собой схематическое изображение в перспективе диспергирующей системы согласно другому варианту реализации изобретения.

Фиг. 7 и 7А представляют собой диаграммы, иллюстрирующие альтернативные рабочие режимы диспергирующей системы, показанной на фиг. 6.

Фиг. 8 представляет собой схематическое изображение в перспективе диспергирующего элемента, который можно применять в диспергирующей системе, показанной на фиг. 6.

Фиг. 9 и 9А представляют собой диаграммы, на которых показан струйный поток, исходящий из сопла.

Фиг. 10 представляет собой схематическое изображение в перспективе струйной поточной мешалки согласно одному варианту реализации изобретения. Фиг. 10А представляет собой увеличенное изображение в перспективе лопастного колеса и распылителя струйной поточной мешалки, показанной на фиг. 10. Фиг. 10В представляет собой увеличенное изображение в перспективе альтернативного варианта лопастного колеса.

Фиг. 11 представляет собой схематическое изображение нагнетателя для подачи сырья из биомассы.

Фиг. 12 представляет собой изображение в поперечном разрезе бака, имеющего куполообразное дно и два струйных смесителя, установленных в бак сверху.

Подробное описание изобретения

Глюкан- и/или ксилансодержащие материалы, например целлюлозные и лигноцеллюлозные мате-

риалы, такие как материалы, применяемые в способах, описанных в настоящей заявке, биомассу (например, растительную биомассу, биомассу из животных, бумагу и биомассу из городских сточных вод) можно превратить в переработанное сырье для производства полезных промежуточных соединений и продуктов, таких как органические кислоты, соли органических кислот, ангидриды, сложные эфиры органических кислот и топлива, например топлива для двигателей внутреннего сгорания, или для топливных ячеек, как описано в настоящей заявке. В настоящей заявке описаны системы и процессы, в которых в качестве сырьевых материалов можно использовать целлюлозные и/или лигноцеллюлозные материалы, доступные в изобилии, но с помощью которых часто трудно осуществить обработку указанных целлюлозных или лигноцеллюлозных материалов, например, потоков городских сточных вод и потоков макулатуры, например потоков, включающих газетную бумагу, крафт-бумагу, гофрированную бумагу или их смеси. В целом, при необходимости материалы можно обработать физическими методами для дальнейшей переработки и/или после нее, часто путем измельчения. Если необходимо уменьшить устойчивость к разложению материала, используют такие физические способы обработки, как ферментация. Многие способы, описанные в настоящей заявке, могут эффективно понизить уровень устойчивости исходного сырья к разложению, что облегчает его переработку, например, такие как биопереработка (например, с помощью любого микроорганизма, описанного в настоящей заявке, такого как гомоацетогенная или гетероацетогенная бактерия, и/или любого фермента, описанного в настоящей заявке), термическая переработка (например, газификация или пиролиз) или химические методы (например, кислотный гидролиз или окисление). Сырье из биомассы можно обработать или переработать, применяя один или более из любых способов, описанных в настоящей заявке, таких как механическая обработка, химическая обработка, облучение, обработка ультразвуком, окисление, пиролиз или паровой взрыв. Различные системы и способы обработки можно применять в комбинациях из двух, трех или даже четырех или более из указанных технологий или других способов, описанных в настоящей заявке и в других публикациях.

Для превращения исходного сырья в форму, которую можно легко переработать на существующем промышленном предприятии, например на заводе по производству белка одноклеточных, заводе по производству ферментов или заводе по производству топлива, например предприятия по производству этанола из зерна, способы, описанные в настоящей заявке, позволяют использовать материалы с низкой объемной плотностью, например целлюлозное или лигноцеллюлозное сырье, которое предварительно было обработано физическими методами для достижения объемной плотности менее чем примерно $0,75 \text{ г/см}^3$, например менее чем примерно $0,7$; $0,65$; $0,60$; $0,50$; $0,35$; $0,25$; $0,20$; $0,15$; $0,10$; $0,05 \text{ г/см}^3$ или менее, например менее чем $0,025 \text{ г/см}^3$. Объемную плотность определяют с применением стандарта ASTM D1895B. Вкратце, такой способ включает заполнение мерного цилиндра известного объема пробой и измерение массы пробы. Объемную плотность рассчитывают путем деления массы пробы в граммах на известный объем цилиндра в кубических сантиметрах.

Для превращения исходного сырья в форму, которую можно легко переработать, глюкан- или ксилансодержащую целлюлозу в исходном сырье гидролизуют с образованием низкомолекулярных углеводов, таких как сахара, с помощью осахаривающего агента, например фермента или кислоты, при этом указанный процесс называют осахариванием. Далее, низкомолекулярные углеводы можно применять, например, на существующем промышленном предприятии, например на заводе по производству одноклеточного белка, заводе по производству ферментов или заводе по производству топлива, например предприятия по производству этанола.

Материалы, которые включают целлюлозу, можно обрабатывать с помощью осахаривающего агента путем смешивания материала и осахаривающего агента в жидкой среде, например растворителе, таком как водный раствор. Способы быстрого и эффективного диспергирования материала в жидкой среде подробно рассмотрены ниже. После диспергирования материала в указанной среде осахаривающий агент, материал и жидкую среду тщательно перемешивают, в некоторых случаях на протяжении всего процесса осахаривания. В некоторых вариантах реализации материал и/или осахаривающий агент добавляют постепенно, а не весь за раз. Например, часть материала можно добавить в жидкую среду, диспергировать в ней и смешивать с осахаривающим агентом до тех пор, пока материал, по меньшей мере, частично не превратится в сахар, в этот момент в среде диспергируют вторую часть материала и добавляют к смеси. Указанный процесс можно продолжать до получения необходимой концентрации сахара.

Ферменты и разрушающие биомассу организмы, которые разлагают биомассу, такую как целлюлозная и/или лигниновая части биомассы, содержат или вырабатывают различные разлагающие клетчатку ферменты (целлулазы), лигниназы или различные разрушающие биомассу метаболиты с маленькими молекулами. Такие ферменты могут представлять собой совокупность ферментов, действующих синергически и разлагающих кристаллическую целлюлозу или лигниновые части биомассы.

Примеры разлагающих клетчатку ферментов включают эндоглюканазы, целлюбиогидролазы и целлобиазы (β -глюкозидазы). На фиг. 1 целлюлозный субстрат вначале гидролизуют с помощью эндоглюканаза в случайных положениях, получая олигомерные промежуточные соединения. Указанные промежуточные соединения представляют собой субстраты для экзорасщепляющих глюканаз, таких как целлюбиогидролаза, используемых для получения целлобиозы из концевых групп целлюлозного полимера.

Целлобиоза представляет собой водорастворимый 1,4-связанный димер глюкозы. В конечном счете

целлюбиаза расщепляет целлюбиозу с образованием глюкозы. Подходящие целулазы будут рассмотрены в настоящей заявке в последующем разделе.

Время, необходимое для выполнения осахаривания, будет зависеть от условий обработки и применяемых исходного сырья и фермента. Если осахаривание осуществляют в производственной установке при контролируемых условиях, целлюлозу можно, по существу, полностью превратить в глюкозу в течение примерно от 12 до 96 ч. Если осахаривание частично или полностью осуществляют при перевозке, этот процесс может занять больше времени.

В некоторых случаях осахаривание осуществляют при pH от примерно 4 до 7, например от примерно 4,5 до 6 или от примерно 5 до 6.

В целом, предпочтительно, чтобы конечная концентрация глюкозы в сахарном растворе была сравнительно высока, например больше чем 10 мас.%, или больше чем 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 мас.%, или даже больше чем 95 мас.%. Такие высокие концентрации позволяют уменьшить объем при транспортировке и также подавляют рост микроорганизмов в растворе. После осахаривания объем воды можно уменьшить, например, за счет испарения или перегонки.

Сравнительно высокую концентрацию раствора можно получить путем ограничения количества среды, например воды, добавляемой к исходному сырью с ферментом. Концентрацию можно регулировать, например регулируя интенсивность процесса осахаривания. Например, концентрацию можно увеличить путем добавления в раствор большего количества исходного сырья. Растворимость исходного сырья в среде можно увеличить, например, путем повышения температуры раствора и/или добавления поверхностно-активного вещества, как будет описано ниже. Например, температуру раствора можно поддерживать в диапазоне от 40 до 50°C, от 50 до 60°C, от 60 до 80°C или даже выше.

На фиг. 2 процесс производства спирта, например этанола, может включать, например, при необходимости предварительную обработку исходного сырья физическими методами, например, для его измельчения (стадия 110), перед и/или после указанной обработки, обработку исходного сырья для уменьшения его устойчивости к разложению (стадия 112) и осахаривание исходного сырья для получения сахарного раствора (стадия 114). Осахаривание можно осуществить путем смешивания дисперсии исходного сырья в жидкой среде, например воде, с ферментом (стадия 111), как будет подробно рассмотрено ниже. Во время или после осахаривания смесь (если осахаривание приходится частично или полностью осуществлять при перевозке) или раствор можно транспортировать к производственной установке, например, с применением трубопровода, железнодорожного вагона, грузовика или баржи (стадия 116). На заводе раствор можно подвергнуть биопереработке для получения требуемого продукта, например этанола (стадия 118), который затем дополнительно перерабатывают, например, путем перегонки (стадия 120). Отдельные стадии этого процесса будут подробно описаны ниже. При необходимости стадии измерения содержания лигнина (стадия 122) и установки или регулировки технологических параметров (стадия 124) можно осуществить на различных этапах процесса, например непосредственно перед технологической стадией (стадиями), применяемой для изменения структуры исходного сырья, как показано. Если указанные стадии включены, технологические параметры регулируют таким образом, чтобы компенсировать изменчивость содержания лигнина в исходном сырье, как описано в предварительной заявке на патент США № 61/151724, поданной 11 февраля 2009 года, полное содержание которой включено в настоящую заявку посредством ссылки. Стадия смешивания 111.

Стадию осахаривания 114 можно провести с применением, например, одной из систем, показанных на фиг. 2А и 2В. Указанные системы содержат бак 136, который первоначально содержит жидкую среду, а позже содержит смесь 138 жидкой среды, исходного сырья и осахаривающего агента. Жидкую среду подают в бак через систему труб, оснащенную клапанами (не показано). Указанные системы также содержат загрузочный бункер 130, связанный с диспергирующим блоком 134. Согласно этому варианту реализации изобретения, показанному на фиг. 2В, в загрузочный бункер 130 подают исходное сырье, которое было обработано для его измельчения и при необходимости уменьшения его устойчивости к разложению (стадии 110 и 112, см. выше) с помощью модуля предварительной обработки исходного сырья 132. Согласно обоим вариантам реализации изобретения в загрузочный бункер можно загружать другие сухие ингредиенты, такие как дрожжи и питательные вещества, например, из блока питания 30. При необходимости вибрационное устройство 36 можно соединить с загрузочным бункером для облегчения подачи материала из загрузочного бункера. Предложенная система также содержит диспергирующий блок 134. Жидкую среду засасывают из бака в диспергирующий блок 134 и возвращают в бак с помощью диспергирующего блока через выпускную трубу 137. Отверстие выпускной трубы 137 может находиться выше уровня жидкости, как показано, или в некоторых случаях может быть погружено в жидкость в баке. В некоторых случаях в зависимости от вида используемого диспергирующего блока (как будет рассмотрено ниже), предложенная система может содержать насос 139, например поршневой насос прямого вытеснения, выполненный с возможностью циркулирования жидкой среды через диспергирующую систему, и/или вискозиметр 141 для контроля вязкости дисперсии и приведения в действие насоса, когда измеренная вязкость достигнет заранее установленного значения.

Согласно этому варианту реализации изобретения, показанному на фиг. 2А, исходное сырье подают к поверхности жидкой среды в баке, например, через устройство для подачи 32, содержащее загрузочный

трубопровод 34 (например, шланг или трубку). Устройство для подачи 32 можно также соединить с вибрационным устройством 36, чтобы способствовать поступлению материала в устройство. Устройство для подачи 32 может представлять собой, например, нагнетатель, выполненный с возможностью нагнетания через шланг волокнистого и/или зернистого материала из источника в место, удаленное от источника, например изоляционный нагнетатель, такой как нагнетатель FORCE 3, доступный в компании Intec, Фредерик, Колорадо. Пример такого нагнетателя 500 схематически показан на фиг. 11. В загрузочный бункер 502 нагнетателя 500 поступает материал из источника материала 504, например, путем засасывания материала через впускное отверстие 505 под действием вакуума 506. Будучи в бункере, материал подвергают деагломерации с помощью вращающегося устройства 508, которое включает поворотные рычаги 510, концы которых соединены с гибкими лопастями 512. Вращающееся устройство 508 также увлекает материал вниз через отверстие 514 к воздушному шлюзу 516.

Подачу материала в воздушный шлюз дозируют с помощью пластинки или клапана 518. Воздушный шлюз 516 включает множество вращающихся лопаток 520, которые образуют камеры 522. Нижняя часть воздушного шлюза 516 включает проход 524, через который воздух нагнетается из блока подачи сжатого воздуха (не показано) в выпускную трубу (например, загрузочный трубопровод 34, фиг. 2А). Лопатки сметают материал к проходу отдельными порциями, которые выдуваются в выпускную трубу, как только они оказываются в месте, расположенном рядом с проходом. Вращающиеся лопатки 520 вращаются достаточно медленно, чтобы каждая камера находилась в положении, примыкающем к проходу достаточно долго, так что в выпускную трубу поступают как порция материала, так и некоторое количество воздуха. Таким образом, в выпускную трубу попеременно поступают порции воздуха и материала. Когда материал проходит вниз по выпускной трубе, которая может быть довольно длинной, материал и воздух перемешиваются, материал насыщается воздухом и равномерно перемещается через выпускную трубу в бак. Скорость вращения вращающихся элементов в мешалке и воздушном шлюзе согласованы между собой и могут быть изменены пользователем в зависимости от исходного сырья, длины выпускной трубы и других переменных параметров.

