

УДК 536.7:621.1

О. В. ЧЕБОТАРЕВА, В. А. СЕРБИН, Н. В. КОЛОСОВА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ СБРАЖИВАЕМОЙ МАССЫ ПРИ ЗАГРУЗКЕ В МЕТАНТЕНК СВЕЖЕЙ ПОРЦИИ ОТХОДОВ

Разработана методика определения температуры сбраживаемой массы при вводе в метантенк свежей порции органических отходов. Предложен способ кратковременного повышения температуры до рабочих параметров.

перемешивание, энтальпия сбраживаемой массы, время догрева

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Интенсивное внедрение технологии анаэробного сбраживания органической массы с целью получения биогаза как заменителя органического топлива – природного газа – связано с недостатком в Украине собственных запасов последнего. Переработка органической массы осуществляется в специальных реакторах – метантенках (МТ). Для стабильного процесса выделения биогаза необходимо поддержание в МТ постоянного температурного режима, обеспечивающего оптимальные условия жизнедеятельности метаногенных бактерий.

АНАЛИЗ ПРЕДЫДУЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Используемые в настоящее время технологии сбраживания органической массы в МТ осуществляются преимущественно в мезофильном режиме при температуре сбраживаемой массы (СМ) 32–45° [1, 2].

Работающие в непрерывном режиме сбраживания установки требуют периодического удаления части сброженной массы (СбМ) и ввода на ее место такой же по массе свежей порции (СвП) органических отходов. Такие операции рекомендуется проводить от 1–2 [3] до 4–6 [2] и даже 8–12 [4] раз в сутки. Температура вводимой СвП $t_{вв}$ всегда меньше оптимальной температуры сбраживания $t_{сб}$. Это вызывает снижение общей температуры СМ в МТ.

Известно, что снижение температуры СМ в МТ оказывает угнетающее действие на деятельность метаногенных бактерий [5]. Поэтому после ввода СвП необходимо выполнить организационно-технические мероприятия, обеспечивающие повышение температуры СМ до рабочих значений.

ЦЕЛЬ И ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью настоящей работы является разработка методики оценки влияния вводимой СвП на температуру СМ в МТ и мероприятий по ее повышению до рабочих значений за заданный отрезок времени.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для действующих установок анаэробного сбраживания органической массы (отходы животноводческих ферм, трава, стебли кукурузы и др.) предусматривается плановая длительность сбраживания $\tau_{сб}$ (сутки), а также частота удаления СбМ и одновременного ввода СвП « n » в течение суток.

С учетом этих показателей за одну операцию смены сырья из МТ одновременно удаляется и вводится масса органического вещества, равная

$$m_{уд} = m_{вв} = \frac{M}{n \cdot \tau_{сб}}, \quad (1)$$

© О. В. Чеботарева, В. А. Сербин, Н. В. Колосова, 2013

где $m_{уд} = m_{вв}$ – количество СМ, удаляемое из МТ, и СвП, вводимое в него, кг;
 M – количество СМ в МТ при нормальном режиме сбраживания, кг.

Начальная энтальпия СМ в МТ составляет

$$I_H = M \cdot C|_{t_{сб}} \cdot t_{сб}, \quad (2)$$

где $t_{сб}$ – температура сбраживания, °С;
 $C|_{t_{сб}}$ – массовая теплоемкость СМ при температуре сбраживания, кДж/кг·град.

Энтальпия удаляемой части СМ

$$I_{уд} = m_{уд} \cdot C|_{t_{сб}} \cdot t_{сб}. \quad (3)$$

Энтальпия вводимой свежей порции, имеющей температуру $t_{вв} < t_{сб}$, составит

$$I_{вв} = m_{вв} \cdot C|_{t_{вв}} \cdot t_{вв}, \quad (4)$$

где $t_{вв}$ – температура вводимой порции, °С;
 $C|_{t_{вв}}$ – массовая теплоемкость сырья при $t_{вв}$, кДж/кг·град.

Поскольку $t_{вв}$ всегда меньше рабочей температуры сбраживания $t_{сб}$, общая температура СМ в МТ понизится и составит t_x .

