

Л. КАЛЕНДРО, инженер,  
Г. ТРЕГУБ, кандидат технических  
наук,  
А. ИВАНОВА, инженер,  
И. ОНИЩЕНКО, Н. А. САГАН,  
ученые, Киевский технологический  
институт пищевой промышленности

## Об оптимизации процесса выращивания чистой культуры дрожжей

При разработке автоматической системы управления отделением чистой культуры был предложен алгоритм поиска оптимального коэффициента разбавления, соответствующего максимуму концентрации активной биомассы. Проверку алгоритма управления проводили в отделении чистой культуры Кировского биохимического завода на аппарате IV адином объемом 320 м<sup>3</sup>, для которого была определена экстремальная зависимость концентрации активной биомассы  $X_{a,6}$  от коэффициента  $D$  [1]. Следует отметить, что на заводе в это время была внедрена другая раса дрожжей, отличная от той, для которой определялась исходная экстремальная зависимость.

Для сравнения эксперимент проводили как при эксплуатации аппарата по разработанному алгоритму управления, так при работе по существующей в настоящее время схеме стабилизации основных общетехнических параметров выращивания дрожжей (рН, температуры и объема среды, расходов воздуха и воды в аппарат). При проверке алгоритма на первом двухчасовом интервале лабораторным методом определяли концентрацию активной биомассы (с дискретностью 30 мин) и скорость разбавления (с дискретностью 10 мин). Затем эти величины усредняли.

Аналогичные измерения и расчеты проводили на следующем двухчасовом интервале. Затем в соответствии с алгоритмом оптимального управления [1] рассчитывали шаг по изменению коэффициента разбавления. По новому значению этого коэффициента (при заданном расходе суспензии из аппарата) определяли требуемое значение объема среды в аппарате. Во время эксперимента остальные параметры процесса (рН, температура среды, расход воздуха на аэрирование) были стабилизированы в пределах технологического регламента.

В результате производственных испытаний алгоритма потребовалось дополнительно ввести ограничение на время перехода от предыдущего значения объема среды в аппарате к новому расчетному  $\Delta t \leq 15$  мин. Это позволило избежать аварийного повышения рН или температуры среды в аппарате при снижении ее объема в период отсутствия притока питательного субстрата.

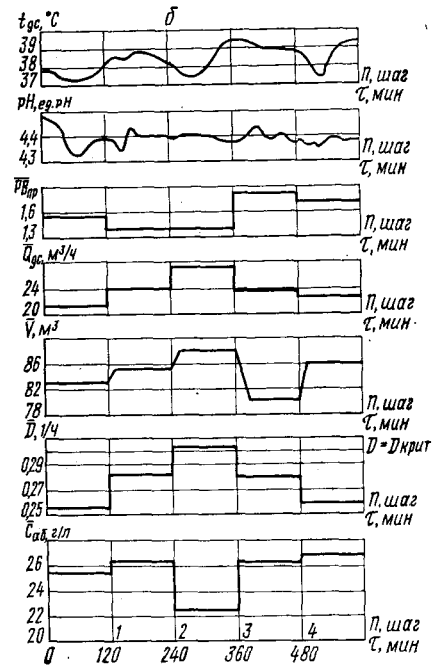
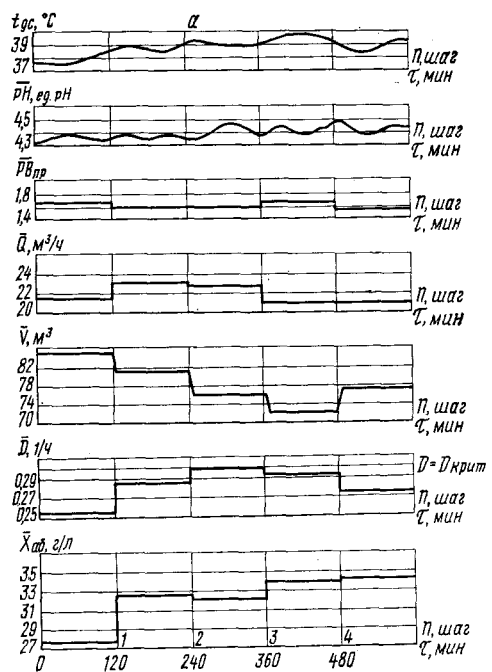
Были проведены две серии опытов: одна — при постоянном расходе дрожжевой суспензии из аппарата, другая — при изменении расхода, имитирующих решение задачи согласования производительности отделения чистой культуры с производительностью дрожжевого отделения по биомассе дрожжей. Результаты обработки двух опытов представлены на рисунке в виде графиков средних значений концентрации активной биомассы  $\bar{X}_{a,6}$ , коэффициента разбавления  $\bar{D}$ , расхода суспензии  $Q$  и объема среды  $V$  (по которым рассчитывалось  $\bar{D}$ ), содержания редуцирующих веществ в приточном субстрате  $\bar{R}_{пр}$  и рН среды рН, а также действительной температуры дрожжевой суспензии  $t_{д.с.}$ . Значения всех переменных усредняли на двухчасовом интервале, кроме рН, который усреднялся каждые 10 мин. Расход воздуха в аппарате поддерживался практически неизменным и равным 5000 м<sup>3</sup>/ч.