В качестве альтернативы материал можно доставить к поверхности жидкости, применяя другие методы, такие как подача самотеком или шнековый конвейер.

В некоторых вариантах реализации бак оборудован гибкой проницаемой для воздуха крышкой или другим устройством, выполненным с возможностью удаления воздуха из бака при подаче исходного сырья, при предотвращении выдувания исходного сырья из бака и/или попадания в бак загрязняющих веществ.

Когда сырьевой материал подают через загрузочный трубопровод 34 на поверхность жидкости в баке, на указанный материал через выпускную трубу 137 диспергирующего блока 134 выливают жидкость. Вылитая жидкость увлажняет сырьевой материал, заставляя его погружаться в жидкость, где его можно диспергировать с помощью диспергирующего блока 134, возможно, в комбинации с перемешиванием с помощью струйного смесителя 144, описанного ниже.

В целом, предпочтительно, чтобы диспергирующий блок 134 и струйный смеситель 144 функционировали, когда через загрузочный трубопровод подают исходное сырье.

Согласно варианту реализации изобретения, показанному на фиг. 2В, исходное сырье подают в бак через загрузочный бункер 130, в который сырье можно загружать, например, из модуля обработки исходного сырья 132, и направляют в диспергирующий блок 134, где его диспергируют в жидкой среде, например воде.

Согласно обоим вариантам реализации изобретения, осаживающий агент подают в бак из загрузочного бункера 140, который содержит дозирующее устройство 142. Содержимое бака перемешивают, например, с применением одного или более струйных смесителей. Струйный смеситель 144 схематически изображен на фиг. 2А и 2В; примеры подходящих струйных смесителей будут подробно рассмотрены ниже и также описаны в предварительной заявке на патент США № 61/218832, поданной 19 июня 2009 года, полное содержание которой тем самым включено в настоящую заявку посредством ссылки. Струйный смеситель создает струю с помощью двигателя 146, который приводит в действие насос и/или ротор (не показано). Крутящий момент, вызванный двигателем 146, коррелирует с уровнем твердых веществ в смеси, содержащейся в баке, который в свою очередь отражает степень, до которой произошло осаживание смеси. Крутящий момент измеряют с помощью устройства для контроля крутящего момента 148, который посылает сигнал двигателю 150, приводящему в действие конвейер 130, и также к дозирующему устройству 142 загрузочного бункера 140. Таким образом, подачу обработанного исходного сырья и фермента можно прерывать и возобновлять как функцию осаживания содержимого бака. Данные, измеренные с помощью устройства для контроля крутящего момента, можно также применять для регулирования параметров струйного смесителя, например установления более низких об/мин в случае смесителя, в котором используют ротор, или установления более низкой скорости струи в случае смесителя, работающего от насоса. Вместо устройства для контроля крутящего момента или наряду с ним система может содержать амперное контрольно-измерительное устройство (не показано), которое измеряет силу тока в амперах при полной нагрузке двигателя. В некоторых случаях струйный смеситель может включать частотно-регулируемый электропривод (VFD), который позволяет регулировать ско-

рость двигателя.

Система может также включать тепловизионное контрольно-измерительное устройство (не показано), которое контролирует температуру жидкой среды и регулирует скорость подачи исходного сырья и/или условия смешивания в ответ на повышение температуры. Такой контур температурной обратной связи можно применять для предотвращения повышения температуры жидкой среды до уровня, при котором произойдет денатурирование фермента.

При применении в системах, описанных в настоящей заявке, одного или более насосов, в целом, предпочтительно применять поршневые насосы прямого вытеснения (ПВ), например винтовые насосы кавитационного типа или шнековые насосы ПВ.

В некоторых случаях производственная установка может представлять собой, например, существующую установку для получения этанола из зерна или сахара или установку, которая была переоборудована путем удаления или вывода из эксплуатации оборудования, расположенного выше по потоку относительно системы биопереработки (которая в типичной установке для получения этанола, в общем, включает оборудование по приему зерна, молотковую мельницу, суспензионный смеситель, оборудование для тепловой обработки и оборудование для сжижения). Таким образом, исходное сырье, полученное в такой установке, непосредственно загружают в оборудование для ферментации. Переоборудованная установка схематически показана на фиг. 3. Применение существующей установки для получения этанола из зерна или сахара описано подобным образом в патенте США № 12/704521, поданном 11 февраля 2010 года, полное содержание которого включено в настоящую заявку посредством ссылки.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения вместо того, чтобы переместить осахаренное исходное сырье (сахарный раствор) в отдельную производственную установку или даже в отдельный бак, в сахарный раствор вносят затравку и вызывают ферментацию в том же баке или другом сосуде, используемом для осахаривания.

Ферментацию можно проводить в том же сосуде или можно начать подобным способом, а затем завершить при транспортировке, как описано выше. Осахаривание и ферментация в одном баке описаны в предварительной заявке на патент США № 61/296673, поданной 20 января 2010 года, полное содержание которой включено в настоящую заявку посредством ссылки.

В общем, уровень кислорода в бродильном сосуде следует контролировать, например, путем мониторинга уровня кислорода и вентилирования бака или аэрирования смеси при необходимости. Также желательно контролировать уровень этанола в сосуде, чтобы при падении уровня этанола можно было остановить процесс ферментации, например, путем нагревания или введения бисульфита натрия. Другие способы прекращения ферментации включают добавление перекиси (например, надуксусной кислоты или перекиси водорода), добавление янтарной кислоты или ее соли, охлаждение содержимого сосуда или снижение скорости барботирования кислорода. Можно использовать комбинации любых двух или более из перечисленных способов. Если ферментацию следует провести или завершить во время транспортировки, транспортировочный сосуд (например, бак на железнодорожном вагоне или автоцистерну) можно оснастить блоком управления, включающим контрольно-измерительное устройство для контроля кислорода и контрольно-измерительное устройство для контроля этанола, и системой подачи для введения в бак и/или систему бисульфита натрия (или другой добавки для завершения ферментации) для регулирования параметров в баке и прекращения ферментации.

При необходимости во время ферментации можно использовать струйное перемешивание, и если ферментацию проводят в том же сосуде, что и осахаривание, можно использовать это же оборудование. Однако согласно некоторым вариантам реализации изобретения струйное перемешивание не является необходимым. Например, если ферментацию проводят во время транспортировки, движение железнодорожного вагона или автоцистерны может обеспечить достаточное перемешивание.

Диспергирование и смешивание.

Диспергирование.

Диспергирующий блок 134 может включать любой вид диспергирующего оборудования, которое увлажняет исходное сырье с помощью жидкой среды. Многие диспергирующие блоки включают камеру и ротор, установленный в камере таким образом, чтобы исходное сырье и жидкая среда всасывались по направлению к ротору в осевом направлении и вынуждено перемещались наружу в радиальном направлении к периферии ротора и, тем самым, через выпускное отверстие блока, наподобие центробежного насоса. В зависимости от конструкции диспергирующего блока может быть необходим резервный насос (насос 139, рассмотренный выше) для засасывания текучей среды через диспергирующий блок при высоких вязкостях. Некоторые диспергирующие блоки сконструированы таким образом, чтобы создавать очень высокое статическое давление текучей среды внутри блока; при применении таких блоков резервный насос, в целом, не требуется.

Один пример подходящей диспергирующей системы 300 показан на фиг. 4-5А. Такая система характеризуется сравнительно низким засасыванием и поэтому обычно применяют резервный насос.

Диспергирующая система 300 содержит приемный бункер 302, который может принимать исходное сырье из большого бункера, или мешка (не показано), или другого источника и направлять его в диспергирующий блок 301. Диспергирующий блок 301 включает корпус 304, который ограничивает дисперги-

рующую камеру 306 (фиг. 5А), впускное отверстие для жидкости 308, впускное отверстие для твердых веществ 310 (фиг. 5А), связанное с бункером 302 и выпускное отверстие 312. Диспергирующая система 300 также включает двигатель 314, который приводит в действие диспергирующий блок 301, интерфейс устройства управления 316 для пользователя и блок под давлением 318, который помогает поддерживать целостность уплотняющих прокладок внутри диспергирующего блока 301. Клапан (не показан) расположен между приемным бункером 302 и впускным отверстием для твердых веществ 310 и позволяет дозировать подачу твердых веществ в диспергирующий блок 301.

Внутренняя структура диспергирующего блока 301 показана на фиг. 5-5А. После прохождения через впускное отверстие для твердых веществ 310 твердые вещества перемещаются вниз за счет шнека 320, когда они вступают в контакт с жидкостью, поступающей через впускное отверстие для жидкости 308. Затем жидкость и твердые вещества смешиваются под действием ряда смесительных лопастей 322 и окончательно с помощью ротора 324 (детально показанного на фиг. 5А), который расположен в компоновке ротор/статор относительно боковой стенки камеры 306. Такой ряд перемешивающих элементов увлажняет твердые вещества с помощью жидкости при возрастающих уровнях сдвига, что приводит к образованию, по существу, гомогенной дисперсии, выходящей через выпускное отверстие 312. Лопастное колесо согласно принципу Вентури создает большой перепад давления между камерой 306 и бункером 302, вследствие чего образуется вакуум и, таким образом, способствует засасыванию материала из бункера в камеру.

Другая подходящая диспергирующая система 400 показана на фиг. 6-8. Это система коммерчески доступна в компании IKA® Works, Уилмингтон, Северная Каролина, под торговой маркой CMS 2000. Диспергирующая система 400 при поставке содержит бак для жидкости 402. Однако при необходимости можно не использовать сравнительно маленький бак 402, и оставшуюся часть системы перекачать по трубам в более большой бак, например промышленный резервуар для жидкой среды (не показано). Система 400 также включает приемную воронку для твердых веществ 403, диспергирующий блок 401, содержащий корпус 404, имеющий структуру, аналогичную структуре корпуса 304, рассмотренного выше, двигатель 414, интерфейс устройства управления 416 для пользователя и блок под давлением 418.

Основное различие между диспергирующими системами 400 и 300 заключается во внутренней структуре диспергирующих блоков 401 и 301. Диспергирующий блок 401, в деталях показанный на фиг. 8, включает ротор 420, который функционирует как лопастное колесо и генерирует очень высокое статическое давление текучей среды внутри блока. В результате, диспергирующий блок функционирует наподобие центробежного насоса, при этом резервный насос, в общем, не нужен даже при сравнительно высоких вязкостях.

Ротор 420 захватывает жидкость из бака в камеру 406 через впускное отверстие 408 при высокой скорости всасывания. Жидкость и твердые вещества (поступающие через впускное отверстие 410) захватываются в осевом направлении в ротор 420 при высоком давлении и покидают ротор 420 в радиальном направлении при высокой скорости турбулентного потока, который диспергирует исходное сырье в жидкость. По существу, через выпускное отверстие 412 из камеры выходит гомогенная дисперсия и направляется в бак для осахаривания.

Диспергирующая система 400 может работать в различных режимах, примеры которых показаны на фиг. 7 и 7А. На фиг. 7 диспергирующий блок 401 загружают путем подачи исходного сырья в загрузочный бункер 422, который установлен на впускном отверстии для твердых веществ корпуса 404. Клапан 424 регулирует подачу исходного сырья в диспергирующий блок 401. Исходное сырье можно загрузить, применяя любую требуемую технологию подачи, например, вручную, с помощью конвейера, пневматического загрузчика или т.п. На фиг. 7А исходное сырье захватывается из мешка или бункера 424 с помощью всасывающего зонда 426. В этом случае подачу исходного сырья можно контролировать путем регулирования скорости всасывания. Можно использовать другие схемы расположения.

Исходное сырье можно загружать в диспергирующий блок непрерывно или периодически, при этом диспергирующая система может работать в рециркулирующем или "одноразовом" режиме. При необходимости диспергирующий блок можно применять для смешивания в процессе осахаривания, после завершения первоначального диспергирования.

Струйное перемешивание.

После того как исходное сырье было, по существу, диспергировано в жидкости, может быть желательным выключить диспергирующую систему и использовать для дальнейшего перемешивания смеситель, потребляющий меньше энергии. В частности, полезные смесители для этой цели известны как "струйные смесители". В целом, подходящие смесители отличаются тем, что они создают высокоскоростной циркуляционный поток, например поток в тороидальной или эллиптической форме. В целом, предпочтительные смесители демонстрируют высокую скорость объемного потока. Предпочтительные смесители обеспечивают эффективное перемешивание при сравнительно низком потреблении энергии. Также, в общем, предпочтительно, когда смеситель характеризуется сравнительно низким сдвигом и не приводит к нагреванию жидкой среды, поскольку сдвиг и/или тепло могут пагубно влиять на осахаривающий агент (или микроорганизм, например, в случае ферментации). Как будет подробно рассмотрено ниже, некоторые предпочтительные смесители засасывают смесь через впускное отверстие в перемешива-

вающий элемент, который может содержать ротор или лопастное колесо, а затем выталкивают смесь из перемешивающего элемента через выходное сопло. Такое циркулирующее воздействие и высокая скорость струи, выходящей из сопла, способствуют диспергированию материала, плавающего на поверхности жидкости, или материала, осевшего на дно бака, в зависимости от ориентации перемешивающего элемента. Перемешивающие элементы можно установить в различных ориентациях для диспергирования как плавающего на поверхности, так и оседающего материала, при этом ориентацию перемешивающих элементов в некоторых случаях можно регулировать.