Энтальпия смеси I_x может быть вычислена по уравнению

$$I_x = M \cdot C|_{t_x} \cdot t_x = I_H - I_{уд} + I_{вв}, \quad (5)$$

где $C|_{t_x}$ – массовая теплоемкость СМ при температуре t_x , кДж/кг·град.

Температуру t_x и соответствующее значение $C|_{t_x}$ можно определить методом последовательных приближений, задавшись для начала условием, что $C|_{t_x} = C|_{t_{сб}}$. В этом случае из уравнений (2–5) вытекает

$$t_x = \frac{C|_{t_{сб}}}{C|_{t_{сб}}} \cdot t_{сб} \left(1 - \frac{1}{n \cdot \tau_{сб}} \right) + \frac{1}{n \cdot \tau_{сб}} \cdot \frac{C|_{t_{вв}}}{C|_{t_{сб}}} \cdot t_{вв}. \quad (6)$$

Определенная по (6) величина t_x дает возможность уточнить значение $C|_{t_x}$ и повторным расчетом получить более точное значение температуры СМ в МТ. Цикл необходимо продолжать до достижения заданного различия Δt_x двух последовательных значений t_x , т. е.

$$t_x|_{n+1} - t_x|_n \leq \Delta t_x. \quad (7)$$

Для компенсации охлаждения и обеспечения оптимального температурного режима к СМ нужно подвести дополнительную теплоту в количестве

$$Q = I_H - I_x, \quad (8)$$

для чего кратковременно увеличить тепловой поток от наружной поверхности змеевика к СМ, что соответствует увеличению коэффициента теплопередачи «К» от греющего теплоносителя (воды, движущейся в змеевике) через стенку к СМ.

Анализ теплообмена внутри МТ, выполненный ранее [6], показал, что основное влияние на величину «К» оказывает коэффициент теплоотдачи α_2 от наружной стенки змеевика к СМ, т. к. интенсивность теплоотдачи от греющего теплоносителя к внутренней стенки змеевика α_1 на порядок выше.

Поэтому целесообразно увеличивать значение α_2 путем перемешивания СМ с помощью мешалки. Без перемешивания СМ значение $\alpha_2 = 626,5$ Вт/(м²·град), [7] с перемешиванием $\alpha_{2пер} = 1\,577,4$ Вт/(м²·град), т. е. увеличивается более чем в 2 раза.

Следовательно, количество дополнительной теплоты, передаваемой к СМ в единицу времени, составит

$$\Delta Q_\tau = (\alpha_{2пер} - \alpha_2) \cdot (t_{пов} - t_x) \cdot F_{зм}, \quad (9)$$

где $F_{зм}$ – наружная поверхность змеевика, м²;
 $t_{пов}$ – средняя температура поверхности змеевика, °С;

численно равная

$$t_{пов} = 0,5 \cdot (t'_{ГТ} - t''_{ГТ}), \quad (10)$$

где $t'_{ГТ}$ – температура греющего теплоносителя на входе в змеевик, °С;
 $t''_{ГТ}$ – температура греющего теплоносителя на выходе из змеевика, °С.

По рекомендации [5] эти температуры должны составлять $t'_{ГТ} = 60$ °С, $t''_{ГТ} = 40$ °С.
 Время догрева СМ в МТ от t_x до $t_{сб}$ составит

$$\tau_{дог} = \frac{Q}{\Delta Q_{\tau}}. \quad (11)$$

Принимая в качестве исходных данных для расчетов методику и результаты, полученные в работе [8], относящиеся к теплофизическим свойствам СМ в зависимости от температуры, а также технологические характеристики сбраживания (масса $M = 49,8$ т, плановая длительность сбраживания $\tau_{сб} = 15$ суток, однократная суточная смена СМ в МТ ($n = 1$), температуры сбраживания $t_{сб} = 40$ °С и СВП $t_{вв} = 10$ °С), установлено, что уменьшение температуры в МТ составит 2 °С, а время перемешивания для доведения температуры СМ от t_x до $t_{сб}$ равно $\tau_{дог} = 1,7$ часа.