Поиск прекращался после выхода в зону оптимальных значений  $\bar{X}_{a,6}$ , о чем свидетельствовало, во-первых, повышение средних значений концентрации активной биомассы по сравнению с их значениями на первых двух произвольных шагах (когда поиск не проводился), во-вторых, снижение concentra-

ции активной биомассы при коэффициенте разбавления  $D \geq D_{крит.}$ .

Так, снижение средней концентрации активной биомассы  $\bar{X}_{a,6}$  (рис. 1) на третьем шаге (первом расчетном) произошло вследствие «вымывания» культуры из-за того, что коэффициент разбавления  $D$  превысил его критическое значение  $D_{крит.}$ . В данном случае расчет велся без учета ограничений на  $D$  по двум причинам. Во-первых, необходимо было уточнить значение  $D_{крит.}$  для новой культуры дрожжей ( $D_{крит.} = 0,3$  1/ч). Во-вторых, уменьшение значения  $\bar{X}_{a,6}$  подтверждает вывод о том, что поиск осуществляется в области оптимума. Последующие шаги рассчитаны с учетом ограничений, накладываемых на процесс.

Среднестатистические значения концентрации активной биомассы  $\bar{X}_{a,6}$  и дисперсии отклонений  $\sigma^2$  этих значений при работе по существующей схеме управления и при работе по предложенному алгоритму приведены в таблице.



Графики проверки алгоритма управления:  
а — опыт 1-й; б — опыт 2-й

$\bar{X}_{a,6}$ (в г/л) при работе		$\sigma^2$ при работе	
по существующей схеме	по алгоритму управления	по существующей схеме	по алгоритму управления
27,5	29,8	8,81	3,33

Достоверность полученного эффекта проверялась с помощью критерия различия между дисперсиями [2] (F-критерия Фишера) концентрации активной биомассы в выборках параметров при управлении по существующей схеме и по разработанному алгоритму

$$F = \frac{8,81}{3,33} = 2,65.$$

Так как расчетное значение критерия Фишера превышает его табличное значение  $F_{табл}=1,48$ , то уменьшение дисперсии при управлении по разработанному алгоритму статистически достоверно.

Таким образом, проверка разработанного алгоритма управления показала его работоспособность и удовлетворительную сходимость. Среднестатистическое значение концентрации активной биомассы повысилось на 8,4%, а дисперсия отклонений

этой величины снизилась на 62%, что, в свою очередь, свидетельствует о более стабильной работе аппарата.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трегуб В. Г. и др. Алгоритм управления отделением чистой культуры гидролизно-дрожжевого производства. — «Гидролизная и лесохимическая промышленность», 1974, № 8, с. 3—5.
2. Лакин Г. Ф. Биометрия. М., «Высшая школа», 1974.