В некоторых предпочтительных системах для смешивания скорость v_0 струи, которая вступает в контакт с внешней текучей средой, составляет от примерно 2 до 300 м/с, например примерно от 5 до 150 м/с или примерно от 10 до 100 м/с. Потребляемая мощность системы для перемешивания может составлять от примерно 20 до 1000 кВт, например от 30 до 570 кВт, от 50 до 500 кВт или от 150 до 250 кВт для 100000 л бака.

Струйное перемешивание включает нагнетание с высокой скоростью затопленной струи или нескольких затопленных струй жидкости в текучую среду, в данном случае в смесь сырья из биомассы, жидкой среды и осаживающего агента. Струя жидкости пронизывает текучую среду, при этом ее энергия рассеивается за счет турбулентности и небольшого предварительного нагрева. Указанная турбулентность связана с градиентами скорости (сдвигом текучей среды). Движение окружающей текучей среды ускоряется и она вовлекается в струйный поток, при этом указанный вторичный увлеченный поток расширяется по мере увеличения расстояния от струйного сопла. Кинетическая энергия вторичного потока, в общем, остается постоянной при расширении струи, если только поток не ударяется о стенку, пол или другое препятствие. Чем дальше продолжается движение потока перед его столкновением с каким-либо препятствием, тем больше жидкости вовлекается во вторичный поток, что увеличивает объемный поток в баке или сосуде. Когда вторичный поток натолкнется на препятствие, он потеряет кинетическую энергию, более или менее в зависимости от геометрии бака, например угла, под которым поток ударяется об препятствие. В общем, желательно ориентировать струи и/или проектировать бак таким образом, чтобы гидравлические потери при столкновении со стенками бака были минимальными. Например, может быть желательным, чтобы бак имел дугообразное дно (например, куполообразный днищевый лист), а струйные смесители были ориентированы сравнительно близко к боковым стенкам, как показано на фиг. 12.

Дно бака (нижний днищевый лист) может иметь любую требуемую куполообразную конфигурацию или может иметь эллиптическую или коническую геометрию.

Струйное перемешивание отличается от большинства видов перемешивания жидкость/жидкость и жидкость/твердое вещество тем, что движущая сила является гидравлической, а не механической. Вместо сдвига текучей среды и вынужденного ее движения по всему смесителю, как действует механическая мешалка, струйный смеситель заставляет текучую среду двигаться через одно или более сопел внутри бака, создавая высокоскоростные струи, которые увлекают другую текучую среду. Результатом является сдвиг (текучей среды относительно текучей среды) и циркуляция, которые позволяют эффективно перемешивать содержимое бака.

На фиг. 9 высокий градиент скорости между потоком центральной части из затопленной струи и окружающей текучей средой вызывает завихрения. На фиг. 9А показаны общие характеристики затопленной струи. Когда затопленная струя расширяется в окружающую внешнюю среду, профиль скоростей выравнивается по мере увеличения расстояния (x) от сопла. Кроме того, градиент скорости dv/dx изменяется с x (расстоянием от осевой линии струи) при данном расстоянии x , так что образуются завихрения, которые создают зону смешивания (коническое расширение, проходящее от сопла).

При экспериментальном изучении затопленной струи в воздухе (результаты которого применимы к любой текучей среде, в том числе воде), Albertson с соавторами ("Diffusion Submerged Jets", Paper 2409, Amer. Soc. of Civil Engineers Transactions, vol. 115:639-697, 1950, at p. 657) вывел безразмерные зависимости для $v(x)_{r=0}/v_0$ (скорость по оси), $v(r)/v(x)_{r=0}$ (профиль скоростей при заданном x), Q_x/Q_0 (вовлечение потока) и E_x/E_0 (изменение энергии с x):

(1) скорость по оси, $v(x)_{r=0}/v_0$

$$\frac{v(r=0)}{v_0} \frac{x}{D_0} = 6.2$$

(2) профиль скоростей при любом x , $v(r)/v(x)_{r=0}$

$$\log \left[\frac{v(r)}{v_0} \frac{x}{D} \right] = 0.79 - 33 \frac{r^2}{x^2}$$

(3) поток и энергия при любом x

$$\frac{Q_x}{Q_0} = 0.32 \frac{x}{D_0} \quad (10.21)$$

$$\frac{E_x}{E_0} = 4.1 \frac{D_0}{x} \quad (10.22)$$

где

$v(r=0)$ - скорость по оси затопленной струи (м/с),

v_0 - скорости струи на выходе из сопла (м/с),

x - расстояние от сопла (м),

r - расстояние от осевой линии струи (м),

D_0 - диаметр сопла (м),

Q_x - поток текучей среды через любую заданную плоскость на расстоянии x от сопла (м³/с),

Q_0 - поток текучей среды, выходящий из сопла (м³/с),

E - поток энергии текучей среды через любую заданную плоскость на расстоянии x от сопла (м³/с),

E_0 - поток энергии текучей среды, выходящий из сопла (м³/с).

("Water Treatment Unit Processes: Physical and Chemical", David W. Hendricks, CRC Press 2006, p. 411.)

Струйное перемешивание особенно рентабельно при применении большого объема (свыше 1000 галлон) и низкой вязкости (до 1000 сП). Кроме того, в целом, предпочтительно в большинстве случаев насос или двигатель струйного смесителя не погружены под воду, например, при применении насоса он, как правило, расположен вне сосуда.

Одно преимущество струйного перемешивания состоит в том, что температура внешней текучей среды (кроме среды, непосредственно прилегающей к выходу из сопла, где может иметь место некоторое локализованное нагревание) возрастает только незначительно, если вообще возрастает. Например, температура может возрасти не более чем на 5°C, не более чем на 1°C или на не поддающуюся измерению величину.

Струйные мешалки.

Один тип струйной мешалки показан на фиг. 10-10А. Этот тип смесителя является коммерчески доступным, например, в компании IKA под торговой маркой ROTOTRON™. На фиг. 10 смеситель 200 содержит двигатель 202, который вращает приводной вал 204. Перемешивающий элемент 206 установлен в конце приводного вала 204. Как показано на фиг. 10А, перемешивающий элемент 206 включает кожух 208 и внутри кожуха лопастное колесо 210. Как указано стрелками, при вращении лопастного колеса в его "переднем" направлении лопастное колесо 210 захватывает жидкость через открытый верхний конец 212 кожуха и заставляет жидкость перемещаться через открытый нижний конец 214. Жидкость, выходящая из конца 214, находится в виде высокоскоростного потока или струи. Если направление вращения лопастного колеса 210 изменить на противоположное, жидкость можно засосать через нижний конец 214 и вытолкнуть через верхний конец 212. Такую процедуру можно применять, например, для захватывания твердых веществ, плавающих около или на поверхности жидкости в баке или сосуде (отметим, что "верхний" и "нижний" относятся к ориентации смесителя, изображенного на фиг. 10; смеситель можно ориентировать в баке таким образом, что верхний конец будет ниже нижнего конца).

Кожух 208 содержит расширенные участки 216 и 218, прилегающие к его концам. Как полагают, такие расширенные участки, в целом, способствуют образованию тороидального потока, который наблюдают при применении указанного типа смесителя. Геометрия кожуха и лопастное колесо также позволяют концентрировать поток с образованием высокоскоростного потока при сравнительно низкой потребляемой мощности.

Предпочтительно, когда зазор между кожухом 208 и лопастным колесом 210 достаточен, чтобы избежать чрезмерного дробления материала при прохождении его через кожух. Например, зазор может по меньшей мере в 10 раз превышать средний размер частиц твердых веществ в смеси, предпочтительно по меньшей мере в 100 раз.

В некоторых вариантах реализации вал 204 выполнен таким образом, чтобы иметь возможность подавать газ через вал. Например, вал 204 может содержать канал (не показано), через который подают газ, и одно или более отверстий, через которые газ поступает в смесь. Указанные отверстия могут располагаться внутри кожуха 208 для усиления перемешивания и/или в других местах по всей длине вала 204.

Лопастное колесо 210 может иметь любую необходимую геометрию, которая позволит засосать жидкость через кожух на высокой скорости. Лопастное колесо предпочтительно представляет собой морское лопастное колесо, показанное на фиг. 10А, но может иметь другую конструкцию, например представлять собой лопастное колесо Рустона, показанное на фиг. 10В, или модифицированное лопастное колесо Рустона, например, наклоненное таким образом, чтобы обеспечить небольшой поток в осевом направлении.

Чтобы создать высокоскоростной поток через кожух, двигатель 202 предпочтительно представляет собой высокоскоростной двигатель с высоким крутящим моментом, например, способный работать при скоростях от 500 до 20000 об/мин, например от 3000 до 10000 об/мин. Однако чем больше смеситель (например, чем больше кожух и/или чем больше двигатель), тем ниже может быть скорость вращения. Соответственно при применении большого смесителя, например, с мощностью 5, 10, 20 или 30 л.с. или больше двигатель можно выполнить таким образом, чтобы он работал при более низких скоростях вращения, например менее чем 2000 об/мин, менее чем 1500 об/мин или даже 500 об/мин или еще менее. Например, смеситель с размером, позволяющим перемешать содержимое 10000-20000-литрового бака,

может работать при скоростях от 900 до 1200 об/мин. Крутящий момент двигателя предпочтительно является саморегулирующимся, что позволяет поддерживать сравнительно постоянную скорость лопастных колес при изменении условий перемешивания со временем, например вследствие осахаривания твердых веществ.

Предпочтительно смеситель можно ориентировать под любым необходимым углом или устанавливать в любом положении в баке для направления струйного потока в требуемом направлении. Кроме того, как описано выше, в зависимости от направления вращения лопастного колеса смеситель можно применять для захвата текучей среды из одного или другого конца кожуха.

В некоторых вариантах реализации в сосуде устанавливают два или более струйных смесителя, при этом один или более смеситель выполнен с возможностью выброса струи текучей среды по направлению вверх ("насос для нагнетания вверх") и один или более смеситель выполнен с возможностью выброса струи текучей среды по направлению вниз ("насос для нагнетания вниз"). В некоторых случаях смеситель с насосом для нагнетания вверх устанавливают таким образом, чтобы он примыкал к смесителю с насосом для нагнетания вниз, для усиления турбулентного потока, создаваемого смесителями. При необходимости во время переработки один или более смесителей можно переключать, нагнетая то восходящий, то нисходящий потоки. Может быть выгодным во время начального диспергирования исходного сырья в жидкой среде переключать все или большинство смесителей в режим нагнетания вверх, в частности, если исходное сырье выгружают или выдувают на поверхность жидкости, поскольку нагнетание вверх создает значительную турбулентность у поверхности. Нагнетание вверх также можно использовать в процессе ферментации, чтобы содействовать удалению CO_2 из жидкости, вызывая барботирование этого газа к поверхности, откуда он может быть удален путем вентилирования.

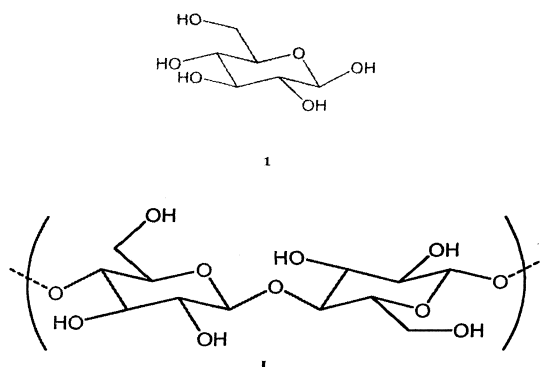
Другие подходящие струйные смесители описаны в предварительных заявках на патент США № 61/218832, поданной 19 июня 2009 года, и № 12/782694, поданной 24 мая 2010 года, полное содержание которых включено в настоящую заявку посредством ссылки.

Материалы.

Материалы из биомассы.