Анализ полученных зависимостей показывает, что увеличение числа смены состава в МТ в сутки ($n > 1$), плановой длительности сбраживания $\tau_{сб}$ и интенсивности перемешивания будут способствовать минимальному уменьшению температуры t_x и снижению длительности перемешивания.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ДАЛЬНЕЙШЕМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Разработанная методика определения температуры смеси после ввода в метантенк свежей порции органической массы может быть использована для оценки охлаждения СМ в МТ и разработки способов кратковременного повышения температуры СМ до рабочих значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Дубровский, В. С. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов [Текст] / В. С. Дубровский, У. Э. Виестур. – Рига : Зинатне, 1988. – 204 с.
2. Шрамков, В. М. Купите биогазовую установку [Текст] / В. М. Шрамков // Энергия. Экономика, техника, экология. – 1987. – № 8. – С. 47–48. – ISSN 0233-3619.
3. Шомин, А. А. Биогаз на сельском подворье [Текст] / А. А. Шомин. – Балаклея : Инф. изд. компания «Балак-лійщина», 2002. – 68 с.
4. Форстер, К. Ф. Экологическая биотехнология [Текст] / К. Ф. Форстер, Д. А. Дж. Вейза ; пер. с англ. под ред. А. И. Гинака. – Л. : Химия, 1990. – 384 с.
5. Бойлс, Д. Биоэнергия: технология, термодинамика, издержки [Текст] / Д. Бойлс ; пер. с англ. под ред. Е. А. Бирюковой. – М. : Агропромиздат, 1982. – 152 с.
6. Колосова, Н. В. Процессы теплообмена в метантенке при сбраживании биомассы. [Текст] / Н. В. Колосова, О. В. Чеботарева, В. А. Сербин // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки, молоді і спорту України, ДонНАБА. – Макіївка, 2011. – Вип. 2011-5(91) : Інженерні системи та техногенна безпека. – С. 31–37. – ISSN 1814-3296.
7. Сербин, В. А. Особенности теплообмена в метантенке при сбраживании перемешиваемой биомассы [Текст] / В. А. Сербин, О. В. Чеботарева, Н. В. Колосова // Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць / М-во освіти і науки, молоді і спорту України, ДонНАБА. – Макіївка, 2012. – Вип. 2012-2(94) : Інженерні системи та техногенна безпека. – С. 42–48. – ISSN 1814-3296.
8. Розділ 2. Розробка методики і програми розрахунків гідравлічного і теплового режимів зброжування біомаси у метантенку [Текст] // Удосконалення систем теплогазопостачання, опалення, вентиляції і кондиціонування повітря з використанням сучасних технологій : звіт про НДР К-3-03-06 / Донбаська нац. академія будівництва і архітектури. – Макіївка : ДонНАБА, 2010. – С. 16–43. – Бібліогр.: 27 назв.

Получено 26.09.2013

О. В. ЧЕБОТАРЬОВА, В. А. СЕРБИН, Н. В. КОЛОСОВА ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ ЗБРОДЖУВАНОЇ МАСИ ПРИ ЗАВАНТАЖЕННІ В МЕТАНТЕНК СВІЖОЇ ПОРЦІЇ ВІДХОДІВ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розроблено методику визначення температури зброджуваної маси при введенні в метантенк свіжої порції органічних відходів. Запропоновано спосіб короткочасного підвищення температури до робочих параметрів.

перемішування, ентальпія зброджуваної маси, час догріву

OLGA CHEBOTARYOVA, VLADIMIR SERBIN, NELLY KOLOSOVA
TEMPERATURE RANGE FERMENTED MASS LOADING IN A FRESH PORTION
OF WASTE DIGESTER

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The method for determining the temperature of the fermentation mass during commissioning metantek fresh portion of organic waste has been found out. The method of short-term rise in temperature to the operating parameters has been suggested.

mixing, enthalpy of the fermented mass, while reheating

Чеботарьова Ольга Володимирівна – магістр, завідувач лабораторії кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоощадження.

Сербін Володимир Артемович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоощадження.

Колосова Неллі Вадимівна – магістр Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоощадження.

Чеботарева Ольга Владимировна – магистр, заведующая лабораторией кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение.

Сербин Владимир Артемович – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение.

Колосова Нелли Вадимовна – магистр Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение.

Chebotaryova Olga – masters degree, head of laboratory, Heating Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: saving of energy resources.

Serbin Vladimir – PhD (Eng.), Associate Professor, Heating Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: saving of energy resources.

Kolosova Nelly – masters degree, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: saving of energy resources.