

в нижнем положении, заполненные контейнеры б погружаются в жидкость, и люки герметизируются крышками. При перемещениях колпака контейнеры-лопасти перемешивают биомассу.

В крупнотоннажных биореакторах крышка люка 5 выполнена с отверстием и дополнительным гидрозатвором, в которых коаксиально помещен вал с проницаемым контейнером. Устройство в виде вала, соединенного в верхней части с приводом, а в нижней — с контейнером является мешалкой. Контейнер выполняется съемным и с возможностью свободного перемещения через отверстие патрубка гидрозатвора.

Субстраты всех видов сбраживаются в реакторе 1 и в контейнерах б. Длительность пребывания каждого контейнера с отходами в биореакторе не превышает цикл брожения отдельных субстратов. Согласно технологическому регламенту после завершения периода «полного» сбраживания данного субстрата проводится выемка соответствующего контейнера и новая загрузка его свежим материалом. Периодическая смена контейнеров осуществляется без остановки работы реактора. Жидкие отходы сбраживаются в непрерывном проточном или дискретном режиме и сливаются через выгрузное устройство 3.

Локализация твердых включений в контейнерах снижает возможность коркообразования, засорения и перерывов в работе, повышая технологическую надежность установки в целом. Рост общего выхода биогаза достигается за счет улучшения массообменных процессов и условий жизнедеятельности бактериальной среды, оптимизации использования «газового потенциала» органического вещества субстратов, а также более рационального использования рабочего объема реактора путем периодической загрузки контейнеров свежим материалом.

BIOGAS PLANTS FOR COMBINED PROCESSING OF AGRICULTURAL ORGANIC WASTE

Movsesov G. E., Institute for Mechanization of Animal Husbandry,
Ukrainian Academy of Agrarian Sciences, Zaporizhzhya, Ukraine

A new technique for organic agricultural waste processing has been introduced in order to increase the efficiency of methane fermentation, which takes into account the specific fermentation time of various components. Based on this technique, new patented bioreactor models have been developed, suitable for both low and high capacity bio-power plants.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

Ратушняк Г. С., Джеджула В. В., Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна

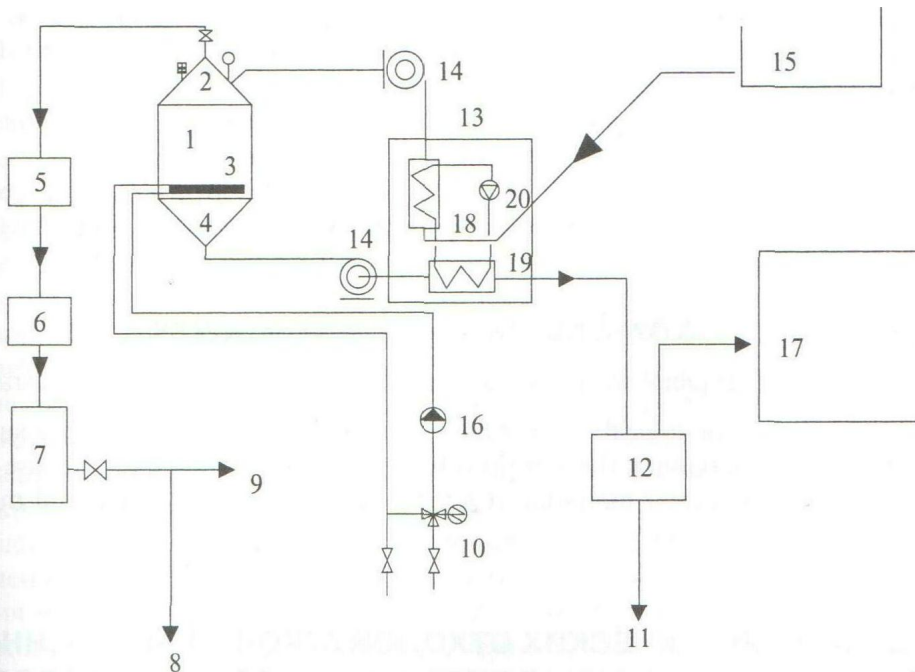
Зростання вартості та вичерпаність запасів природного газу спонукає до активного пошуку альтернативи цьому поширеному виду палива. Вирішення даної проблеми можливе шляхом переходу підсобних господарств селян та малих фермерських об'єднань до використання біогазу як палива. Одночасно з отриманням палива розв'язується і задача утилізації органічних відходів господарства. Виробництво біогазу потребує великої кількості енергії на нагрів субстрату до необхідної температури та компенсацію теплових втрат біореактора. Для зменшення енерговитрат рекомендується:

- підвищити температуру навколишнього середовища за рахунок укопування реактора у землю;
- збільшити термічний опір стінок реактора шляхом використання теплоізоляції;
- зменшити площу контакту реактора і навколишнього повітря за рахунок особливої форми реактора.

