



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 810802

- (61) Дополнительное к авт. свид-ву —
(22) Заявлено 23.04.79 (21) 2760129/28-13
с присоединением заявки № —
(23) Приоритет —
(43) Опубликовано 07.03.81. Бюллетень № 9
(45) Дата опубликования описания 07.03.81

(51) М. Кл.³
С 12 В 1/08

(53) УДК 663.132
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

Е. Л. Календро и В. Г. Трегуб

(71) Заявитель

Киевский технологический институт пищевой
промышленности

(54) СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ НЕПРЕРЫВНОГО КУЛЬТИВИРОВА- НИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ И СИСТЕМА ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Изобретение относится к микробиологической и пищевой промышленности, а именно к процессам непрерывного выращивания микроорганизмов, например биомассы кормовых дрожжей.

Известен способ автоматического управления процессом непрерывного культивирования микроорганизмов, предусматривающий измерение расхода суслу, поступающего в ферментер, концентрации редуцирующих веществ (РВ) в сусле и остаточных РВ в дрожжевой суспензии, регулирование расхода воды и суслу, поступающих в ферментер, и объема среды в ферментере [1].

Известна также система автоматического управления для осуществления этого способа, содержащая контуры регулирования объема среды в ферментере и подачи воды и суслу в ферментер, датчики концентрации РВ в сусле и дрожжевой суспензии, два блока умножения и блок определения расхода воды, соединенный с регуляторами контуров регулирования подачи воды и суслу в ферментер [1].

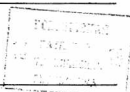
Недостатком данного способа управления и системы для его осуществления является наличие колебаний концентрации РВ в дрожжевой суспензии, так как процесс регулирования этого параметра начина-

ется только после отклонения концентрации РВ от заданного значения. Вследствие достаточно большой инерционности данного канала регулирования возможны довольно значительные колебания концентрации РВ в дрожжевой суспензии, а следовательно, и уменьшение выхода микроорганизмов.

Цель изобретения — стабилизация концентрации остаточных РВ в дрожжевой суспензии и повышение тем самым выхода микроорганизмов.

Указанная цель достигается тем, что определяют скорость изменения концентрации остаточных РВ в дрожжевой суспензии и изменение скорости потребления РВ культурой микроорганизмов, а регулирование расхода воды и суслу осуществляют с учетом скорости изменения концентрации остаточных редуцирующих веществ в дрожжевой суспензии и изменения скорости потребления РВ культурой микроорганизмов.

Система автоматического управления, реализующая способ, снабжена датчиками суммарного расхода воды и суслу, расхода РВ и концентрации остаточных РВ в суспензии, корректирующим блоком, блоком определения изменения скорости потребления РВ и блоком дифференцирования, выход которого через первый вход



блока умножения связан с одним из входов блока изменения скорости потребления РВ, другой вход последнего через второй блок умножения одновременно подключен к задатчику суммарного расхода воды и суслу, сумматору и блоку определения расхода воды, а выход его при помощи блока определения изменения расхода суслу соединен с одним из входов корректирующего блока, второй вход которого подключен к задатчику расхода РЕ и датчику концентрации РВ, при этом выход корректирующего блока соединен с блоком определения расхода воды, второй вход первого блока умножения связан с датчиком объема, а сумматор подключен к задатчику и датчику концентрации остаточных РВ.

Материальный баланс питательных веществ в ферментере выражается следующим уравнением:

$$Q_c \cdot C - A - Q_{ac} \cdot C_{ост} - V \frac{dC_{ост}}{dt} = 0, \quad (1)$$

где Q_c — приток суслу в ферментер;
 C — концентрация РВ в сусле;
 A — скорость потребления РВ растущей биомассой дрожжей;
 Q_{ac} — отбор дрожжевой суспензии из ферментера;
 V — объем среды в ферментере;
 $C_{ост}$ — остаточная концентрация РВ в ферментере.

В практических расчетах принимают, что

$$Q_{ac} = Q_c + Q_a, \quad (2)$$

где Q_a — приток воды на разбавление в ферментер.

В случае, если $C_{ост} = \text{const}$, то уравнение (2) принимает следующий вид:

$$A = Q_c \cdot C - (Q_c + Q_a) \cdot C_{ост}. \quad (3)$$

Однако в производственных условиях даже при постоянной скорости поступления РВ в ферментер ($Q_c \cdot C = \text{const}$) величина $C_{ост}$ изменяется вследствие различных возмущающих воздействий на процесс. Это указывает на изменение потребления питательных веществ культурой микроорганизмов. Значение этого изменения можно представить в следующем виде:

$$\Delta A = - (Q_c + Q_a) \cdot \Delta C_{ост} - V \frac{dC_{ост}}{dt}, \quad (4)$$

где $\Delta C_{ост}$ — изменение концентрации остаточных РВ, кг/м³.

Знак «—» в уравнении (4) показывает, что увеличение $C_{ост}$ происходит при уменьшении скорости потребления питательных веществ микроорганизмами и наоборот.

