

Кокиева Галия Ергешевна,

д-р техн. наук,

Гоголева Ирина Васильевна,

канд. пед. наук,

ФГБОУ ВО «Якутская ГСХА»,

г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АППАРАТОВ С ПОДВОДОМ КИСЛОРОДА

Рассмотрено обеспечение культур микроорганизмов кислородом в промышленных условиях за счет пропускания воздуха через культуральную жидкость с одновременным перемешиванием. Представлена модель масштабирования аппаратов с подводом кислорода.

Ключевые слова: параметр, масштабирование, критерии, оптимальное значение, конструктивная особенность.

Предложено около 30 критериев и параметров масштабирования аппаратов, в которых осуществляется перемешивание, массообмен и выращивание микроорганизмов. При таком состоянии вопроса масштабирования разработчики и конструкторы находятся в весьма затруднительном положении, так как неясно, какие критерии или параметры применять для масштабирования и как практически найти оптимальные значения основных конструктивных элементов и режимов работы аппарата.

Транспорт кислорода зависит от растворимости газа в жидкой фазе, от мощности барботажа, размера пузырьков, скорости вращения вала и формы мешалки, химического состава питательной среды, температуры, толщины невозмущаемых слоев жидкости вокруг газового пузырька и клетки и др [1; 2; 5]. На рис. 1 представлена структурная схема потоков в биореакторе.

Концентрации растворенного кислорода на выходе зоны циркуляции и на входе зоны перемешивания должны быть равны, т.е. $C^{\wedge}=C^{\circ}$, так как зоны 3 и 1 связаны потоком циркулирующей воды. Концентрация газа на входе в зону 1 также должна рассчитываться с учетом остаточного кислорода после зоны циркуляции:

$$Z'_0 = \frac{v_{\Gamma} Z^0 + v_{\text{ост}} Z_3}{v_{\Gamma} + v_{\text{ост}}} \quad (1)$$

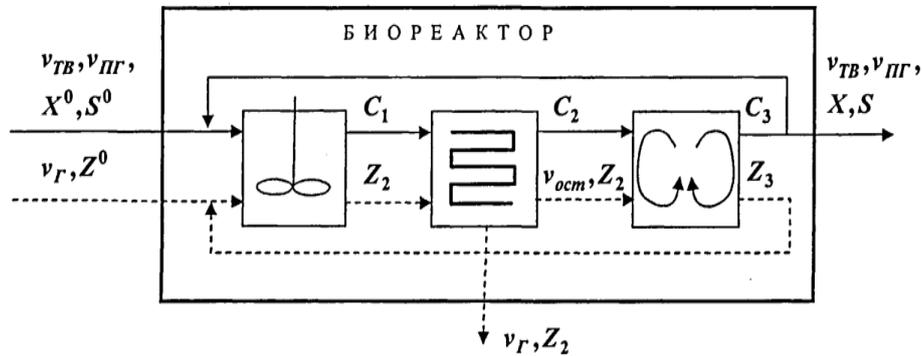


Рисунок 1 – Структурная схема потоков в биореакторе

Уравнения материальных балансов для биомассы и субстрата выглядят следующим образом:

$$(v_{\text{TB}} + v_{\text{ПГ}})X^0 - (v_{\text{TB}} + v_{\text{ПГ}})X + \mu XV = 0, \quad (2)$$

где as – стехиометрический коэффициент; V – рабочий объем реактора.

Продуктивность биомассы определяется соотношением:

$$R = \mu_{\text{ср}} * X, \quad (3)$$

уравнения материального баланса для зоны перемешивания:

$$(v_{\text{TB}} + v_{\text{ПГ}})C^0 - (v_{\text{TB}} + v_{\text{ПГ}})C_1 - K_{La1}(C_1^* - C_1) * V * \alpha_1 - \alpha_{O2}\mu_1 X = 0 \quad (4)$$

уравнения материального баланса для зоны охлаждения:

$$(v_{\Gamma} + v_{\text{ост}})Z_1 - (v_{\Gamma} + v_{\text{ост}})Z_2 - K_{La2}(C_2^* - C_2) * V * \alpha_2 = 0, \quad (5)$$

$$(v_{\text{TB}} + v_{\text{ПГ}})C_1 - (v_{\text{TB}} + v_{\text{ПГ}})C_2 + K_{La2}(C_2^* - C_2) * V * \alpha_2 - \alpha_{O2}\mu_2 X = 0, \quad (6)$$

$$\mu_2 = \mu_{\text{max}} \frac{C_2}{K_c + C_2} \quad (7)$$

уравнения материального баланса для зоны циркуляции:

$$(v_{\text{TB}} + v_{\text{ПГ}})C_2 - (v_{\text{TB}} + v_{\text{ПГ}})C_3 + K_{La32}(C_3^* - C_3) * V * \alpha_3 - \alpha_{O2}\mu_3 X = 0, \quad (8)$$

$$\mu_3 = \mu_{\text{max}} \frac{C_3}{K_c + C_3}, \quad (9)$$

уравнения материального баланса биомассы и субстрата:

$$(v_{\text{ТВ}} + v_{\text{ПГ}})X^0 - (v_{\text{ТВ}} + v_{\text{ПГ}})X + \mu XV = 0, \quad (10)$$

ВЫХОД БИОМАССЫ:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^3 \mu_i V_i}{\sum_{i=1}^3 V_i} \quad (11)$$

В уравнениях математической модели коэффициенты $\alpha_i, i=\overline{1,3}$ – доля объемов соответственно первой, второй и третьей зон.

Предложенный метод приближается к инженерной методике расчета, которая наиболее удобна в применении при проектировании аппаратов, так как непосредственно определяются необходимые для проектирования конструктивные и режимные параметры. В качестве основных исходных данных для расчета приняты производительность аппарата, время выращивания, диаметр перемешивающего устройства, частота вращения и экспериментальные зависимости, полученные при обобщении результатов исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батищев А.Н. Методологические основы обоснования рационального способа восстановления деталей // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 1992. – № 9. – С. 30-31.
2. Безрядина Г.Н. Синтез алгоритмов управления в условиях конкурентного взаимодействия популяций микроорганизмов (На прим. дрожжевого производства): Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.16, 05.13.07. – Воронеж: ВГТА, 1997. – 16 с.
3. Кокиева Г.Е. Исследование аппарата для культивирования микроорганизмов / Г.Е. Кокиева // *Научно-технический вестник Поволжья*. – 2014. – № 4. – С. 123-125.
4. Кокиева Г.Е. Кормовые дрожжи как биологически активная добавка в кормлении сельскохозяйственных животных // *Матер. регион. науч.-практ. конф. «Пищевые технологии, качество и безопасность продуктов»*. – Иркутск: Изд-во ИТУ, 2006.
5. Кокиева Г.Е. Кормовые дрожжи как источник белка и витаминов // *Матер. науч. конф. «Научный и инновационный потенциал Байкальского региона глазами молодежи»*. – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006.