За розрахунками, основні втрати тепла для реакторів циліндричної форми з бетону і утепленачем складають від 10 до 20% тепла, що витрачається на нагрівання суміші.

Відпрацьований шлам має високий запас теплової енергії, яка зазвичай розсіюється в атмосфері. В літній період різниця температур між органічною масою, що поступає в реактор, і тією, що покидає його, сягає $\Delta = 20^\circ\text{C}$, у зимовий ця різниця досить значна і може становити $\Delta = 40\text{--}50^\circ\text{C}$. Для максимально повної утилізації тепла рекомендуємо використовувати теплонасос, який дозволить знизити витрати тепла на нагрівання вхідної сировини в декілька разів.

Сучасна біогазова установка — це комплекс пристроїв, пов'язаних між собою гідравлічними, механічними, електричними, інформаційними зв'язками. В часи високих технологій виробництво біогазу повинно бути максимально комп'ютеризованим та автоматизованим, не відбираючи у оператора багато часу та зусиль, мати максимальний коефіцієнт корисної дії. Досягти високої продуктивності біогазових установок можливо при комплексному поєднанні всіх інноваційних рішень. Пропонується принципова технологічна схема по виробництву біогазу (рисунок).



Технологічна схема по виробництву біогазу з енергозбереженням:

- 1 — реактор установки з конусами на верх і на низ; 2 — верхній конус установки для збирання біогазу; 3 — нагрівальний елемент трубчастого типу; 4 — нижній конус для збирання шламу; 5 — пристрій для видалення сірководню; 6 — пристрій для видалення вуглекислого газу; 7 — газгольдер; 8 — трубопровід, що транспортує газ на потреби господарства; 9 — трубопровід, що транспортує газ на потреби біогазової установки; 10 — сервопривід з триходовим клапаном; 11 — трубопровід, що транспортує рідку фазу шламу на полив; 12 — розділювач фаз відпрацьованого субстрату; 13 — тепловий насос для рекуперції тепла відпрацьованого шламу; 14 — фекальний насос для подачі і видалення субстрату; 15 — резервуар — збирач органічних відходів; 16 — циркуляційний насос системи теплопостачання біогазової установки; 17 — поле висушування густої частини шламу; 18 — конденсатор теплового насосу; 19 — випарник теплового насосу; 20 — компресор з терморегуляційним вентилем теплового насосу

Біогазова установка працює таким чином. У міру накопичення в резервуарі 15 органічні відходи фекальним насосом 14 відкачуються в трубопровід і подаються у верхню частину реактора 1. У реакторі 1 суміш перемішується і зволожується до необхідної концентрації сухої речовини. Під час транспортування відпрацьований субстрат і свіжа органічна маса обмінюються теплом з теплоносієм теплового насоса 13; таким чином відпрацьований шлам втрачає тепло, а свіжа органічна маса нагрівається. Підігрівання субстрату здійснює теплообмінник 3, що знаходиться в реакторі 1, потужності теплообмінника виконується за допомогою змішувальної установки, яка зводить триходовий клапан із сервоприводом 10 та циркуляційний насос 16. Температура субстрату і його тиск контролюються термометром і манометром, що розміщені в покрівлі реактора. При накопиченні газу випускають у пристрої для видалення сірководню 5, видалення вуглекислого газу 6 та збирають у газгольдері 7. З газгольдера 7 газ направляють по трубопроводах 9 на потреби самої установки, а 8 — на потреби господарства.

Рекомендований температурний режим системи теплопостачання — $60\text{ }^{\circ}\text{C} / 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, тобто температура гріючої води максимально можлива — $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, зворотної — $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Теплопостачання може здійснюватися від газового котла, що працює на природному газі чи виробленому біогазі, який проходить попереднє очищення від шкідливих домішок. Рекомендована схема обв'язки показана на рисунку. Ця схема виконана двокільцевою: котел — теплообмінник (велике кільце); триходовий клапан — насос — теплообмінник (мале кільце).