При изменении A необходимо изменять подачу РВ в ферментер таким образом, чтобы поддерживать величину $C_{ост}$ на неизменном уровне. Дополнительное введе-

ние сигнала по скорости отклонения концентрации остаточных РВ в культурной жидкости, т. е. регулирование в соответствии с уравнением (4), значительно ускорит процесс регулирования, за счет чего уменьшаются колебания $C_{ост}$ и произойдет более полное потребление питательных веществ. Это, в свою очередь, приводит к увеличению выхода микроорганизмов из единицы питательного субстрата.

Для устранения колебаний $C_{ост}$ изменяют расход суслу в ферментер таким образом, чтобы изменение скорости притока питательных веществ равнялось изменению скорости их потребления:

$$\Delta Q_c \cdot C = \Delta A. \quad (5)$$

Требуемое значение изменений расхода суслу при этом определяют из уравнения (5):

$$\Delta Q_c = \frac{\Delta A}{C}. \quad (6)$$

На чертеже изображена структурная схема системы автоматического управления, реализующей предложенный способ.

Контур регулирования объема (уровня) среды в ферментере содержит датчик 1 объема, регулятор 2 и исполнительное устройство 3 на линии отбора дрожжевой суспензии из ферментера. Контур регулирования расхода суслу включает в себя датчик 4 расхода суслу, регулятор 5 и исполнительное устройство 6 на линии подачи суслу в ферментер. В контур регулирования расхода воды входят датчик 7 расхода воды, регулятор 8 и исполнительное устройство 9 на линии подачи воды в ферментер.

В ферментере установлен датчик 10 концентрации остаточных РВ в суспензии, соединенный с блоком 11 дифференцирования и сумматором, причем ко входу сумматора 12 также подключен датчик 13 концентрации остаточных РВ в суспензии. Выходы блока 11 дифференцирования и датчика 1 объема подключены к первому блоку 14 умножения, а выходы сумматора 12 и датчика 15 суммарного расхода воды и суслу — ко второму блоку 16 умножения, выходы обоих блоков умножения, в свою очередь, соединены с входом блока 17 определения изменения скорости потребления РВ биомассой микроорганизмов. Блок 17 и датчик 18 концентрации РВ в сусле подключены к блоку 19 определения изменения расхода суслу, а последний, как и блок 20 определения расхода суслу, соединен с блоком 21 корректировки расхода суслу. К входу блока 20 определения расхода суслу подключены датчик 22 расхода РВ в ферментер и датчик 18 концентрации РВ в сусле. Выход блока 21 подключен к регулятору 5 расхода суслу и блоку 23 определе-

расхода воды, причем к входу последнего подключен также задатчик 15 суммарного расхода воды и сула, а выход блока 23 соединен с регулятором 8 расхода воды.

Система работает следующим образом.

При отклонении объема (уровня) среды, измеренного датчиком 1 от заданного значения, регулятор 2 объема перемещает исполнительное устройство 3 до устранения этого рассогласования. Если вследствие каких-либо возмущений на процесс культивирования изменяется скорость потребления РВ микроорганизмами, то изменяется сигнал от датчика 10 концентрации остаточных РВ в суспензии. В блоке 11 дифференцирования при этом определяется скорость изменения этой величины $\frac{dC_{ост}}{dt}$.

Сигналы от блока 11 дифференцирования и датчика 1 объема перемножаются в блоке 14 умножения, в результате чего определяется скорость приращения остаточных РВ в ферментере $V \frac{dC_{ост}}{dt}$. Сигна-

лы от датчика 10 концентрации остаточных РВ и задатчика 13 концентрации остаточных РВ вычитаются в сумматоре 12, на выходе которого появляется сигнал, пропорциональный разности входных сигналов:

$$\Delta C_{ост} = C_{ост} - C_{ост}^*, \quad (7)$$

где $C_{ост}^*$ — заданная концентрация остаточных РВ.

Выходные сигналы от сумматора 12 и датчика 15 суммарного расхода воды и сула перемножаются в блоке 16 умножения, в результате чего определяется изменение скорости уноса остаточных РВ с дрожжевой суспензией $(Q_c + Q_a) \Delta C_{ост}$.

В результате сложения сигналов от блоков 14 и 16 умножения в блоке 17 рассчитывается изменение скорости потребления РВ биомассой микроорганизмов в соответствии с уравнением (4). Выходные сигналы от блока 17 и датчика 18 концентрации РВ в сусле поступают на вход блока 19 определения расхода сула, в котором это изменение определяется по выражению (6). С помощью задатчика 22 расхода РВ в ферментере задается требуемый расход РВ, который бы обеспечил необходимую производительность ферментера. Так как расход РВ $G_{рв}$ определяется как произведение расхода сула на концентрацию РВ в нем, то в блоке 20 определения расхода сула рассчитывают необходимый расход сула, который обеспечит бы требуемый расход РВ при данной концентрации РВ в сусле:

$$Q_c = \frac{G_{рв}}{C} \quad (8)$$

Если изменяется концентрация РВ в сусле, измеренная датчиком 18, то соответственно изменится расход сула таким образом, чтобы значение $G_{рв}$ поддерживалось постоянным. За счет введения задатчика 22 расхода РВ и блока 20 определения расхода сула устраняется возмущение на процесс по изменению концентрации РВ в сусле. В блоке 21 корректировки расхода сула уточняется значение расхода сула путем алгебраического суммирования сигналов от блока 20 определения расхода сула и блока 19 определения изменения расхода сула. Сигнал с выхода блока 21 поступает в линию задания регулятора 5 расхода сула. Если сигнал от датчика 4 расхода сула отличается от заданного, определенного в блоке 21, то регулятор 5 перемещением исполнительного устройства 6 приводит расход сула в соответствии с заданным.

