

РАСЧЁТ МОЩНОСТИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ В ФЕРМЕНТОРАХ

Г.Е. Кокиева, Ю.А. Шапошников, О.А. Ларионова

В данной статье описывается расчёт мощности, потребляемый на перемешивание культуральной питательной среды в аппарате. Рассматривается пневматическое перемешивание, связанное с конструктивной особенностью аппарата, приведены формулы для расчета изменения мощности на перемешивание.

Ключевые слова: пневматическое перемешивание, мощность ферментатора, мощность на перемешивание, энергозатраты.

Введение. Исследование изменения мощности оборудования при пневматическом перемешивании для достижения заданных условий и массообмена является задачей при проектировании ферментатора любой конструкции, в частности группы ферментаторов газлифтных колонных. Обычно для оценки энергозатрат в аппарате необходимо знать удельную мощность $N_{\text{в}}$.

В настоящее время отсутствует однозначный подход к определению удельной мощности. Применяются такие термины как удельная мощность пневматического перемешивания, установленная, потребляемая, затраченная, введенная, рассеиваемая потоком газа в жидкости и др. [1,2,7]. Ее рассчитывают как по термодинамическим, гидравлическим, так и эмпирическим уравнениям. Причем часто не указываются по какому уравнению рассчитана удельная мощность. Это не позволяет объективно сравнить эффективность различных конструкции ферментаторов.

Цель исследования: Изучение мощности пневматического перемешивания в оборудовании типа ФГК. Практика показала, что от типа оборудования и конструктивной особенности напрямую связан выход продукции. В процессе экспериментальных исследований был произведен расчет пневматического перемешивания в ферментаторе типа ФГК. Разработать прогрессивное оборудование для культивирования микроорганизмов и привести формулы для расчета изменения мощности на перемешивание.

Методика исследования:

Путем введения удельной мощности $N_{\text{в}}$, затрачиваемой непосредственно на участке от входа газа в аппарат до его выхода из аппарата был произведен расчет мощности

пневматического перемешивания культивируемой среды.

На рис.1 приведена экспериментальная установка ферментатора [3].

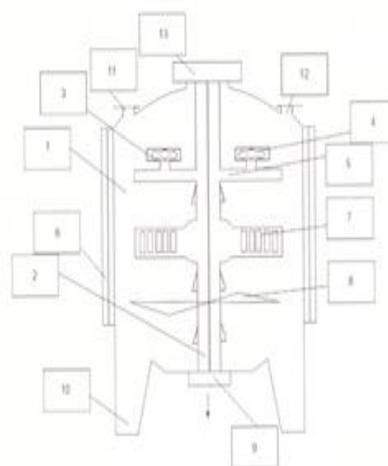


Рисунок 1 – Аппарат для культивирования микроорганизмов

Установка представляет собой вертикальный аппарат, состоящий из корпуса 1, центрального вала 2, верхней 3, центральной 4, нижней 5 мешалок, теплообменной рубашки 6, выгрузного патрубка 9; 11,12 - патрубки электродвигателя 13, основания 10.

Установка работает следующим образом:

Питательная смесь вместе с дрожжевым автолизатом и с солями, необходимыми для культивирования кормовых дрожжей вносится через питательный патрубок 11. Одновременно с вращением мешалок, которые приходят в движение от работы электродвигателя, вводится воздух через полый вал 2. Засекается время культивирования. Производятся

необходимые замеры. По окончании культивирования выключается электродвигатель, и останавливается работа ферментатора.

Результат и обсуждение. В процессе экспериментальных исследований были получены следующие данные.

Для расчета удельной введенной мощности [4] предлагается уравнение:

$$N_v^{gb} = G * R * 3600^{-1} * V_p^{-1} \{ (T_1 - T_K)(K - 1)^{-1} + T_K [(K(K - 1)^{-1} \ln T_K T_1^{-1} + \ln P_1 * H_0^{-1})] + T_1 * H_0 * P_1^{-1} - T_K \} + N_V^{nep} \quad (1)$$

Член уравнения (1), заключенный в фигурные скобки, представляет собой теоретическую мощность, затрачиваемую газом в аппарате при изменении его состояния (энергии) по идеальным циклам из допущения, что ферментатор является закрытой системой. В реальных условиях эта мощность будет отличаться от теоретической и поэтому значения N_{vp} , рассчитанные по [4,5,6], могут рассматриваться только как ориентировочные.

$$N_v^{gv} = V_v * \Delta P \quad (2)$$

При определении перепада давления $\Delta P = \gamma_m * H_0$ допущена неточность, так как в расчетах вместо высоты столба жидкости в аппарате H_0 подставляли высоту аппарата H .