Схема обв'язки виконана з байпасною лінією і двома контурами циркуляції — малим і великим. У разі, коли температура нагрівника і середовища стає більшою за необхідне, триходовий клапан дозволяє підмішувати зворотну воду у подачу. Коли температура поверхні нагрівника субстрату починає падати — клапан працює на прямоток. Для спуску води за потреби відпрацьованої системи послугують спусковики. Для запобігання утворенню повітряних пробок встановлено автоматичний повітроспусковик. У разі поломки котла для запобігання замерзання теплоносія у контурі циркуляції і зупинці реактора триходовий клапан працює у режимі малих витрат теплоносія, підтримуючи температуру вище замерзання. Відстеження

аварійних ситуацій з котлом відбувається за допомогою датчика, що встановлено на поверхні теплообмінника 3 в біореакторі. Коли температура на ньому знижується до 10–15 °С, подається сигнал на закривання сервоприводом 10 клапана.

Для циркуляції теплоносія та субстрату рекомендуються сучасні насоси фірм WILLO та GRUNDFOS, енергоспоживання яких мінімальне і не перевищує сотень ват.

Таким чином, комплексне поєднання ефективної ізоляції та оптимальної форми реактора, теплового насоса і якісного регулювання тепlopостачання на базі енергоощадних насосів дозволить підвищити коефіцієнт корисної дії установки по виробництву біогазу.

ENERGY-SAVING OPTIONS FOR BIOGAS GENERATION SYSTEMS

Ratushnyak G. S., Djedjula V. V., Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, Ukraine

The paper describes the technological cycle of biogas generation and recommends a suite of energy-saving measures. In order to maximize the system efficiency, it is recommended to use a number of special arrangements, including heater manifold, reactor alignment, thermal pump and modern insulation materials.

УТИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В УДОБРЕНИЯ ПУТЕМ ИХ УСКОРЕННОЙ АЭРОБНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ

Ковалев Н. Г., Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственного использования мелиорированных земель, Тверь, Россия

Разработана и внедрена в производство технология получения высокоэффективных, экологически безопасных удобрений. В ее основу положен метод ускоренной твердофазной аэробной ферментации навоза и птичьего помета совместно с углеродсодержащими водопоглощающими компонентами растительного происхождения (торф, древесные опилки, измельченная солома и др.), предусматривающий воздействие на исходную органическую смесь подаваемого воздуха.

Сущность технологии заключается в создании наиболее благоприятных условий для развития аэробных термофильных микроорганизмов, которые в результате жизнедеятельности перерабатывают органическое вещество, превращая его в экологически безопасные биологически активные удобрения.

Скорость переработки исходной органической смеси в конечном итоге определяется интенсивностью микробной биомассы и может быть представлена как функция f :

$$V = f(T, W, P, K, m, r),$$

где T — температура; W — влажность смеси; P — наличие кислорода, зависящее от пористости смеси и ее аэрации; K — кислотность; m — наличие минеральных добавок и биостимуляторов; r — равномерность смешивания (однородность смеси).

Наиболее благоприятные условия для развития аэробных микроорганизмов создаются при переработке органического сырья в специальных сооружениях — биоферментерах, оснащенных системой принудительной аэрации.

Предлагаемая технология предусматривает использование биоферментеров периодического действия прямоугольной (в плане) формы.

Типовой биоферментер представляет собой двухсекционное сооружение из кирпича, железобетона или других материалов с размерами $(5 \times 10) \times 2 \times 4,5$ м, в пол которого вмонтированы перфорированные трубы, тупиковые с одного конца и объединенные с другого конца общим воздухопроводом. На задней стене каждой секции (с наружной стороны) установлен вентилятор, который через соединительный рукав подает воздух в воздухопровод и через перфорированные трубы в органическую смесь.

Оптимальными параметрами технологического процесса ускоренной ферментации органического сырья являются: влажность органической смеси — 50–70% от нативной массы; pH — 6–8; соотношение азота и углерода в среднем 1 : 20–30; содержание кислорода в массе — 5–12%.

Исходная влажность основных компонентов — навоза и помета — не должна превышать 90%; торфа — 60–65%, опилок, соломы и др. — 30%. Солома и другие отходы растениеводства подлежат измельчению до размеров 50 мм. Органические компоненты смеси в заданном соотношении предварительно перемешиваются, а перед каждой загрузкой 2–3 раза перебиваются и загружаются в биоферментер навозоразбрасывателем.