При изменении расхода сула расход воды должен изменяться таким образом, чтобы суммарный расход воды и сула в ферментере оставался на заданном уровне, для предотвращения дополнительных возмущений на процесс по изменению коэффициента разбавления. Заданное значение суммарного расхода воды и сула устанавливается с помощью задатчика 15. Требуемый расход воды в ферментере рассчитывают в блоке 23 определения расхода воды как разность между сигналами от датчика 15 и блока 21 корректировки расхода сула. Сигнал с выхода блока 23 поступает в линию задания регулятора 8 расхода воды, где сравнивается с действительным расходом, измеренным датчиком 7. Если действительный расход воды отличается от заданного, регулятор 8 воздействует на исполнительное устройство 3, приводя расход в соответствии с заданным.

Таким образом, предложенная система автоматического управления поддерживает на заданном уровне концентрацию остаточных РВ, расход РВ в ферментере, суммарный расход воды и сула и объем среды в ферментере. Введение сигнала по скорости изменения концентрации остаточных РВ позволяет в значительной мере уменьшить инерционность канала регулирования этого параметра, за счет чего будет более точно поддерживаться заданное значение концентрации остаточных РВ. Кроме того, определение изменения скорости потребления РВ биомассой микроорганизмов позволяет точнее регулировать необходимое изменение притока РВ в аппарат. Поддержание заданного значения концентрации остаточных РВ и необходимого расхода сула, соответствующего пот-

ребленно РВ микроорганизмами, приводит к повышению выхода дрожжей на 2—3%. Для завода производительностью 60000 т кормовых дрожжей в год это должно обеспечивать дополнительный выпуск не менее 1200 т дрожжей в год.

Формула изобретения

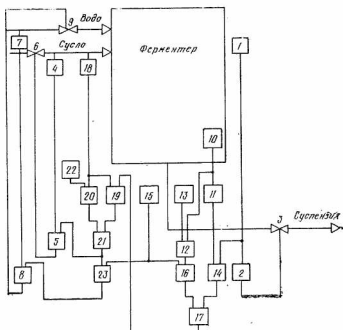
1. Способ автоматического управления процессом непрерывного культивирования микроорганизмов, предусматривающий измерение расхода суслу, поступающего в ферментер, концентрации РВ в сусле и остаточных РВ в дрожжевой суспензии, регулирование расхода воды и суслу, поступающих в ферментер, и объема среды в ферментере, отличающийся тем, что, с целью стабилизации концентрации остаточных РВ в дрожжевой суспензии и повышения тем самым выхода микроорганизмов, определяют скорость изменения концентрации остаточных РВ в дрожжевой суспензии и изменение скорости потребления РВ культурой микроорганизмов, а регулирование расхода воды и суслу осуществляют с учетом скорости изменения концентрации остаточных РВ в дрожжевой суспензии и изменения скорости потребления РВ культурой микроорганизмов.

2. Система автоматического управления для осуществления способа, содержащая контуры регулирования объема среды в ферментере и подачи воды и суслу в ферментер, датчики концентрации РВ в

сусле и дрожжевой суспензии, два блока умножения и блок определения расхода воды, соединенный с регуляторами контуров регулирования подачи воды и суслу в ферментер, отличающаяся тем, что она снабжена датчиками суммарного расхода воды и суслу, расхода РВ и концентрации остаточных РВ в суспензии, корректирующим блоком, блоком определения изменения скорости потребления РВ и блоком дифференцирования, выход которого через первый вход блока умножения связан с одним из входов блока изменения скорости потребления РВ, другой вход последнего через второй блок умножения одновременно подключен к задатчику суммарного расхода воды и суслу, сумматору и блоку определения расхода воды, а выход его при помощи блока определения изменения расхода суслу соединен с одним из входов корректирующего блока, второй вход которого подключен к задатчику расхода РВ и датчику концентрации РВ, при этом выход корректирующего блока соединен с блоком определения расхода воды, причем второй вход первого блока умножения связан с датчиком объема, а сумматор подключен к задатчику и датчику концентрации остаточных РВ.

Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе
1. Авторское свидетельство СССР по заявке № 2550480/13, кл. С 12 В 1/08, 1977 (прототип).



Редактор С. Титова

Составитель Г. Богачева
Техред О. Павлова

Корректор О. Тюрина

Заказ 2146

Изд. № 234

Тираж 530

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Загорская типография Упрполиграфиздата Мособлисполкома