Биомасса может представлять собой, например, целлюлозный или лигноцеллюлозный материал. Такие материалы включают бумагу и бумажную продукцию (например, бумагу с полимерным покрытием и крафт-бумагу), древесину, материалы, родственные древесине, например древесно-стружечную доску, травы, рисовую шелуху, выжимки, джут, пеньку, льноволокно, бамбук, сизаль, манильскую пеньку, солому, прутьевидное просо, люцерну, сено, стержни кукурузного початка, солому из кукурузы, косовые нити; и материалы с высоким содержанием α -целлюлозы, например хлопок. Исходное сырье можно получить из бракованных текстильных материалов, не бывших в употреблении, например обрезков, отходов после использования потребительских товаров, например тряпок. При применении бумажной продукции такого рода продукты могут представлять собой материалы, не бывшие в употреблении, например бракованные материалы, или они могут представлять собой отходы после использования потребительских товаров. Помимо сырьевых материалов, не бывших в употреблении, в качестве источников волокон также можно применять отходы после использования потребительских товаров, промышленные отходы (например, побочные продукты переработки) и производственные отходы (например, стоки от процесса облагораживания бумаги). Сырье из биомассы также можно получить или извлечь из бытовых (например, сточные воды), животных или растительных отходов. Дополнительные целлюлозные и лигноцеллюлозные материалы были описаны в патентах США №№ 6448307, 6258876, 6207729, 5973035 и 5952105.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения материал биомассы содержит углевод, который представляет собой или содержит материал, имеющий один или более β -1,4-мостиков, и средняя молекулярная масса которого составляет от примерно 3000 до 50000. Такой углевод представляет собой или содержит целлюлозу (I), полученную из (β -глюкозы 1) путем конденсации β -(1,4)-гликозидных связей. Указанный мостик отличается от мостика для α -(1,4)-гликозидных связей, присутствующих в крахмале и других углеводах



Крахмалистые материалы включают сам крахмал, например кукурузный крахмал, пшеничный крахмал, картофельный крахмал или рисовый крахмал, производное крахмала, или материал, включающий крахмал, такой как съедобный продукт питания или сельскохозяйственная культура. Например, крахмалистый материал может представлять собой аракачу съедобную, гречиху, банан, ячмень, маниоку, кудзу, кислицу клубневую, саго, сорго, обычный хорошо знакомый картофель, сладкий картофель, таро, ямс или один или более видов бобов, таких как конские бобы, чечевица или горох. Смеси любых двух или более крахмалистых материалов также представляют собой крахмалистые материалы.

В некоторых случаях биомасса представляет собой микробный материал. Микробные источники включают, но не ограничиваются ими, любой природный или генетически модифицированный микроорганизм или организм, который содержит или способен обеспечить источник углеводов (например, целлюлозы), например протисты, например животные протисты (например, простейшие организмы, такие как флагеллаты, амебодные организмы, инфузории и споровики) и растительные протисты (например, водоросли, такие как альвеолярные, хлорарахнофитовые, криптомонадовые, эвгленовые, глаукофитовые, гаптофитовые, красные водоросли, страминопилы и *Viridaplantae*). Другие примеры включают морскую водоросль, планктон (например, макропланктон, мезопланктон, микропланктон, нанопланктон, пикопланктон и фемтопланктон), фитопланктон, бактерии (например, грамположительные бактерии, грамотрицательные бактерии и экстремофилы), дрожжи и/или их смеси. В некоторых случаях микробную биомассу можно получить из природных источников, например океана, озер, водоемов, например, с соленой водой или пресной водой, или на суше. В качестве альтернативы или дополнительно микробную биомассу можно получить из клеточных культур, например промышленных сухих и влажных клеточных культур.

Осахаривающие агенты.

Подходящие ферменты включают целлюлазы и целлюлазы, способные разлагать биомассу. Подходящие целлюлазы включают целлюлазу из *Aspergillus niger*, поступающую в продажу под торговым наименованием NOVOZYME 188™.

Целлюлазы способны разлагать биомассу и могут быть грибкового или бактериального происхождения. Подходящие ферменты включают целлюлазы из родов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Hemicol*, *Fusarium*, *Thielavia*, *Acremonium*, *Chrysosporium* и *Trichoderma* и включают виды *Hemicol*, *Coprinus*, *Thielavia*, *Fusarium*, *Myceliophthora*, *Acremonium*, *Cephalosporium*, *Scytalidium*, *Penicillium* ox *Aspergillus* (см., например, EP 458162), в частности целлюлазы, полученные с помощью штамма, выбранного из видов *Hemicol insolens* (реклассифицированного как *Scytalidium thermophilum*, см., например, патент США № 4435307), *Coprinus cinereus*, *Fusarium oxysporum*, *Myceliophthora thermophila*, *Meripilus giganteus*, *Thielavia terrestris*, *Acremonium* sp., *Acremonium persicinum*, *Acremonium acremonium*, *Acremonium brachypenium*, *Acremonium dichromosporum*, *Acremonium obclavatum*, *Acremonium pinkertoniae*, *Acremonium roseogriseum*, *Acremonium incoloratum* и *Acremonium furatum*; предпочтительно из видов *Hemicol insolens* 5 DSM 1800, *Fusarium oxysporum* DSM 2672, *Myceliophthora thermophila* CBS 117.65, *Cephalosporium* sp. RYM-202, *Acremonium* sp. CBS 478.94, *Acremonium* sp. CBS 265.95, *Acremonium persicinum* CBS 169.65, *Acremonium acremonium* AHU 9519, *Cephalosporium* sp. CBS 535.71, *Acremonium brachypenium* CBS 866.73, *Acremonium dichromosporum* CBS 683.73, *Acremonium obclavatum* CBS 311.74, *Acremonium pinkertoniae* CBS 157.70, *Acremonium roseogriseum* CBS 134.56, *Acremonium incoloratum* CBS 146.62 и *Acremonium furatum* CBS 299.70H. Разлагающие клетчатку ферменты можно также получить из *Chrysosporium*, предпочтительно штамма *Chrysosporium lucknowense*. Кроме того, можно использовать *Trichoderma* (в частности, *Trichoderma viride*, *Trichoderma reesei* и *Trichoderma koningii*), *alkalophilic Bacillus* (см., например, патент США № 3844890 и EP 458162) и *Streptomyces* (см., например, EP 458162).

Можно использовать комплексы ферментов, например комплексы, доступные от компании Genencor под торговым наименованием ACCELLERASE®, например Accellerase® 1500. Ферментный комплекс Accellerase® 1500 содержит несколько видов ферментной активности, главным образом, экзоглюканазу, эндоглюканазу (2200-2800 ед. СМC/г), гемицеллюлазу и бета-глюкозидазу (525-775 ед. pNPG/г) и имеет pH от 4,6 до 5,0. Эндоглюканазную активность ферментного комплекса выражают в единицах активности карбоксиметилцеллюлозы (ед. СМC), тогда как бета-глюкозидазную активность приводят в единицах активности pNP-глюкозида (ед. pNPG). Согласно одному варианту реализации изобретения применяют смесь ферментного комплекса Accellerase® 1500 и целлюлазы NOVOZYME™ 188.

В некоторых вариантах реализации осаживающий агент содержит кислоту, например минеральную кислоту. При применении кислоты могут образоваться побочные продукты, которые токсичны для микроорганизмов, в этом случае описанный процесс может также включать удаление таких побочных продуктов. Удаление можно осуществить с применением активированного угля, например активированного древесного угля, или другими подходящими методами.

Агенты для ферментации.

Микроорганизм (микроорганизмы), применяемый при ферментации, может представлять собой природные микроорганизмы и/или генно-инженерные микроорганизмы. Например, микроорганизм может представлять собой бактерию, например бактерию, разлагающую клетчатку, гриб, например дрожжи, растение или протист, например водоросль, простейшее или грибоподобный протист, например мик-

сомицет. При совместимости организмов, можно использовать их смеси.

Подходящие ферментирующие микроорганизмы проявляют способность к превращению углеводов, таких как глюкоза, ксилоза, арабиноза, манноза, галактоза, олигосахариды или полисахариды, в продукты ферментации. Ферментирующие микроорганизмы включают штаммы рода *Sacchromyces* spp., например *Sacchromyces cerevisiae* (пекарские дрожжи), *Saccharomyces distaticus*, *Saccharomyces uvarum*; рода *Kluveromyces*, например вид *Kluveromyces marxianus*, *Kluveromyces fragilis*; рода *Candida*, например *Candida pseudotropicalis* и *Candida brassicae*, *Pichia stipitis* (родственник *Candida shehatae*), рода *Clavispora*, например вид *Clavispora lusitanae* и *Clavispora opuntiae*, рода *Pachysolen*, например вид *Pachysolen tannophilus*, рода *Bretannomyces*, например вид *Bretannomyces clausenii* (Philippidis G.P., 1996, Cellulose bioconversion technology, в Handbook on Bioethanol: Production and Utilization, Wyman C.E., ed., Taylor & Francis, Washington, DC, 179-212).

Коммерчески доступные дрожжи включают, например, Red Star®/Lesaffre Ethanol Red (доступные в компании Red Star/Lesaffre, США), FALI® (доступные в компании Fleischmann's Yeast, отделение компании Bums Philip Food Inc., США), SUPERSTART® (доступные в компании Alltech, теперь компания Lalemand), GERT STRAND® (доступные в компании Gert Strand AB, Швеция) и FERMOL® (доступные в компании DSM Specialties).

При ферментации можно также применять бактерии, например *Zymomonas mobilis* и *Clostridium thermocellum* (Philippidis, 1996, supra).

Добавки.

Антибиотики.

Хотя, в целом, предпочтительно иметь высокую концентрацию сахара в осажаренном растворе, можно использовать более низкие концентрации, в этом случае может быть желательным добавить противомикробную добавку, например антибиотик широкого спектра действия, при низкой концентрации, например от 50 до 150 ppm. Другие подходящие антибиотики включают амфотерицин В, ампициллин, хлорамфеникол, ципрофлоксацин, гентамицин, гигромицин В, канамицин, неомицин, пенициллин, пуромицин, стрептомицин. Антибиотики будут ингибировать рост микроорганизмов при транспортировке и хранении, при этом их подходящие концентрации могут составлять, например, от 15 до 1000 ppm по массе, например в диапазоне от 25 до 500 ppm или в диапазоне от 50 до 150 ppm. При необходимости можно добавить антибиотик, если даже концентрация сахара сравнительно высока.

Поверхностно-активные вещества.

Добавление поверхностно-активных веществ может увеличить скорость осахаривания. Примеры поверхностно-активных веществ включают неионногенные поверхностно-активные вещества, такие как полиэтиленгликолевые поверхностно-активные вещества Tween® 20 или Tween® 80, ионногенные поверхностно-активные вещества или амфотерные поверхностно-активные вещества. Другие подходящие поверхностно-активные вещества включают октилфенолэтоксилаты, такие как неионногенные поверхностно-активные вещества серии TRITON™ X, коммерчески доступные в компании Dow Chemical. Поверхностно-активное вещество можно также добавлять, чтобы удерживать образующийся сахар в растворе, в частности в высококонцентрированных растворах.

Среда для осахаривания.

Согласно одному варианту реализации изобретения среда содержит компоненты со следующими концентрациями:

Основа азотного агара для дрожжей	1,7 г/л
Мочевина	2,27 г/л
Пептон	6,56 г/л
Поверхностно-активное вещество Tween® 80	10 г/л

Физическая обработка исходного сырья.

Физическая подготовка.

В некоторых случаях способы могут включать физическую подготовку, например измельчение материалов, например, путем резки, перемалывания, отрезания, растирания в порошок или рубки. Например, в некоторых случаях исходное рыхлое сырье (например, бумагу вторичной переработки, крахмалистые материалы, уголь или просо прутьевидное) подготавливают путем разрезания или измельчения. Например, в других случаях материал сначала предварительно обрабатывают или перерабатывают, применяя один или более из любых способов, описанных в настоящей заявке, таких как излучение, обработка ультразвуком, окисление, пиролиз или паровой взрыв, а затем измельчают или дополнительно измельчают. Сначала обработка, а затем измельчение могут быть предпочтительными, поскольку обработанные материалы проявляют склонность к большей хрупкости и, следовательно, более легко поддаются измельчению. Для удаления из сырьевого потока слишком больших или нежелательных объектов, таких как, например, камни или гвозди, можно применять сита и/или магниты.

Системы подготовки загружаемого материала можно выполнить таким образом, чтобы получить потоки с конкретными характеристиками, такими как, например, определенные максимальные размеры,

определенные отношения длины к ширине или отношения удельных поверхностей. Физическая подготовка позволяет увеличить скорость реакций или уменьшить необходимое время переработки за счет раскрытия материалов и делая их более доступными для процессов и/или реагентов, таких как реагенты в растворе. Можно контролировать объемную плотность исходного сырья (например, в сторону увеличения). В некоторых случаях может быть желательным получение материала с низкой объемной плотностью, загущение материала (например, чтобы сделать его транспортировку в другое место более удобной и менее дорогостоящей) и затем возвращение материала в состояние с более низкой объемной плотностью.

Измельчение.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения материал, подвергаемый переработке, находится в виде волокнистого материала, содержащего волокна, полученные путем разрезания источника волокон. Например, разрезание можно осуществить с помощью режущего инструмента с дисковым ножом.

Например, источник волокон, например, не поддающийся обработке или с пониженным уровнем устойчивости к разложению, можно разрезать, например, в режущем инструменте с дисковым ножом, с получением первого волокнистого материала. Первый волокнистый материал проходит через первое сито, например, со средним размером отверстия, составляющим 1,59 мм или менее (1/16 дюйма, 0,0625 дюйма), с получением второго волокнистого материала. При необходимости источник волокна можно разрезать на части перед измельчением, например, с помощью шредера. Например, при применении бумаги в качестве источника волокна бумагу можно сначала разрезать на полосы шириной, например, от 1/4 до 1/2 дюйма, применяя шредера, например шредер с винтом противоположного вращения, такую как машины, производимые компанией Munson (Ютика, Нью-Йорк). В качестве альтернативы разрезанию на полосы бумагу можно измельчить путем разрезания до необходимого размера в гильотинной резальной машине. Например, гильотинную резальную машину можно применять для разрезания бумаги на листы, например, шириной 10 дюймов и длиной 12 дюймов.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения разрезание источника волокна и прохождение образовавшегося первого волокнистого материала через первое сито осуществляют одновременно. Разрезание и прохождение можно также осуществить в периодическом процессе.

