

Кокиева Галия Ергешевна,

д-р техн. наук,

Кондакова Надежда Ивановна,

старший преподаватель;

Кондакова Екатерина,

студентка магистратуры,

ФГБОУ ВО «Якутская ГСХА»,

г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ОБЪЕМНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ МАССОПЕРЕДАЧИ КИСЛОРОДА

Массообмен играет решающую роль в достижении заданной производительности аппарата, если соблюдаются технологические и микробиологические условия. Мощность на перемешивание является параметром, который в значительной степени определяет интенсивность процесса массопередачи кислорода в ферментаторе.

Ключевые слова: ферментатор, микробиологическое производство, принцип газлифта, конструктивная особенность оборудования.

В основе конструирования оборудования, осуществляющего подвод кислорода, лежит принцип газлифта. При проведении исследований в целях установления оптимальной схемы и режима работы ферментатора изучали влияние на объемный коэффициент массопередачи кислорода основных конструктивных параметров: числа ярусов, газораспределения, соотношения мешалки и аппарата. Можно считать установленным тот факт, что микроорганизмы потребляют только растворенный кислород. На данный момент в процессе производства кормового белка при культивировании микроорганизмов в культуральной жидкости происходит ряд реакций в ферментационной жидкости с кислородом. Рядом авторов [1; 2; 4] в реакциях кислорода с жидкостями, получивших широкое распространение в промышленности, для расчета $W_{ж}$ рекомендуется зависимость:

$$H(\rho_{\text{ж}} - \rho_r) * g = \left[\left(1.5 + \lambda_{\text{ц}} \frac{H}{d_{\text{ц}}} \right) \left(\frac{f_{\text{б}}}{f_{\text{ц}}} \right)^2 + 2 + \frac{1}{(1-\varphi)^2} + \frac{\lambda_{\text{б}} * H}{(1-\varphi)^{1.75} * d_{\text{б}}} \right] * \frac{\rho_{\text{ж}} W_{\text{ж}}^2}{2} \quad (1)$$

Данный расчёт выполняется методом приближений по одному из выбранных уравнений, которые подходят для определений газосодержания в культуральной среде. При давлении до 4 мпа на среде со свойствами, близкими к свойствам системы «вода-воздух», и соотношении барботажных и циркуляционных зон $f_{\text{б}} * f_{\text{ц}}^{-1} = 1$, приближенном к значению приведенной скорости жидкости, этими же авторами предлагается рассчитать $W_{\text{ж}}$ по упрощенному уравнению:

$$W_{\text{ж}} = 3,5 \left[\frac{H * \beta}{\xi k} * \left(\frac{\Delta \rho}{\rho_r} \right)^{0,125} \right]^{0,5} \quad (2)$$

где $\xi_k = 5,1 + 0,03 \left(\frac{H}{d_{\text{б}}} + \frac{H}{d_{\text{ц}}} \right)$ – коэффициент сопротивления циркуляционного контура.

На поверхности раздела газ–жидкость воздушного пузырька образуются воздушные пленки. Они проходят через культуру, затрудняют диффузию кислорода по объему ферментатора и снижают образовавшееся сопротивление. Исследованию процессов абсорбции кислорода в ферментаторах посвящен ряд работ [1; 3; 5].

Если рассматривать данный случай при плохо растворимом газе (кислород), когда значения m_{pc} и $K_{\text{г}}$ велики и диффузионным сопротивлением в газовой фазе можно пренебречь, то соблюдается неравенство:

$$\frac{1}{K_L a} \gg \frac{1}{K_{\text{г}} m_{\text{pc}}}, \quad (3)$$

Откуда следует:

$$k \approx k_{la} \quad (4)$$

На основании равенства $k \approx k_{la}$ уравнение массопередачи:

$$\frac{dc}{dy} = k_i * a (c_p - c) - K_{\text{б}} * x,$$

Левый член уравнения: $\frac{d^2M}{dV_p dt} = k(C_p - C)$, называемой скоростью объемного массопереноса кислорода, или скоростью растворения кислорода, для абсорбции кислорода воздуха культуральной жидкостью запишется в следующем виде:

$$\frac{d^2M}{dV_p dt} = K_L a (C_p - C). \quad (5)$$

Устойчивость и эффективность применяемых численных методов позволяют выполнить дальнейшую модификацию технологии расчета, включая подбор моделей турбулентности, с целью повышения точности расчетов. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что рациональное сочетание расчета позволяет расширить границы исследований, уменьшить объем экспериментов и значительно ускорить доводочные работы по созданию и совершенствованию перспективных конструкций ферментаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Кокиева Г.Е. Анализ особенностей эксплуатации аппаратов для культивирования / Сб. «Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона». – Новосибирск. – 2013.*
- 2. Кокиева Г.Е. Анализ технологии измерения рабочих поверхностей при дефектации аппаратов для культивирования микроорганизмов / Научно-технический вестник Поволжья. Сб. №3. – Казань, 2014.*
- 3. Юдин Э.Г. Системный подход и принципы деятельности. – М.: Наука. – 1978. – 392 с.*
- 4. Черноиванов В.И. Восстановление деталей машин. – М.: Мир. – 1977. 522 с.*
- 5. Шарифуллин В.Н., Бояринов А.И., Гумеров А.М. Связь перемешивания и массопередачи на примере барботажно-эрлифтного аппарата / В кн.: Массообменные процессы и аппараты химической технологии. – Казань. – 1980. – С. 17-18.*