

## СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИОФЕРМЕНТАТОРАМИ

**Олиферович Н.М., Дубиковская Е.В., Журавкова С.А., Шпаковский Г.В.**  
**Белорусский государственный технологический университет**  
**г. Минск, Беларусь**

Хозяйственная деятельность человека порождает большое количество биологических отходов. Они могут служить ценным источником получения энергии или полуфабрикатов для других сфер применения. Биоферментаторы – это установки для формирования условий протекания биологических реакций. Чаще всего под этим термином понимают установки для производства биологического продукта определенных свойств. Наиболее распространенным продуктом на выходе биоферментаторов является компост. С понятием компостирования существуют так же проблемы определения. Например, в литературе можно встретить такой вариант: компостирование — это биологическое разложение и стабилизация органических субстратов в условиях, позволяющих создать термофильные температуры в результате биологически произведенного тепла, с получением конечного продукта, который является стабильным, свободным от патогенов и семян растений и может быть с пользой применен для земли. Таким образом, компостирование представляет собой форму переработки отходов, при которой за счет обеспечения требуемой температуры, влажности и кислорода происходят термофильные процессы. Хотя поддержание термофильных температур является основным механизмом инактивации патогенов и разрушения семян, однако существуют и другие факторы, влияющие на успешность прохождения биологических процессов.

Несмотря на то, что данная тема сильно зазвучала и начала усиленно изучаться в последнее время, применения биоферментаторов началось уже давно, поскольку биологические отходы всегда сопровождали жизнь человека. В тоже время, развитие систем управления процессом компостирования получило новый толчок в последнее время. Биологические процессы всегда характеризуются трудностью управления. В немалой степени это является следствием того, что биологические свойства продукции не определяются техническими средствами измерения в реальном времени. Немаловажным является тот факт, что биологические технологические процессы редко строятся по непрерывной схеме. В тоже время, длительность одного цикла промышленного процесса компостирования может длиться больше месяца. Кроме того, в литературе можно встретить большое множество подходов к проведению процесса компостирования, конструкциям биоферментаторов, к сырью, что накладывает отпечатки на формирование алгоритма управления. Биологические процессы характеризуются «памятью», когда кинетика на начальной стадии влияет на то, что будет происходить в конце. Они плохо масштабируются. С точки зрения автоматизации, данный объект является с одной стороны стохастическим, с другой стороны с переменными параметрами. В том же процессе компостирования выделяют несколько стадий, оптимальность проведения которых определяется разными значениями физических параметров.

Температура. Компостирование представляет собой биоокислительный процесс микробного разложения смешанного органического вещества. Этот экзотермический процесс производит относительно большое количество энергии. Только 40 – 50% этой энергии могут быть использованы микроорганизмами для полезного синтеза; оставшаяся часть энергии должна быть отведена, иначе может произойти уничтожение полезной микрофлоры. В тоже время, эффективный запуск биологических процессов существенно влияет на длительность всей операции и результат. Однако в процессе компостирования

не следует полностью исключать термофильную фазу, поскольку она является наиболее важной фазой снижения болезнетворных агентов. Кроме того, термофильная фаза должна сохраняться в начале процесса, когда наличие легкоразлагаемых молекул позволяет достичь температуры 70°C. В системах с принудительной аэрацией доминирующим механизмом отвода тепла является испарительное охлаждение, на которое приходится 80 – 90 % теплоотвода. Часть тепла, образующаяся при компостировании в закрытом реакторе, может быть восстановлена и преобразована тепловым насосом для производства горячей воды как для бытового, так и для промышленного отопления. По температуре часто определяется и окончание процесса компостирования.

**Аэрация.** При компостировании одним из основных факторов, на который больше оказывает воздействие и вокруг которого разрабатываются конструкции системы, является обеспечение компостируемой массы кислородом. Воздух, находящийся в промежутках компостируемой массы, в процессе микробиоокислительной деятельности изменяется по составу. Содержание углекислого газа постепенно увеличивается, а уровень кислорода падает. Вентиляция, кроме обеспечения кислородом массы, выполняет и другие функции, такие как регулирование температуры и влажности. Определение количества воздуха, необходимого для обеспечения аэробно-биологического разложения в компостируемой массе, было и остается целью многих исследователей. Достижение этой цели чрезвычайно затруднено тем обстоятельством, что оно не может быть осуществлено методами анализа. Затрудняющим фактором по обеспечению кислородом является постоянное изменение гидродинамического сопротивления на пути движения воздуха.

**Влажность.** Вода необходима для всей микробной активности. Оптимальное содержание влаги в исходном материале варьируется и существенно зависит от физического состояния и размера частиц, а также от используемой системы компостирования. В некоторых случаях, на начальном этапе необходимо производить осушение массы.

**pH.** Как правило, органические вещества с широким диапазоном pH можно компостировать. Однако оптимальный диапазон составляет от 5,5 до 8,0. В то время как бактерии предпочитают почти нейтральный pH, грибы лучше развиваются в довольно кислой среде. На практике уровень pH в компостируемой массе трудно изменить. Обычно pH начинает снижаться в начале процесса, а затем увеличивается.

Тщательный анализ хода процесса компостирования позволяет выявить четыре особенности, которые могут служить полезными индикаторами для мониторинга производительности компостной системы. К ним относятся: повышение и понижение температуры; изменение запаха и внешнего вида; изменение текстуры и разрушение летучих твердых веществ (т. е. органических веществ).

Обеспечить оптимальное управление процессом компостирования можно при постоянном анализе статистики проведения процесса в сочетании с лабораторным анализом [3].

#### **Список использованных источников**

1. Haug, R.T. The Practical Handbook of Compost Engineering. Lewis Publishers, Boca Raton, p. 745
2. Epstein, E. Industrial composting: Environmental engineering and facilities management. Taylor & Francis Group. CRC Press, Boca Raton 2011.
3. Гринюк Д.А., Сухорукова И.Г., Оробей И.О. Современные подходы к информатизации систем контроля управления // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления: Материалы докладов междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19-21 ноября 2016 г., Мн.: БГТУ, 2016, – С. 198-201.