Например, режущий инструмент с дисковым ножом можно применять для одновременного разрезания источника волокна и просеивания первого волокнистого материала. Режущий инструмент с дисковым ножом включает бункер, который можно загрузить измельченным источником волокна, полученным в результате его измельчения. Источник измельченного волокна в некоторых вариантах реализации, исходное сырье перед осахариванием и/или ферментацией обрабатывают физическими методами. Способы физической обработки могут включать один или более из любых способов, описанных в настоящей заявке, такие как механическая обработка, химическая обработка, облучение, обработка ультразвуком, окисление, пиролиз или паровой взрыв. Способы обработки можно применять в комбинациях из двух, трех, четырех или даже всех из указанных технологий (в любом порядке). При применении более чем одного способа обработки указанные способы можно использовать одновременно или в разное время. Можно также применять другие способы, которые изменяют молекулярную структуру сырья из биомассы, в отдельности или в комбинации со способами, описанными в настоящей заявке.

Механическая обработка.

В некоторых случаях способы обработки могут включать механическую обработку сырья из биомассы.

Механическая обработка включает, например, резку, дробление, прессование, перемалывание, разрезание и рубку. Дробление может включать, например, размол в шаровой мельнице, размол в молотковой дробилке, сухой или влажный размол на роторном/статорном станке или другие виды дробления. Другие способы механической обработки включают, например, жерновой помол, разламывание, механическую продольную резку или механическое разрывание, помол в круглошлифовальном станке или помол в пневматической фрикционной мельнице.

Механическая обработка может быть предпочтительной, если необходимо сделать целлюлозные или лигноцеллюлозные материалы "раскрытыми", подвергнуть их "напряжению", разрушению и разрыхлению, сделать целлюлозные материалы более поддающимися для разрыва цепей и/или понижения кристалличности. Открытые материалы также могут более легко поддаваться окислению при облучении.

В некоторых случаях механическая обработка может включать начальную подготовку исходного сырья при получении, например измельчение материалов, например, путем резки, дробления, разрезания, растирания в порошок или рубки. Например, в некоторых случаях рыхлое исходное сырье (например, бумагу вторичной переработки, крахмалистые материалы или прутьевидное просо) подготавливают путем резания или измельчения.

В качестве альтернативы или дополнительно исходный сырьевой материал можно сначала обрабатывать физическими методами с помощью одного или более из других способов физической обработки, например с помощью химической обработки, излучения, обработки ультразвуком, окисления, пиролиза или парового взрыва, а затем обработать механически. Такой цикл обработки может быть выгодным,

поскольку материалы, обработанные с применением одного или более из других способов обработки, например облучения или пиролиза, проявляют склонность к большей хрупкости, и, следовательно, процесс дальнейшего изменения молекулярной структуры материала с помощью механической обработки можно осуществить с большей легкостью.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения сырьевой материал находится в форме волокнистого материала, и его механическая обработка включает разрезание для раскрытия волокон волокнистого материала. Разрезание можно осуществить, например, с помощью режущего инструмента с дисковым ножом. Другие способы механической обработки исходного сырья включают, например, дробление или перемалывание. Дробление можно осуществить, например, в молотковой мельнице, шаровой мельнице, коллоидной мельнице, конической или конусной мельнице, дисковой мельнице, бегунковой мельнице, мельнице Уайли или мукомольной мельнице. Перемалывание можно осуществить, например, с помощью жерновой дробилки, круглошлифовального станка, кофейной мельницы или гратоснимателя. Перемалывание можно обеспечить, например, с помощью штифта, совершающего возвратно-поступательные движения, или другого элемента, как это имеет место в штифтовой мельнице. Другие механические способы обработки включают механическую продольную резку или механическое разрывание, другие способы, в которых к материалу прилагают давление, и помол в пневмонической фрикционной мельнице. Подходящие методы механической обработки также включают любые другие способы, которые изменяют молекулярную структуру исходного сырья.

При необходимости механически обработанный материал можно пропускать через сито, например, со средним размером отверстия 1,59 мм или менее (1/16 дюйма, 0,0625 дюйма). Согласно некоторым вариантам реализации изобретения разрезание или другую механическую обработку и просеивание выполняют одновременно. Например, режущий инструмент с дисковым ножом можно применять для одновременного разрезания и просеивания исходного сырья. Исходное сырье разрезают между неподвижными лезвиями и вращающимися лезвиями с получением разрезанного материала, который проходит через сито и поступает в резервуар.

Целлюлозный или лигноцеллюлозный материал можно механически обрабатывать в сухом состоянии (например, когда на его поверхности содержится немного несвязанной воды или несвязанная вода отсутствует), в гидратированном состоянии (например, при содержании абсорбированной воды до 10 мас.%) или во влажном состоянии, например, при содержании от примерно 10 мас.% до примерно 75 мас.% воды. Источник волокна можно даже механически обрабатывать, когда он частично или полностью погружен в жидкость, такую как вода, этанол или изопропанол.

Источник волокнистого целлюлозного или лигноцеллюлозного материала можно также механически обрабатывать в газовой среде (например, в потоке или атмосфере газа, отличного от воздуха), например кислороде, или азоте, или паре.

При необходимости лигнин можно удалять из любых волокнистых материалов, которые включают лигнин. Кроме того, чтобы способствовать разрушению материалов, содержащих целлюлозу, материал можно обрабатывать до или во время механической обработки или облучения с помощью тепла, химического соединения (например, минеральной кислоты, основания или сильного окислителя, такого как гипохлорит натрия) и/или фермента. Например, перемалывание можно осуществить в присутствии кислоты.

Системы механической обработки можно выполнить таким образом, чтобы получать потоки с определенными морфологическими свойствами, такими как, например, площадь поверхности, пористость, объемная плотность, и в случае волокнистого сырья с такими характеристиками волокна, как отношение длины к ширине.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения площадь поверхности по методу Брунауэра-Эммета-Теллера механически обработанного материала составляет больше чем 0,1 м²/г, например больше чем 0,25 м²/г, больше чем 0,5 м²/г, больше чем 1,0 м²/г, больше чем 1,5 м²/г, больше чем 1,75 м²/г, больше чем 5,0 м²/г, больше чем 10 м²/г, больше чем 25 м²/г, больше чем 35 м²/г, больше чем 50 м²/г, больше чем 60 м²/г, больше чем 75 м²/г, больше чем 100 м²/г, больше чем 150 м²/г, больше чем 200 м²/г или даже больше чем 250 м²/г.

Пористость механически обработанного материала может составлять, например, больше чем 20%, больше чем 25%, больше чем 35%, больше чем 50%, больше чем 60%, больше чем 70%, больше чем 80%, больше чем 85%, больше чем 90%, больше чем 92%, больше чем 94%, больше чем 95%, больше чем 97,5%, больше чем 99% или даже больше чем 99,5%.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения после механической обработки объемная плотность материала составляет менее чем 0,25 г/см³, например 0,20, 0,15, 0,10, 0,05 г/см³ или менее, например 0,025 г/см³. Объемную плотность определяют с применением стандарта ASTM D1895B. Вкратце, такой способ включает заполнение мерного цилиндра известного объема пробой и измерение массы пробы. Объемную плотность рассчитывают путем деления массы пробы в граммах на известный объем цилиндра в кубических сантиметрах.

Если исходное сырье представляет собой волокнистый материал, волокна механически обработанных волокнистых материалов могут иметь сравнительно большое среднее отношение длины к диаметру

(например, больше чем 20 к 1), даже если они неоднократно подвергались разрезанию. Кроме того, волокна волокнистых материалов, описанных в настоящей заявке, могут иметь сравнительно небольшую длину и/или узкий диапазон отношений длины к диаметру.

В настоящей заявке средние величины ширины волокон (например, диаметр) представляют собой величины, определенные оптическими методами путем случайного выбора приблизительно 5000 волокон. Средние величины длины волокон представляют собой скорректированные значения длина - взвешенная длина. Площади поверхности по методу ВЕТ (Брунауэра, Эммета и Теллера) представляют собой площади многоточечной поверхности, и пористость представляет собой пористость, определенную способом ртутной порометрии.

Если второе исходное сырье представляет собой волокнистый материал 14, среднее отношение длины к диаметру волокон механически обработанного материала может составлять, например, больше чем 8/1, например больше чем 10/1, больше чем 15/1, больше чем 20/1, больше чем 25/1 или больше чем 50/1. Средняя длина волокна механически обработанного материала 14 может составлять, например, от примерно 0,5 до 2,5 мм, например от примерно 0,75 до 1,0 мм, и средняя ширина (например, диаметр) второго волокнистого материала 14 может составлять, например, от примерно 5 до 50 мкм, например от примерно 10 до 30 мкм.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения, если исходное сырье представляет собой волокнистый материал, стандартное отклонение длины волокна механически обработанного материала может составлять менее чем 60% относительно средней длины волокна механически обработанного материала, например менее чем 50%, менее чем 40%, менее чем 25%, менее чем 10%, менее чем 5% или даже менее чем 1% относительно средней длины.

В некоторых случаях может быть желательным получить материал с низкой объемной плотностью, повысить плотность материала (например, чтобы сделать его транспортировку в другое место более удобной и менее дорогостоящей), а затем вернуть материал в состояние с более низкой объемной плотностью. Материалы с повышенной плотностью можно перерабатывать любым из способов, описанных в настоящей заявке, или любой материал, переработанный любым из способов, описанных в настоящей заявке, можно в последствие подвергнуть загущению, например, как описано в патенте США № 12/429045 и WO 2008/073186, полное содержание которых включено в настоящую заявку посредством ссылки.

Обработка для повышения растворимости, снижения устойчивости к разложению или функционализации.

Материалы, которые были или не были подготовлены физическими способами, можно обработать с целью применения в любом производственном процессе, описанном в настоящей заявке. Один или более из производственных процессов, описанных ниже, может быть включен в функциональный блок по снижению устойчивости к разложению материала, описанный выше. В качестве альтернативы или в дополнение для уменьшения устойчивости к разложению материала можно использовать и другие процессы.

Способы обработки, используемые в функциональном блоке по снижению устойчивости к разложению материала, могут включать один или более способов, выбранных из облучения, обработки ультразвуком, окисления, пиролиза или парового взрыва.

Способы обработки можно применять в комбинациях из двух, трех, четырех или даже всех из указанных технологий (в любом порядке).

Обработка излучением.

Один или более циклов радиационной обработки можно применять для обработки материалов из исходного сырья и обеспечения широкого выбора различных источников с целью извлечения полезных веществ из сырья и получения частично разрушенного органического структурно модифицированного материала, который служит в качестве подложки для дальнейших технологических операций и/или циклов обработки. Облучение позволяет, например, уменьшить молекулярную массу и/или кристалличность исходного сырья. Излучение позволяет также стерилизовать материалы или любые среды, необходимые для биобработки материала.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения для облучения описанных материалов применяют энергию, находящуюся в материале, который испускает электрон из его атомной орбитали. Такое излучение можно обеспечить с помощью (1) тяжелых заряженных частиц, таких как альфа-частицы или протоны, (2) электронов, полученных, например, при бета-распаде или с помощью электронно-лучевых ускорителей, или (3) электромагнитного излучения, например, гамма-лучей, рентгеновских лучей или ультрафиолетовых лучей. В одном подходе для облучения исходного сырья можно применять излучение, вызванное радиоактивными веществами. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения можно использовать в любом порядке или одновременно любую комбинацию от (1) до (3) способа. В еще одном подходе для облучения исходного сырья можно применять электромагнитное излучение (например, вызванное применением электронно-лучевых эмиттеров). Применяемые дозы зависят от требуемого результата и конкретного исходного сырья.

В некоторых случаях, когда желателен разрыв цепи и/или требуется функционализация полимерной цепи, можно использовать частицы, более тяжелые, чем электроны, такие как протоны, ядра гелия, ионы

аргона, ионы кремния, ионы неона, ионы углерода, ионы фосфора, ионы кислорода или ионы азота. При необходимости разрыва цепи с раскрытием цикла для стимулирования этого процесса можно использовать положительно заряженные частицы благодаря их свойствам кислот Льюиса. Например, когда требуется максимальное окисление, можно использовать ионы кислорода, когда требуется максимальное нитрование, можно использовать ионы азота.

Применение тяжелых частиц и положительно заряженных частиц описано в патенте США № 12/417699, полное содержание которого включено в настоящую заявку посредством ссылки.

В одном способе первый материал, который представляет собой целлюлозу или содержит ее и имеет первую среднечисленную молекулярную массу (M_{N1}), облучают, например, с помощью ионизирующего излучения (например, в форме гамма-излучения, рентгеновского излучения, ультрафиолетового (УФ) света в диапазоне от 100 до 280 нм, электронного луча или других заряженных частиц) с получением второго материала, содержащего целлюлозу и имеющего вторую среднечисленную молекулярную массу (M_{N2}), более низкую, чем первая среднечисленная молекулярная масса. Второй материал (или первый и второй материал) можно комбинировать с микроорганизмом (с ферментной обработкой или без нее), который может утилизировать второй и/или первый материал или входящие в его состав сахара или лигнин с получением промежуточного соединения или продукта, такого как соединения или продукты, описанные в настоящей заявке.

