УДК 664.001.6

Кокиева Г.Е.,
доктор технических наук
ФГБОУ ВО Якутская ГСХА
Россия, г. Якутск
Гаврильева Н.К.,
к.с-х. наук
ФГБОУ ВО Якутская ГСХА
Россия, г. Якутск

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ И АКТИВИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВОГО БЕЛКА

Аннотация: *Конструктивная особенность аппарата для культивирования микроорганизмов напрямую влияет на расчёт скоростей жидкой фазы в газожидкостном потоке, скорость которой зависит от скорости газа, физических и химических свойств среды. Характер распределения газовой фазы по рабочему объему аппарата для культивирования микроорганизмов позволяет существенно проводить сравнительную оценку систем газораспределения в аппарате позволяет проводить сравнительную оценку систем газораспределения в аппарате для культивирования микроорганизмов.*

Ключевые слова: *газосодержание, циркуляционная зона, потери давления, скорость газа, вязкость среды, плотность.*

Abstract: *the Design feature of the apparatus for the cultivation of microorganisms directly affects the calculation of the liquid phase velocities in the gas-liquid flow, the rate of which depends on the gas velocity, physical and chemical properties of the medium. The nature of the distribution of the gas phase in the working volume of the apparatus for the cultivation of microorganisms allows a significant*

comparative assessment of the gas distribution systems in the apparatus allows a comparative assessment of the gas distribution systems in the apparatus for the cultivation of microorganisms.

Keywords: *gas content, circulation zone, pressure loss, gas velocity, medium viscosity, density.*

Интенсификация и активизация производства кормового белка микробным синтезом зависит от коэффициента массоотдачи в жидкой фазе и зависит от скорости перемешивания питательной среды и условий протекания аэрирования культуральной жидкости. Концентрация кислорода в культуральную жидкость в отходящем из ферментатора воздухе составляет 18... 20%[1,2]. Скорость циркуляции жидкости оказывает существенное влияние на гидродинамические параметры газожидкостного потока в газлифтных аппаратах. Поэтому одной из основных задач гидродинамического расчета этих аппаратов является определение приведенной скорости жидкости в барботажной зоне.

Аппараты, осуществляющие подвод кислорода, характеризующие объёмную долю газовой фазы в системах газ-жидкость и газ- жидкость- твёрдое тело, оказывает немаловажное влияние на скорость культуральной жидкости, временного режима пребывания газа в ферментаторе и величину удельной поверхности фазового контакта (ПКФ). Искусственно созданный гидродинамический режим в аппарате для культивирования микроорганизмов оказывает существенное влияние на скоростной режим протекания химических, тепловых и массообменных процессов. Скорость жидкости не зависит от поверхностного натяжения и только вязкость влияет на скорость циркуляции, причем при постоянном расходе газа скорость циркуляции снижается с увеличением вязкости жидкости.

На поверхности культуральной среды в процессе культивирования микроорганизмов образуется пена, диаметр пенного пузырька d_n определяется

размером отверстии в барботере и физико-химическими свойствами культуральной жидкости:

$$d_n = \sqrt[3]{\frac{6d_0\epsilon}{q(p_{ж}-p_{r})}}, \quad (1)$$

где d–диаметр отверстия; ϵ-поверхностное натяжение; q – ускорение свободного падения; $p_ж$ –плотность жидкости; $p_г$- плотность газа.

Тогда количество пузырьков:

$$n = \frac{6v_r}{nd_n^3}, \quad (2)$$

где $V_г$-общий объемный расход воздуха при нормальных условиях.

Исследования газосодержания в кольцевом пространстве колонны с диффузором при научном обосновании значении газосодержания в аппаратах для культивирования микроорганизмов, осуществляющих подвод кислорода [1,3,4] имеет вид:

$$\varphi = KW_г^{\,a} \quad (3)$$

Которая применяется для приведения скорости газа, уравнение принимает вид:

- для колонны с подводом кислорода

$$\varphi = 1.13\, w_г^{0,81} \quad (4)$$

- для газлифтной колонны

$$\varphi = w_г^{0,75} \quad (5)$$

Исследуя процесс абсорбции кислорода различными жидкостями, вязкостями и плотности, для расчета принято уравнение:

$$\frac{\varphi}{(1-\varphi)^4} = 0{,}2\left(\frac{D^2*\rho_{ж}*g}{\sigma}\right)^{0,62} * \left(\frac{D^3*\rho_{ж}{}^2*g}{\mu_{ж}}\right)^{\frac{1}{12}} * \frac{W_г}{(D*g)^{0,5}} \quad (6)$$

где D – диаметр аппарата.