Уравнением (2) можно использовать лишь при $P_1 \leq 0,1$ Мпа, что не характерно для большинства практических случаев. Следует отметить, что

N_{vb} , рассчитанная по (2), не отражает всех энергетических затрат на участке входа в ферментатор до его выхода из аппарата. Более точно удельная введенная мощность рассчитывается по уравнению [5].

$$N_v^{gv} = 2^{-1} * G_c * W_0^2 + H_0 * V_r * T_k (2 * T_a^{-1}) (P_1^{-1} + P_2^{-1}) \quad (3)$$

Оценка энергетических затрат в [6] проводилась по N_{vb} , рассчитанной по уравнению для адиабатического процесса сжатия газа с учетом кинетической энергии истечения газа из отверстия барботера, причем:

$$P_1 = 0.1 * H_0 + P_2 \quad (3)$$

$$N_{vb} = 343.35 * V_v (0.1 * H + 1)^{0.286} - 1 + 1.7 * 10^{-6} * W_0^2$$

Для сравнения значений удельной мощности, рассчитанных по приведенным уравнениям, нами приняты одинаковые исходные данные для их определения:

- давление на выходе из ферментатора атмосферное P_2 , Мпа-0,1;
- давление на входе в ферментатор P_1 , Мпа-0,2;

- высота столба жидкости в аппарате H_0 , м-10;

- температура воздуха атмосферного T_a , °К-293;

- температура воздуха на входе в ферментатор, T , °К-323;

- температура культивирования, T_k , °К-303;

- удельный расход воздуха, V_v м³* м⁻³* ч⁻¹- 60.

Анализ расчетных значений N_v^g показывает, что величина N_v^g зависит от вида уравнения и рассчитана и меняется более чем в два раза.

Если учесть, что при сравнении аппаратов различных конструкции чаще всего не указывается уравнение, по которому рассчитана, то при использовании применяемой терминологии практически не представляется объективно сравнить эффективность конструкции ферментаторов по энергозатратам на растворение кислорода и перемешивание. По нашему мнению для сравнения эффективности различных аппаратов оценка энергозатратам должна проводиться на основе удельной введенной мощности, которая зависит только от конструкции ферментатора и не зависит от типа компрессора и вида расчетного уравнения.

С точки зрения наиболее корректным является уравнение (3), но оно должно быть дополнено удельной мощностью на преодоление местных сопротивлений в результате установки диспергаторов газа, изменения направления потоков, их трения в барботажной и циркуляционных зонах и др.

$$N_{vb}^g = 2^{-1} * G_c * W_0^2 + \gamma_{ж} * H_0 * V_r * T_k (2T_a) - 1 * (P_1^{-1} + P_2^{-1}) * V_p^{-1} + N_{vg} + N_{vp} + N_{vp} + N_{vц} \quad (4)$$

Где N_{vg} , N_{vp} , N_{vb} , $N_{vц}$ - удельная мощность соответственно на преодоление гидравлического сопротивления диспергаторов и компенсации потерь энергии при изменении направления движения потоков и трения в барботажной и циркуляционной зоне.

При проектировании технологической линии для проектной оценки энергозатрат на стадии ферментации необходимо пользоваться значением:

$$N_{v3}^g \geq N_{vb}^g * \eta^{-1} \quad (5)$$

Наиболее целесообразно для сжатия газа принимать компрессор, в котором достигается минимальное значение:

$$N_{v3}^g \geq N_{vb}^g * \eta^{-1} \quad (6)$$

Расчет энергозатрат по N_{v3}^g следует рассматривать как ориентировочный.

РАСЧЁТ МОЩНОСТИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ В ФЕРМЕНТАТОРАХ

Заключение: В ходе исследования была разработана прогрессивная установка, обоснованы и приведены формулы для расчета изменения мощности затрачиваемой на перемешивание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ производственно-технической деятельности заводов БВК Всесоюзного производственного объединения «Союзпромбелок» в IV квартале 1977 года: Отчет/ВНИИсинтезбелок: Научн. руководитель темы Катруш Р.В. – М., 1978. – 51 с.
2. Бирюков, В. В. Влияние масштаба сегрегации на процессы культивирования микроорганизмов / В. В. Бирюков // Микробиологическая промышленность. – 1975. – № 4. С. 1–4.
3. Бирюков, В. В. Сравнительный анализ механизмов влияния перемешивания на биохимические процессы при культивировании микроорганизмов / В. В. Бирюков, А. Д. Штоффер // Микробиологическая промышленность. – 1970. – № 2. – С. 27–33.
4. Бойко, В. И. Исследование работы биохимического реактора с рассредоточенными по объему перемешивающими устройствами.- Дис. канд. тех. наук. - М., 1980.-197., ДСП.
5. Вольфович, Д. И. Увеличение производительности дрожжей, выращиваемых на n-парафинах путем повышения парциального давления O₂. - Автореф. дис. канд.техн.наук, М., 1981. -23 с.
6. Кузнецов, А. М., Усенко, В.Г., Бойко, В.И. Ферментационная аппаратура для производства кормового белка: Обзор/ М. : ОНТИТЭИмикробиопром, 1978.-56 с., ДСП.
7. Федосеев, К. Г. Физические основы и аппаратура микробного синтеза биологических активных соединений. -М.: Медицина, 1977. -304 с.-387

Кокеева Г.Е., к.т.н., БИИК СибГУТИ, 670031, г. Улан-Удэ, ул. Трубочеева, дом 152, e-mail: kokievagalia@mail.ru, тел.: 89243993984.

Шапошников Ю.А., д.т.н., профессор ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», e-mail: u.Shaposhnicov@mail.ru, тел.: 8-905-9870721