Поскольку второй материал включает целлюлозу с пониженной молекулярной массой по сравнению с первым материалом и в некоторых случаях также с пониженной кристалличностью, второй материал, в целом, является более диспергируемым, поддающимся разбуханию и/или растворимым, например, в растворе, содержащем микроорганизм и/или фермент. Такие свойства делают обработку второго материала более легкой, а сам материал более подверженным к химическому, ферментативному и/или биологическому воздействию по сравнению с первым материалом, что может значительно улучшить производительность и/или объем выпуска требуемого продукта, например этанола. С помощью излучения можно также стерилизовать материалы или любые среды, необходимые для биообработки материала.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения уровень окисления (O_2) второго материала выше, чем уровень окисления (O_1) первого материала. Более высокий уровень окисления материала может способствовать его диспергируемости, способности к набуханию и/или растворимости, а также усилению подверженности материала химическому, ферментативному или биологическому воздействию. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения для увеличения уровня окисления второго материала относительно первого материала облучение осуществляют в кислородно-окислительной среде, например в защитной среде из воздуха или кислорода, с получением второго материала, более окисленного, чем первый материал. Например, второй материал может иметь больше гидроксильных групп, альдегидных групп, кетонных групп, эфирных групп или карбоксильных групп, которые могут повысить его гидрофильность.

Ионизирующее излучение.

Каждая форма излучения ионизирует углеродсодержащий материал за счет конкретных взаимодействий, которые определяются энергией излучения. Тяжелые заряженные частицы в основном ионизируют материю за счет кулоновского рассеяния; кроме того, эти взаимодействия создают быстрые электроны, которые могут дополнительно ионизировать материю. Альфа-частицы идентичны ядру атома гелия и образуются при альфа-распаде различных радиоактивных ядер, таких как изотопы висмута, полония, астата, радона, франция, радия, некоторых актинидов, таких как актиний, торий, уран, нептуний, кюрий, калифорний, америций и плутоний.

При использовании частиц они могут быть нейтральными (незаряженными), положительно заряженными или отрицательно заряженными. Будучи заряженными, заряженные частицы могут содержать один положительный или отрицательный заряд или несколько зарядов, например один, два, три или даже четыре или более зарядов.

В примерах, в которых требуется разрыв цепи, положительно заряженные частицы могут быть предпочтительными частично благодаря их кислотной природе. При использовании частиц их масса может быть равна массе электрона в состоянии покоя или превышать ее, например, в 500, 1000, 1500, 2000, 10000 или даже 100000 раз. Например, масса частиц может составлять от примерно 1 атомной единицы до примерно 150 атомных единиц, например, от примерно 1 атомной единицы до примерно 50 атомных единиц или от примерно 1 до примерно 25, например 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 или 15 атомных единиц. Ускорители, применяемые для ускорения частиц, могут быть электростатическими постоянного тока, электродинамическими постоянного тока, радиочастотными линейными, магнитоиндукционными линейными или непрерывного излучения. Например, в компании IB A, Бельгия можно приобрести циклотронный тип ускорителей, такой как система Rhodotron®, при этом в компании RDI, теперь IBA Industrial, можно приобрести ускорители постоянного тока, такие как Dynamitron®. Ионы и ионные ускорители рассмотрены в публикациях Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Krane, John Wiley & Sons, Inc. (1988), Krsto Prelec, FIZIKA B 6 (1997) 4, 177-206, Chu, William T., "Overview of Light-Ion Beam Therapy" Columbus-Ohio, ICRU-IAEA Meeting, 18-20 марта 2006 года, Iwata Y. et al., "Alternating-Phase-Focused IH-DTL for

Heavy-Ion Medical Accelerators" Proceedings of EPAC 2006, Эдинбург, Шотландии) и Leaner C.M. et al., "Status of the Superconducting ECR Ion Heavy Venus" Proceedings of EPAC 2000, Вена, Австрия.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения в качестве источника излучения применяют электронный луч. Электронный луч имеет преимущества, связанные с высокими мощностями дозы излучения (например, 1, 5 или даже 10 Мрад в секунду), высокой производительностью, более слабым удержанием и меньшими ограничениями в отношении оборудования. Электроны также могут быть более эффективными в стимулировании разрыва цепи. Кроме того, глубина проникновения электронов с энергиями от 4 до 10 МэВ может составлять от 5 до 30 мм или более, например 40 мм. В некоторых случаях многолучевые электронные устройства (например, многолучевые головки, часто называемые "рогами") применяют для введения в материал многократных доз электронно-лучевого излучения. Такая высокая суммарная мощность луча обычно достигается путем применения многолучевых ускоряющих головок. Например, электронно-лучевое устройство может включать две, четыре или более ускоряющие головки. В качестве одного примера электронно-лучевое устройство может включать четыре ускоряющие головки, мощность луча каждой из которых составляет 300 кВт, при суммарной мощности луча 1200 кВт. Применение многолучевых головок, мощность луча каждой из которых сравнительно низкая, препятствует чрезмерному повышению температуры материала, предотвращая, тем самым, горение материала, и также увеличивает однородность дозы, проходящей через толщу слоя материала. Облучение с применением многолучевой головки описано в предварительной заявке на патент США № 61/394851, поданной 20 октября 2010 года, полное содержание которой включено в настоящую заявку посредством ссылки.

Электронные пучки можно создать, например, с помощью электростатических генераторов, каскадных генераторов, трансформаторных генераторов, низкоэнергетических ускорителей со сканирующей системой, низкоэнергетических ускорителей с линейным катодом, линейных ускорителей и импульсных ускорителей. В качестве источника ионизирующего излучения можно использовать электроны, например, для сравнительно тонких штабелей материалов, например, менее чем 0,5 дюйма, например менее чем 0,4 дюйма, 0,3 дюйма, 0,2 дюйма или менее чем 0,1 дюйма. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения энергия каждого электрона в электронном луче составляет от примерно 0,3 МэВ до примерно 2,0 МэВ (миллион электрон-вольт), например от примерно 0,5 МэВ до примерно 1,5 МэВ или от примерно 0,7 МэВ до примерно 1,25 МэВ.

Устройства для электронно-лучевого облучения можно приобрести в компании Ion Beam Applications, Louvain-la-Neuve, Бельгия или в компании Titan Corporation, Сан-Диего, Калифорния.

Типичные энергии электронов могут составлять 1, 2, 4,5, 7,5 или 10 МэВ. Мощность типичного устройства для электронно-лучевого облучения может составлять 1, 5, 10, 20, 50, 100, 250 или 500 кВт. Уровень деполяризации исходного сырья зависит от применяемой энергии электронов и применяемой дозы, тогда как продолжительность воздействия зависит от мощности и дозы. Типичные дозы могут принимать значения 1, 5, 10, 20, 50, 100 или 200 кГр.

Электромагнитное излучение.

Согласно вариантам реализации изобретения, в которых облучение осуществляют с помощью электромагнитного излучения, энергия на фотон (в электрон-вольтах) электромагнитного излучения может составлять, например, больше чем 10^2 эВ, например больше чем 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 или даже больше чем 10^7 эВ. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения энергия на фотон электромагнитного излучения составляет от 10^4 до 10^7 , например от 10^5 до 10^6 эВ. Частота электромагнитного излучения может составлять, например, больше чем 10^{16} Гц, больше чем 10^{17} , 10^{18} , 10^{19} , 10^{20} или даже больше чем 10^{21} Гц. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения частота электромагнитного излучения составляет от 10^{18} до 10^{22} Гц, например от 10^{19} до 10^{21} Гц.

Дозы.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения облучение (с помощью любого источника излучения или комбинации источников) осуществляют до тех пор, пока материал принимает дозу, составляющую по меньшей мере 0,25 Мрад, например по меньшей мере 1,0, 2,5, 5,0, 8,0, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50 или даже по меньшей мере 100 Мрад. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения облучение осуществляют до тех пор, пока материал принимает дозу от 1,0 до 6,0 Мрад, например от 1,5 до 4,0 Мрад, от 2 до 10 Мрад, от 5 до 20 Мрад, от 10 до 30 Мрад, от 10 до 40 Мрад или от 20 до 50 Мрад.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения облучение осуществляют при мощности дозы облучения от 5,0 до 1500,0 килорад/ч, например от 10,0 до 750,0 килорад/ч или от 50,0 до 350,0 килорад/ч.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения применяют два или более источника излучения, например два или более ионизирующих излучения. Например, образцы можно обработать в любом порядке с помощью электронного луча, а затем гамма-излучением и УФ-светом с длинами волн от примерно 100 нм до примерно 280 нм. Согласно некоторым вариантам реализации изобретения образцы обрабатывают с применением трех источников ионизирующего излучения, например, с помощью электронного луча, гамма-излучения и УФ-света высокой энергии.

Обработка ультразвуком, пиролиз и окисление.

Наряду с облучением исходное сырье можно обработать с помощью любого одного или более спо-

собою, выбранных из обработки ультразвуком, пиролиза и окисления. Такие способы обработки рассмотрены в USSN 12/417840, содержание которого включено в настоящую заявку посредством ссылки.

Другие способы повышения растворимости, уменьшения устойчивости к разложению или функционализации.

Любые способы, описанные в этом параграфе, можно применять в отдельности без использования каких-либо способов, рассмотренных в настоящей заявке, или в комбинации с любыми способами, описанными в настоящей заявке (в любом порядке): паровым взрывом, химической обработкой (например, обработкой кислотами (в том числе обработкой концентрированными и разбавленными кислотами с применением минеральных кислот, таких как серная кислота, соляная кислота, и органических кислот, таких как трифторуксусная кислота)) и/или обработкой основаниями (например, обработкой известью или гидроксидом натрия)), обработкой УФ, обработкой с применением червячного экструдера (см., например, заявку на патент США № 61/073530115398, поданную 1817 ноября 2008 года), обработкой растворителями (например, обработкой с помощью ионных жидкостей) и измельчением в замороженном состоянии (см., например, заявки на патент США № 61/081709 и 12/502629).

Получение топлив, кислот, сложных эфиров и/или других продуктов.

После обработки биомассы с помощью одной или более технологических операций, описанных выше, сложные углеводы, содержащиеся в целлюлозной и гемицеллюлозной фракциях, можно переработать с получением ферментируемых сахаров посредством процесса осахаривания, как описано выше.

После транспортировки полученного сахаросодержащего раствора к производственному оборудованию сахара можно превратить в разнообразные продукты, такие как спирты, например этанол, или органические кислоты. Вид полученного продукта зависит от используемого микроорганизма и условий, при которых происходит биопереработка. Указанные операции можно осуществить, например, применяя существующее оборудование на предприятии по производству этанола из кукурузы.

При необходимости способы перемешивания и оборудование, рассмотренные в настоящей заявке, можно также применять при биопереработке. Предпочтительно системы для перемешивания, описанные в настоящей заявке, не придают жидкости высокое усилие сдвига и не повышают значительно температуру всей жидкости. В результате, микроорганизмы, применяемые при биопереработке, поддерживают в жизнеспособном состоянии на протяжении всего процесса. Перемешивание позволяет увеличить скорость реакции и повысить эффективность процесса.

В общем, при ферментации используют различные микроорганизмы. Сахаросодержащий раствор, полученный путем осахаривания лигноцеллюлозных материалов, будет содержать ксилозу, а также глюкозу. Может быть желательным удалить ксилозу, например, с помощью хроматографии, поскольку некоторые широко применяемые микроорганизмы (например, дрожжи) на нее не действуют. Ксилозу можно собрать и использовать при производстве других продуктов, например кормов для животных и заменителя сахара ксилита. Ксилозу можно удалить до или после подачи сахаросодержащего раствора в производственное оборудование, в котором будут осуществлять ферментацию.

Микроорганизм может представлять собой природный микроорганизм или генно-инженерный микроорганизм, например любой из микроорганизмов, описанный в настоящей заявке в разделе "Материалы".

Оптимальный pH для дрожжей составляет от примерно 4 до 5, при этом оптимальное pH для *Zytophas* составляет от примерно 5 до 6. Обычное время ферментации составляет от примерно 24 до 96 ч при температуре в диапазоне от 26 до 40°C, однако термофильные микроорганизмы предпочитают более высокие температуры.

Карбоксильные группы, в общем, понижают pH ферментируемого раствора, проявляя тенденцию к подавлению ферментации и/или действию некоторых микроорганизмов, например *Pichia stipitis*. Соответственно в некоторых случаях перед ферментацией или во время него желательно добавлять основание и/или буфер для повышения pH раствора. Например, в ферментируемую среду можно добавить гидроксид натрия или известь для повышения pH среды до диапазона, который оптимален для применяемого микроорганизма.

Ферментацию, в целом, проводят в водной питательной среде, которая может содержать источник азота или источник других питательных веществ, например мочевины, вместе с витаминами и микроэлементами и металлами. В общем, предпочтительно, когда питательная среда стерильна или, по меньшей мере, имеет низкую концентрацию микроорганизмов, например низкое количество бактерий. Стерилизацию питательной среды можно осуществлять любым необходимым способом. Однако в предпочтительных вариантах реализации стерилизацию осуществляют путем облучения питательной среды или ее отдельных компонентов перед смешиванием. В общем, применяют как можно более низкую дозу излучения, которая все еще позволяет достичь нужных результатов, чтобы минимизировать потребление энергии и конечные издержки. Например, во многих случаях саму питательную среду или ее компоненты можно обработать с помощью дозы излучения, составляющей менее чем 5 Мрад, например менее чем 4, 3, 2 или 1 Мрад. В определенных случаях питательную среду обрабатывают с помощью дозы от примерно 1 до 3 Мрад.

