

Профессор Б. А. Голоденко, ст. преподаватель Ю. Е. Кожевников
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра информационных и управляющих систем,
тел. (473) 255-38-75

Управление процессом выращивания микроорганизмов по динамике температуры биомассы и концентрации кислорода в отработанных газах

На примере промышленного производства хлебопекарных дрожжей изложен способ автоматического регулирования процесса выращивания микроорганизмов. Способ предусматривает управление аэрацией биомассы по заданной скорости изменения её концентрации и температуры с учётом скорости изменения концентрации кислорода в отработанных газах.

On an example of industrial production of baking yeast the way of automatic control of process of cultivation of microorganisms is stated. The way provides management of aeration of a biomass on the set speed of change of its concentration and temperatures in view of speed of change of concentration of oxygen in the fulfilled gases.

Ключевые слова: биотехнология, автоматическое регулирование, выращивание микроорганизмов, аэрация.

Известно, что промышленные процессы выращивания микроорганизмов, в частности хлебопекарных дрожжей, подвержены целому ряду внешних возмущений и поэтому требуют непрерывного регулирования температуры биомассы и режимов её аэрации. Такое регулирование часто затрудняется всевозможными отклонениями редуцирующих веществ в питательном растворе и сложностью определения начала анаэробного спиртового брожения, подавляющего дыхание микроорганизмов, чем существенно замедляется процесс их размножения. Современные автоматические системы управляют подобными процессами в основном по косвенным параметрам, например, скорости изменения температуры биомассы, не учитывая скорость изменения её концентрации и не предупреждая возникновения спиртового брожения. В связи с этим предложен способ управления процессом выращивания микроорганизмов [1] на основе сравнения скорости изменения концентрации биомассы со скоростью изменения её температуры и скоростью изменения концентрации кислорода в отработанных газах.

Предложенный способ реализуется системой автоматического управления выращивания хлебопекарных дрожжей (рисунок).

В такой схеме выделен основной контур управления, который включает датчик 2, например, индукционный расходомер типа ИР-11 для контроля расхода воздуха, поступающего в дрожжерастительный аппарат 1 для аэрации биомассы, устройство управления 15, в качестве которого может быть использован электронный регулятор типа РП1-УП, и исполнительный механизм 16. Фактический расход воздуха, поступившего в аппарат 1, контролируется датчиком 2, информация с которого передаётся на управляющее устройство 15, где сравнивается с эталонным значением расхода, принятым от задатчика 11, например, типа ПД-44 УМ. В случае отклонения фактического расхода воздуха от заданного, устройство 15 вырабатывает управляющий сигнал и передаёт его на исполнительный механизм 16, который в ту или другую сторону корректирует подачу воздуха в аппарат 1.

Основной контур управления дополняют три не менее важных информационных канала. Первый из них включает рефрактометрический датчик 3 концентрации x дрожжевой суспензии типа А1-ЕДР с преобразователем МП-П и дифференцирующий элемент 6, вычисляющий скорость $\dot{x}$ её изменения. Другой канал включает датчик 4 концентрации y кислорода в отработанных газах типа КМК-59 и дифференцирующий элемент 7, определяющий скорость $\dot{y}$ её изменения. Третий канал включает

термометр сопротивления типа ТСМ-ХІ как датчик 5 температуры z дрожжевой суспензии и дифференцирующий элемент 8, находящийся

скорость $\dot{z}$ её изменения.

В качестве дифференцирующих элементов во всех случаях использованы дифференциаторы типа Д-П.