На данный период времени проведен систематический ряд исследовании ученым [3,4]и сделаны рекомендации для определения φ следующей зависимостью:

$$\varphi = \frac{1}{2+\left(\frac{0.35}{W_г}\right)\left[\left(\frac{P_ж}{l}\right)\left(\frac{\sigma}{782}\right)\right]^{1/3}} \quad (7)$$

Исследуя газосодержание в рециркуляционной колонне диаметром ⌀ 0.15 м и высотой Н =10.5 м авторами /12, 14/ было получено следующее уравнение:

$$\varphi = W_r(0{,}24 + 1{,}35Wсм^{0.93})^{-1} \quad (8)$$

Проведя анализ современных ученых, можно сделать вывод, что влияние приведенной скорости газа и жидкости не позволяет отдать предпочтение какому- либо одному уравнению ввиду их большого разнообразия.

По данным [5] при исследованиях на модели аппарата, изготовленной из стеклянных труб высотой 3 метра и диаметрами 0,055; 0,08 и 0,11 м, получена зависимость, которая позволяет определять скорость жидкости в транспортных Эрлифтах (газлифтах):

$$Wж = \sqrt{\frac{2gH}{\xi}\left(\frac{h}{H} - 1 + \varphi_{ср}\right)\left(1 - \varphi_{ср}\right)2^2}\,, \quad (9)$$

Где ξ – суммарное гидравлическое сопротивление эрлифта составит

$$\xi = 0{,}5+\lambda\frac{H}{d}\left(\frac{1-\varphi_0}{1-\varphi_{ср}}\right)^{0{,}5} + \left(\frac{1-\varphi_{ср}}{1-\varphi_0}\right)^{0{,}2} \quad (10)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения при движении в трубе жидкости с той же приведенной скоростью ;

φ_0 – газосодержание в месте выхода потока из эрлифта;

При давлении до 4 мпа на среде со свойствами близкими к свойствам системы воды-воздух и соотношений барботажных и циркуляционных зон $f_б * f_ц^{-1}$=1 приближенное значение приведенной скорости жидкости этими же авторами предлагается рассчитать по упрощенному уравнению:

$$W_ж = 3{,}5\left[\frac{H*\beta}{\xi k} * \left(\frac{\Delta\rho}{\rho_r}\right)^{0{,}125}\right]^{0{,}5} \quad (11)$$

Где $\xi_к$= $5{,}1+0{,}03(\frac{H}{d_б} + \frac{H}{d_ц})$– коэффициент сопротивления циркуляционного контура.

На поверхности раздела газ- жидкость воздушного пузырька, образуются воздушные пленки. Они проходят через культуру и затрудняют диффузию

кислорода по объему ферментатора и снижает образовавшееся сопротивление. Вопросам по исследованию процессов абсорбции кислорода в ферментаторах посвящены ряд работ [1,3,4,5].

Рассматривая данный случай при плохо растворимом газе (кислород) значения m_{pc} и K_rвелики и диффузионным сопротивлением в газовой фазе можно пренебречь соблюдается неравенство:

$$\frac{1}{K_L a} \gg \frac{1}{K_r m_{pc}}, \tag{12}$$

Откуда следует

$$k \approx k_{la} \tag{13}$$

На основании равенства $k \approx k_{la}$ уравнение массопередачи: $\frac{dc}{dy}$=$к_i * а\left(с_р - с\right) - к_б$*х,

Левый член уравнения $\frac{d^2M}{dV_p dt} = \kappa(C_p - C).$

Называется скоростью объемного массопереноса кислорода или скоростью растворения кислорода, для абсорбции кислорода воздуха культуральной жидкостью запишется в следующем виде:

$$\frac{d^2M}{dV_p dt} = K_L a(C_p - C). \tag{14}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокиева Г.Е. Анализ особенностей эксплуатации аппаратов для культивирования. Сб. Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона, Новосибирск, 2013г.
2. Кокиева Г.Е. Анализ технологии измерения рабочих поверхностей при дефектации аппаратов для культивирования микроорганизмов. Научно-технический Вестник Поволжья, Сб.№3. 2014г. Казань.
3. 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

4. Ведерников В.В. Оптимизация конструкций циклонов. //ТОХТ. -№ 1. -1990.
5. Венецкий И.Г., Венецкая В.И. Основные математико-статические понятия и формулы в экономическом анализе.- М.: Наука, 1979.-448.