Согласно некоторым вариантам реализации изобретения весь процесс ферментации или его часть

можно прервать до того, как низкомолекулярный сахар полностью превратится в этанол. Промежуточные продукты ферментации включают высокие концентрации сахара и углеводов. Такие промежуточные продукты ферментации можно применять при приготовлении пищи для потребления людьми или животными. В дополнении или в качестве альтернативы промежуточные продукты ферментации можно размолоть до размера мелкодисперсных частиц в лабораторной мельнице из нержавеющей стали с получением мукообразного вещества.

Можно использовать передвижные бродильные сосуды, как описано в предварительной заявке на патент США № 60/832735, теперь опубликованной международной заявке № WO 2008/011598. Подобным образом, оборудование для осахаривания может быть передвижным. Кроме того, осахаривание и/или ферментацию можно осуществлять частично или полностью во время перевозки.

Последующая переработка.

После ферментации полученные текучие среды можно подвергать перегонке, применяя, например, "бражную колонну", для отделения этанола и других спиртов от основной массы воды и остатков твердых веществ. Пар, выходящий из бражной колонны, может представлять собой, например, 35 мас.% этанол и может быть загружен в ректификационную колонну. Смеси почти азеотропных (92,5%) этанола и воды из ректификационной колонны можно очистить с получением чистого (99,5%) этанола путем применения паровых молекулярных сит. Кубовые остатки бражной колонны можно направить на первую ступень трехступенчатого испарителя. Дефлегматор ректификационной колонны может обеспечить нагревание этой первой ступени. После первой ступени твердые вещества можно отделить, применяя центрифугу, и высушить в барабанной сушилке. Часть (25%) жидкости, вытекающей из центрифуги, можно повторно использовать для ферментации, а остальную часть направить на вторую и третью ступени испарителя. Большую часть конденсата из испарителя можно вернуть в процесс в виде довольно чистого конденсата, а небольшую часть отделить и направить на установку для очистки сточных вод для предотвращения накопления низкокипящих соединений.

Промежуточные соединения и продукты.

Применяя способы, описанные в настоящей заявке, можно превратить обработанную биомассу в один или более продуктов, таких как энергия, топлива, пищевые продукты и материалы. Некоторые примеры продуктов включают, но не ограничиваются ими, водород, спирты (например, одноатомные спирты или двухатомные спирты, такие как этанол, н-пропанол или н-бутанол), гидратированные или водные спирты, например, содержащие больше чем 10, 20, 30% или даже больше чем 40% воды, ксилит, сахара, биодизельное топливо, органические кислоты (например, уксусную кислоту и/или молочную кислоту), углеводороды, сопутствующие продукты (например, белки, такие как белки (ферменты), разлагающие клетчатку, или белки одноклеточных) и смеси любых из перечисленных продуктов в любой комбинации или относительной концентрации и при необходимости в комбинации с любыми добавками, например топливными добавками. Другие примеры включают карбоновые кислоты, такие как уксусная кислота или масляная кислота, соли карбоновой кислоты, смесь карбоновых кислот и солей карбоновых кислот и сложные эфиры карбоновых кислот (например, метиловые, этиловые и н-пропиловые сложные эфиры), кетоны (например, ацетон), альдегиды (например, ацетальдегид), альфа, бета ненасыщенные кислоты, такие как акриловая кислота, и олефины, такие как этилен. Другие спирты и производные спиртов включают пропанол, пропиленгликоль, 1,4-бутандиол, 1,3-пропандиол, метиловые или этиловые сложные эфиры любых из указанных спиртов. Другие продукты включают метилакрилат, метилметакрилат, молочную кислоту, пропионовую кислоту, масляную кислоту, янтарную кислоту, 3-гидроксипропионовую кислоту, соль любой из указанных кислот и смесь любой из указанных кислот и соответствующие соли.

Другие промежуточные соединения и продукты, в том числе пищевые и фармацевтические продукты, рассмотрены в патенте США № 12/417900, полное содержание которого тем самым включено в настоящую заявку посредством ссылки.

Другие варианты реализации изобретения.

Было описано несколько вариантов реализации изобретения. Тем не менее, будет понятно, что могут быть сделаны различные модификации без отклонения от сущности и объема изобретения.

В некоторых вариантах реализации системы, рассмотренные в настоящей заявке, или компоненты указанных систем могут быть переносными, например, наподобие передвижного технологического оборудования, описанного в патенте США № 12/374549 и международной заявке № WO 2008/011598, полное содержание которых включено в настоящую заявку посредством ссылки.

В любых диспергирующих системах, описанных в настоящей заявке, поток текучей среды (жидкости и/или газа) через диспергирующую систему может быть непрерывным или пульсирующим или представлять собой комбинацию периодов непрерывного потока с интервалами пульсирующего потока. Если поток является пульсирующим, генерирование импульсов может быть регулярным или нерегулярным.

Хотя в настоящей заявке были ссылки на баки, описанный процесс может протекать в любом типе сосуда или резервуара, в том числе в отстойниках, бассейнах, прудах и т.п. Если резервуар, в котором происходит перемешивание, представляет собой подземную структуру, такую как отстойник, его можно футерировать. Резервуар можно покрыть, например, если он находится на открытом воздухе или не имеет покрытия.

Согласно альтернативному варианту реализации изобретения в системах, показанных на фиг. 2А и 2В, диспергирующую систему 134 можно опустить, а насос можно применять для засасывания жидкости из бака и подачи ее через выпускную трубу 137 для увлажнения исходного сырьевого материала, который затем диспергируют путем смешивания в струйном смесителе 144. В таких вариантах реализации насос предпочтительно будет представлять собой насос с низким усилием сдвига, например поршневой насос прямого вытеснения, такой как винтовые насосы кавитационного типа, доступные в компании SEEPEX, и лопастные насосы от компании Waukesha. Также предпочтительно, чтобы насос мог закачивать высоковязкие текучие среды, поскольку вязкость жидкости будет возрастать при добавлении большего количества исходного сырья.

Хотя в настоящей заявке было описано сырье из биомассы, можно использовать другие виды исходного сырья и смеси сырья из биомассы с другими видами сырья. Например, в некоторых вариантах реализации можно использовать смеси сырья из биомассы с углеводородсодержащим сырьем, таким как сырье, описанное в предварительной заявке на патент США № 61/226877, поданной 20 июля 2009 года, полное содержание которой включено в настоящую заявку посредством ссылки.

Соответственно другие варианты реализации изобретения находятся в рамках следующей формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система осахаривания исходного сырья, содержащая бак, выполненный с возможностью содержания целлюлозного или лигноцеллюлозного исходного сырья из биомассы и жидкой среды; диспергирующую систему, имеющую впускное отверстие для твердых веществ, связанное с источником твердых веществ, впускное отверстие для жидкости, связанное с источником жидкости, и выпускное отверстие, диспергирующая система выполнена с возможностью диспергирования исходного сырья из биомассы в жидкой среде, диспергирующая система содержит камеру и внутри камеры - вращающийся элемент, который захватывает внутрь камеры исходное сырье и жидкую среду через впускные отверстия и выталкивает из камеры дисперсию исходного сырья в указанной среде в радиальном направлении через выпускное отверстие в бак; и струйный смеситель, выполненный с возможностью перемешивания содержимого бака, указанный струйный смеситель содержит лопастное колесо, расположенное внутри кожуха.
2. Система по п.1, отличающаяся тем, что диспергирующая система выполнена с возможностью захвата исходного сырья и жидкой среды из бака и их возврата обратно в бак.
3. Система по п.1, отличающаяся тем, что вращающийся элемент функционирует как лопастное колесо, а принцип действия вращающегося элемента внутри камеры соответствует принципу действия центробежного насоса.
4. Система по п.1, отличающаяся тем, что вращающийся элемент содержит перемешивающие элементы, размещенные соосно ротору, который расположен при взаимосвязи ротор-статор с боковой стенкой камеры.
5. Система по п.1, отличающаяся тем, что диспергирующая система содержит поршневой насос прямого вытеснения.
6. Система по п.5, отличающаяся тем, что поршневой насос прямого вытеснения представляет собой винтовой насос кавитационного типа.
7. Система по п.1, отличающаяся тем, что диспергирующая система содержит множество диспергирующих устройств.
8. Система по п.1, отличающаяся тем, что диспергирующая система выполнена с возможностью подачи потока жидкости на исходное сырье на поверхности жидкости с увлажнением исходного сырья.
9. Система по п.1, дополнительно содержащая систему подачи, выполненную с возможностью подачи исходного сырья из источника, расположенного за пределами бака.
10. Система по п.9, отличающаяся тем, что источник исходного сырья установлен выше бака.
11. Система по п.1, дополнительно содержащая устройство для подачи осахаривающего агента, выполненное с возможностью подачи осахаривающего агента из источника, расположенного за пределами бака.
12. Система по п.11, отличающаяся тем, что источник осахаривающего агента установлен выше бака.
13. Система по п.9, отличающаяся тем, что источник исходного сырья содержит загрузочный бункер.
14. Система по п.13, отличающаяся тем, что загрузочный бункер содержит вибрационное устройство.
15. Система по п.11, отличающаяся тем, что источник осахаривающего агента содержит загрузочный бункер.
16. Система по п.15, отличающаяся тем, что загрузочный бункер содержит вибрационное устройство.

во.

17. Система по п.1, отличающаяся тем, что система осахаривания исходного сырья дополнительно включает систему мониторинга.

18. Система по п.17, отличающаяся тем, что система мониторинга включает систему мониторинга глюкозы.

19. Система по п.18, отличающаяся тем, что система мониторинга глюкозы выполнена с возможностью мониторинга уровня глюкозы в смеси исходного сырья, жидкой среды и осахаривающего агента в процессе осахаривания.

20. Система по п.17, отличающаяся тем, что система мониторинга представляет собой вискозиметр.

21. Система по п.17, отличающаяся тем, что система мониторинга выполнена с возможностью мониторинга температуры внутри бака.

22. Система по п.17, отличающаяся тем, что система мониторинга выполнена с возможностью измерения содержания кислорода внутри бака.

23. Система по п.17, отличающаяся тем, что система мониторинга выполнена с возможностью измерения содержания этанола внутри бака.

24. Система по п.1, дополнительная содержащая контролер, регулирующий работу устройства для подачи исходного сырья и/или устройства для подачи осахаривающего агента на основе входных данных от устройства для контроля крутящего момента.

25. Система по п.9, отличающаяся тем, что система подачи выполнена с возможностью добавления дополнительного количества исходного сырья в бак в процессе осахаривания.

26. Система по п.1, отличающаяся тем, что диспергирующая система выполнена с возможностью диспергирования дополнительного количества исходного сырья в жидкой среде.

27. Система по п.11, отличающаяся тем, что устройство для подачи осахаривающего агента выполнено с возможностью добавления дополнительного количества осахаривающего агента в бак в процессе осахаривания.

28. Система по п.27, отличающаяся тем, что диспергирующая система выполнена с возможностью диспергирования дополнительного количества осахаривающего агента в жидкой среде.

29. Система по п.9, отличающаяся тем, что система подачи выполнена с возможностью подачи исходного сырья, имеющего объемную плотность, равную менее чем примерно $0,75 \text{ г/см}^3$.

30. Система по п.9, отличающаяся тем, что система подачи выполнена с возможностью подачи жидкой среды, включающей воду.

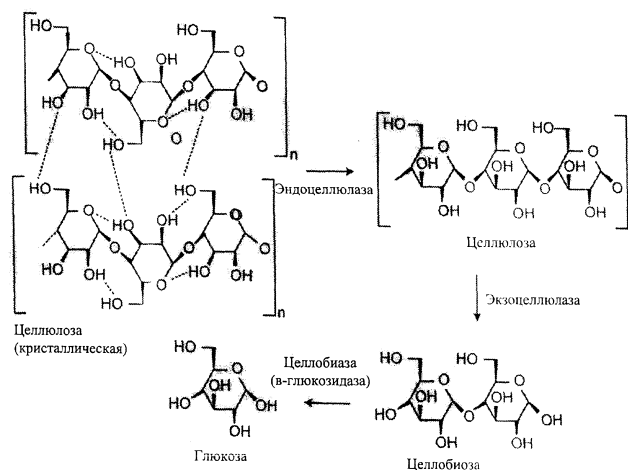
31. Система по п.11, отличающаяся тем, что устройство для подачи осахаривающего агента выполнено с возможностью подачи осахаривающего агента, включающего фермент.

32. Система по п.9, отличающаяся тем, что система подачи выполнена с возможностью добавления исходного сырья в жидкую среду отдельными порциями, и диспергирующая система выполнена с возможностью диспергирования исходного сырья в жидкой среде перед добавлением другой порции исходного сырья.

33. Система по п.1, дополнительно содержащая систему подачи добавки, выполненную с возможностью добавления добавок к смеси из исходного сырья, жидкой среды и осахаривающего агента.

34. Система по п.33, отличающаяся тем, что система подачи добавки выполнена с возможностью добавления эмульгатора или поверхностно-активного вещества или и того и другого к смеси из исходного сырья, жидкой среды и осахаривающего агента.