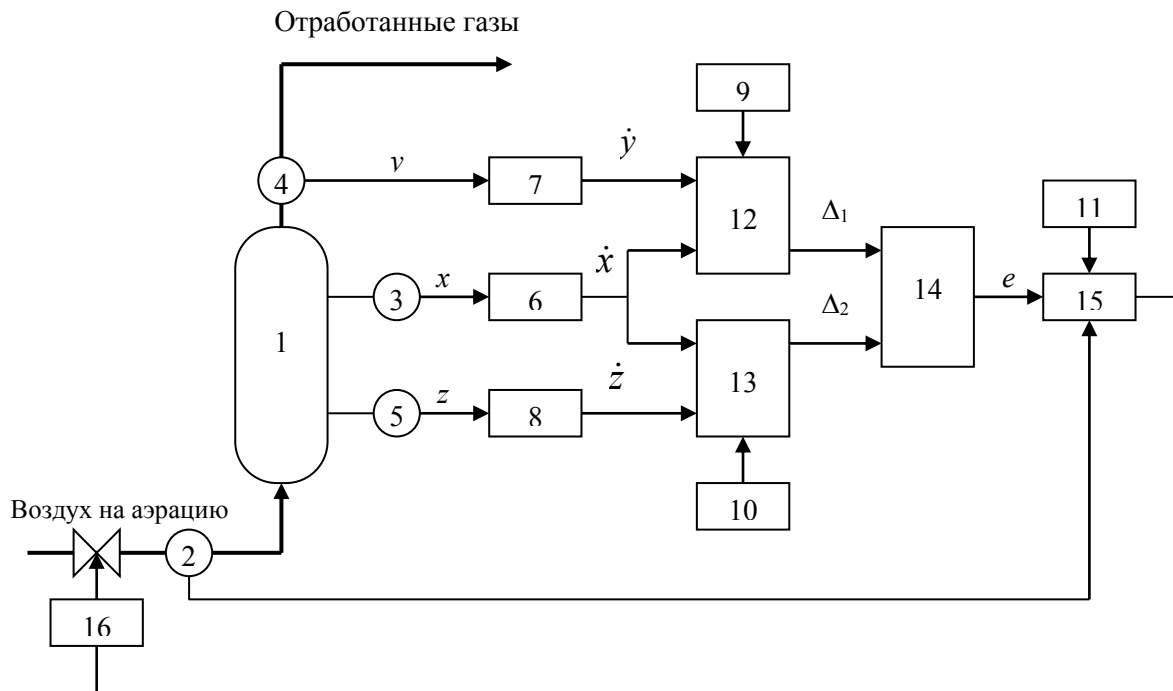


Рисунок. Концептуальная схема системы автоматического управления процессом выращивания микроорганизмов

Текущие значения скорости $\dot{x}$ с дифференцирующего элемента 6 подаются на измерительные блоки типа И-УП, обозначенные на схеме рисунка как элементы 12 и 13, для сопоставления её со скоростями $\dot{y}$ и $\dot{z}$ в одни и те же моменты времени.

Величины $\dot{x}$ и $\dot{y}$ имеют одинаковую размерность, поэтому их сопоставление не вызывает технических затруднений и выполняется элементом 12 путём вычисления разности $(\dot{x} - \dot{y})$, которая тем же элементом 12 совершенно аналогично сравнивается с уставкой ε_1 , сгенерированной задатчиком 9. Если при этом выполняется условие $(\dot{x} - \dot{y}) \leq \varepsilon_1$, то выход блока 12 принимает значение 0 (ноль). В противном случае выходная величина блока 12 имеет значение $\Delta_1 = [(\dot{x} - \dot{y}) - \varepsilon_1]$.

Величины $\dot{x}$ и $\dot{z}$ имеют разную размерность и выражают скорость изменения по времени концентрации биомассы и её температуры, что создаёт некоторые методологические трудности в их сопоставлении. Однако кон-

центрация x биомассы и её температура z есть функции времени $x(t)$ и $z(t)$, а скорости их изменения – производные $\dot{x}$ и $\dot{z}$ этих функций по времени, которые для одного и того же момента времени геометрически интерпретируются одной и той же безразмерной величиной – тангенсом угла наклона касательной к графику функций $x(t)$ и $z(t)$.

Вполне очевидно, что в общем случае для каждого момента времени управляемого процесса следует говорить о разных касательных – к графику функции $x(t)$ и к графику функции $z(t)$. Такой подход даёт возможность вычисления разности $(\dot{x} - \dot{z})$ значений производных $\dot{x}$ и $\dot{z}$ для одного и того же момента времени средствами измерительного блока типа И-УП (элемент 13 схемы рисунка). К этой разности можно предъявить некое технологическое требование ε_2 , такое, что если $(\dot{x} - \dot{z}) \leq \varepsilon_2$, то выход блока 13 принимает значение 0 (ноль). В противном случае выходная величина блока 13 должна принять значение $\Delta_2 = [(\dot{x} - \dot{z}) - \varepsilon_2]$. При этом требование ε_2 це-

лесообразно подать на элемент 13 в виде уставки от элемента 10 (рисунок) как от задатчика.

Согласование концентрации x и температуры z дрожжевой суспензии с концентрацией y кислорода в отработанных газах достигается путём сравнения элементом 14 значений, поданных на него безразмерных величин Δ_1 и Δ_2 . Если величины Δ_1 и Δ_2 одного знака, то большая из них по модулю передаётся элементом 14 на устройство управления 15 как невязка управления. Если величины Δ_1 и Δ_2 имеют разные знаки, то элемент 14 вычисляет их алгебраическую сумму $e = \Delta_1 + \Delta_2$ и как невязку передаёт её на устройство управления 15. При выполнении условия $\Delta_1 = \Delta_2$ невязка управления полагается равной нулю.

Опытная реализация рассмотренного способа и его лабораторные испытания показали, что регулирование процесса аэрации биомассы по соотношению динамики её концентрации и температуры с концентрацией кислорода в отработанных газах способствует оптимизации процесса и только в накопительный период повышает выход дрожжей не менее, чем на 5 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2132881 РФ. Способ автоматического управления процессом выращивания микроорганизмов [Текст] / Ануфриев В.В., Кожин А.Ю., Кожевников Ю.Е.; опубл. 10.07.99.