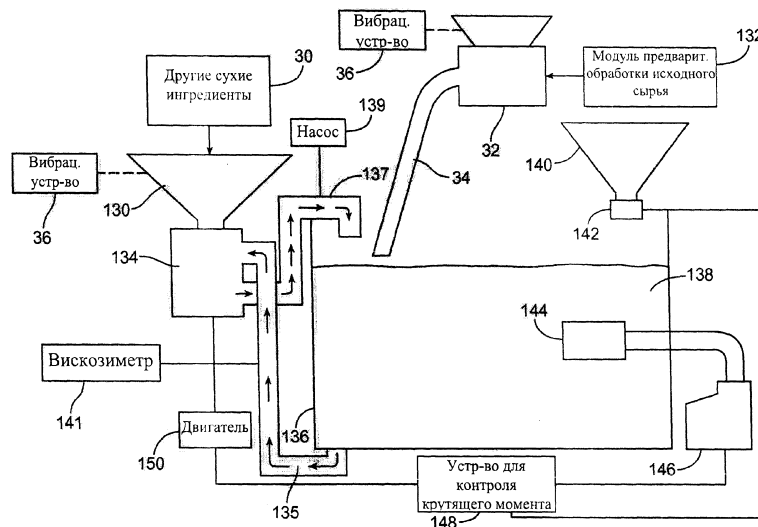
35. Система по п.1, отличающаяся тем, что источником жидкости является бак.



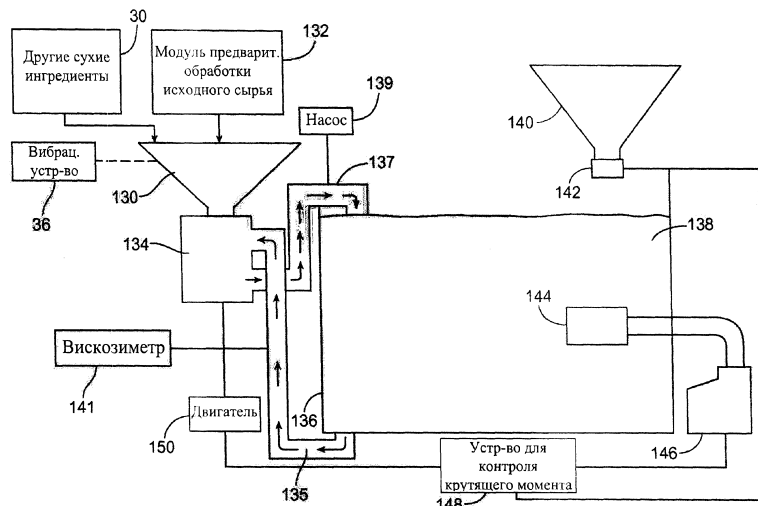
Фиг. 1



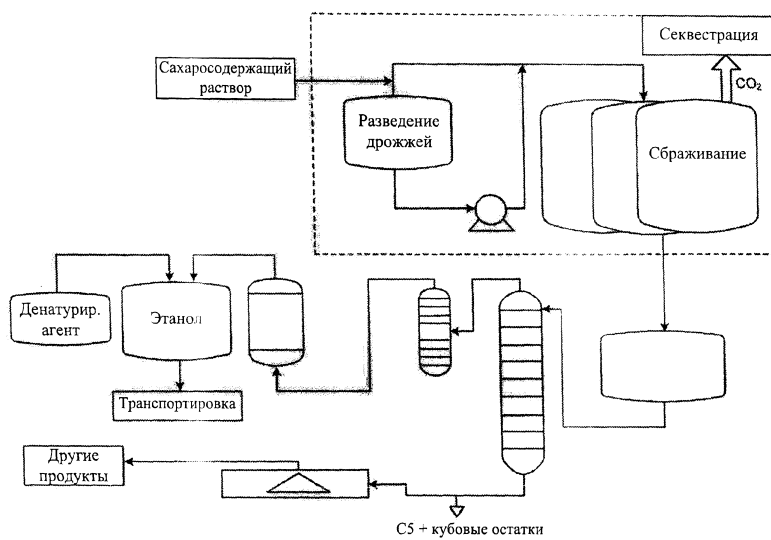
Фиг. 2



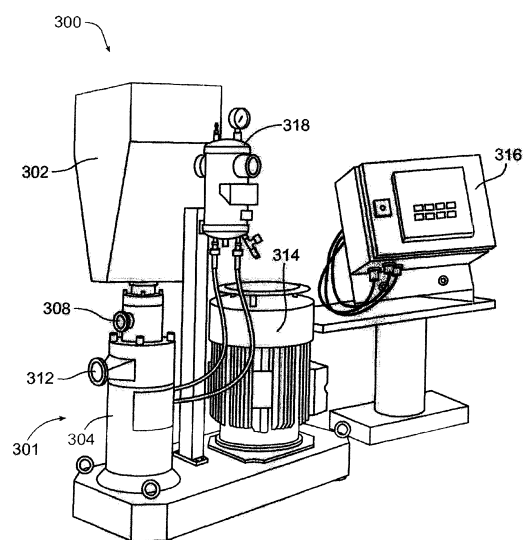
Фиг. 2А



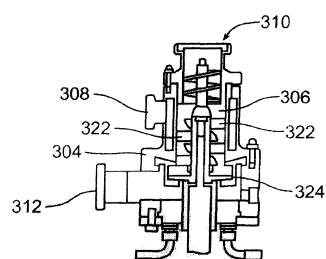
Фиг. 2В



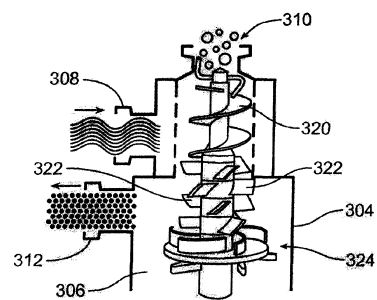
Фиг. 3



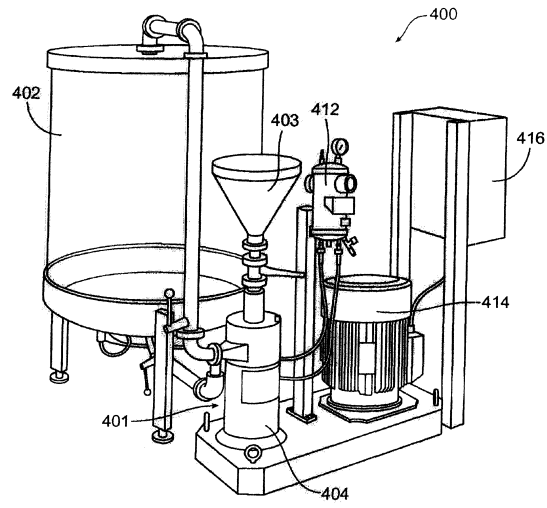
Фиг. 4



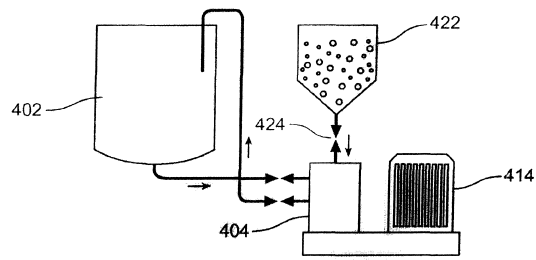
Фиг. 5



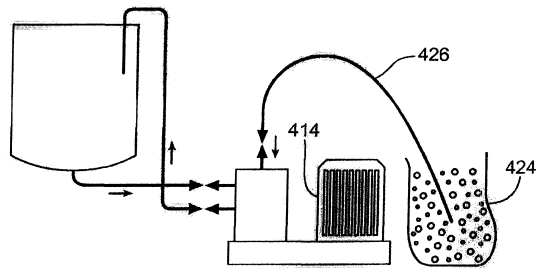
Фиг. 5А



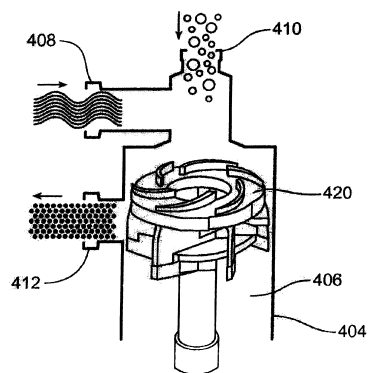
Фиг. 6



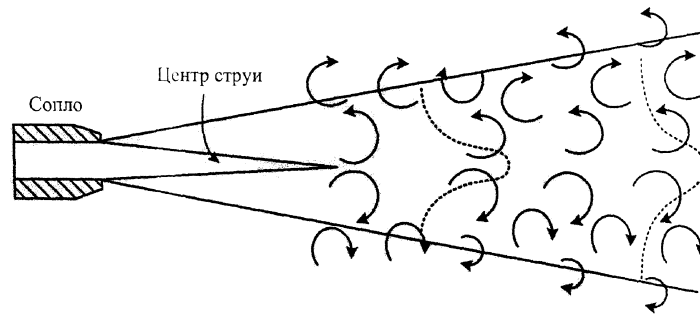
Фиг. 7



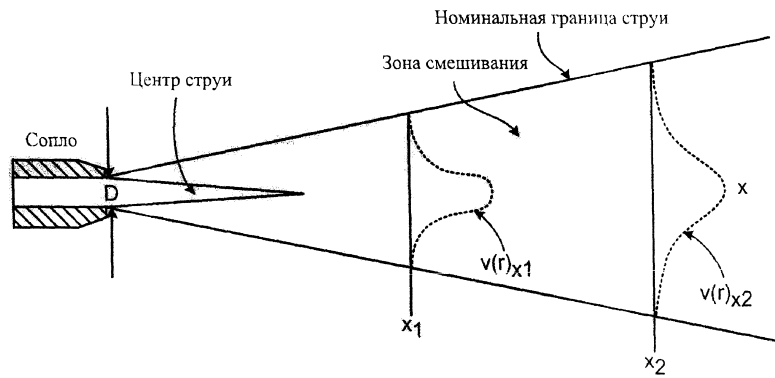
Фиг. 7А



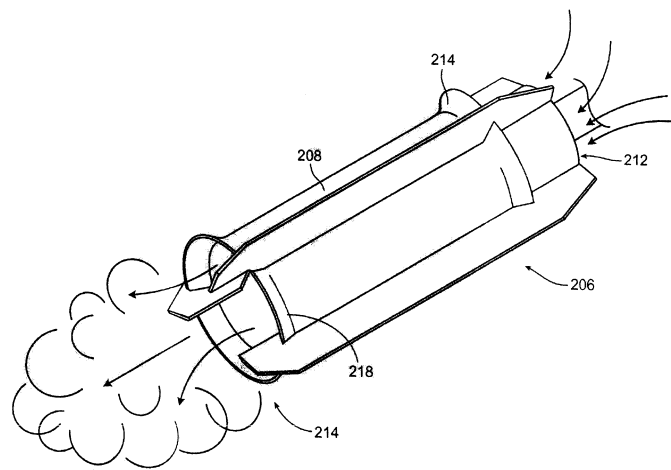
Фиг. 8



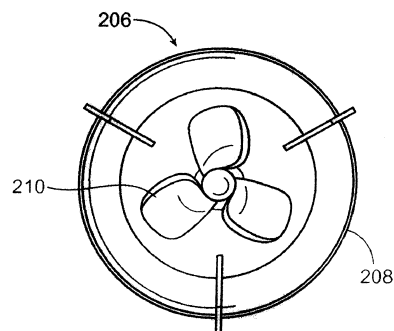
Фиг. 9



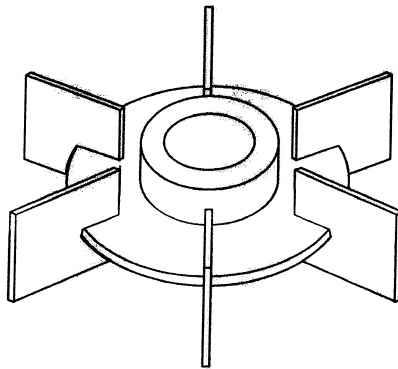
Фиг. 9А



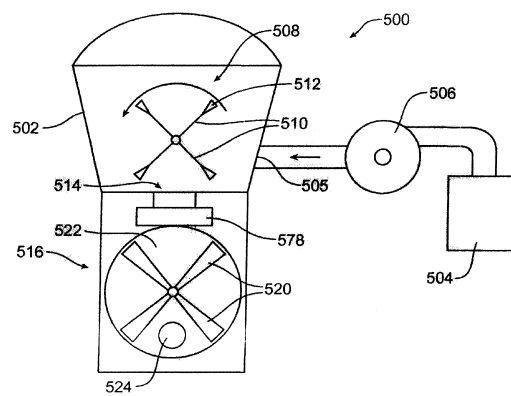
Фиг. 10



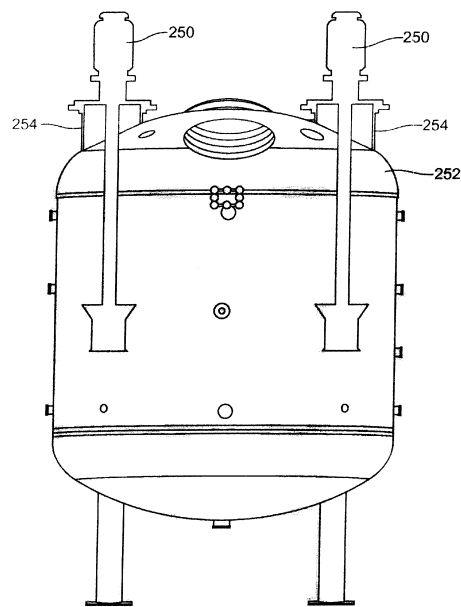
Фиг. 10А



Фиг. 10В



Фиг. 11



Фиг. 12

