

к снижению прочности [2–4]. Многие виды грибов, водорослей, лишайников наносят механические повреждения строительным материалам, ухудшают их гигиенические свойства.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что влажность является важным параметром, влияющим на эффективное использование строительных материалов в ограждающих конструкциях зданий. Перспективным направлением исследований в этой области (анализе тепловлажностных режимов зданий) является компьютерное моделирование. В настоящей работе исследовалась возможность применения для указанных целей программного пакета COMSOL Multiphysics. В версии 5.3 программного пакета содержится несколько новых функций для дальнейшего развития моделей переноса тепла и влаги в воздухе. Узел *Moist Air* предназначен для моделирования переноса влаги путем конвекции и диффузии в воздухе, а также турбулентного перемешивания, вызванного турбулентной диффузией при необходимости учета турбулентной конвекции влаги. Раздел Building предоставляет обычно используемые в строительстве материалы с типичными гигроскопическими и термическими свойствами. Этот информационный ресурс позволяет создавать модели переноса тепла и влаги, используя имеющиеся свойства строительных материалов. В программном комплексе для этих материалов учтено, что коэффициент теплопроводности, коэффициент диффузии, влагосодержание и паропроницаемость являются функциями относительной влажности, а коэффициент сопротивления пара является функцией от относительной влажности, температуры и абсолютного давления.

При моделировании переноса тепла и влаги важную роль играют процессы конденсации и испарения воды. Эти процессы не только оказывают влияние на равновесие между паром и водой, они также значительно влияют на энергетический баланс из-за теплоты парообразования. В версии 5.3 программного пакета COMSOL Multiphysics эти явления можно учесть.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод о возможности проведения численных исследований тепловлажностных режимов зданий с помощью программного комплекса COMSOL Multiphysics. В частности, анализ изменения таких параметров, как температура и влажность в помещении и ограждающих конструкциях в течение определенного промежутка времени при изменяющихся условиях окружающей среды и в условиях естественного охлаждения (при отключении отопления). При этом возможно применение для анализа различных строительных материалов (например, силикатный кирпич, сотовый бетон, сосна, стекловата, целлюлозный утеплитель).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишневецкий, Е. П. Необходимость осушения воздуха и оценка профицита влаги / Е. П. Вишневецкий, Г. В. Чепурин // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2010. – № 3–4.
2. Воронцов, В. М. Природные материалы в архитектуре: учеб. пособие / В. М. Воронцов, В. И. Мосьпан, М. С. Агеева и др. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 100 с.
3. Ярцев, В. П. Физико-механические и технологические основы применения пенополистирола при дополнительном утеплении зданий и сооружений: учеб. пособие / В. П. Ярцев, К. А. Андрианов, Д. В. Иванов. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2010. – 120 с.
4. Чернышов, В. Н., Однолько В. Г., Чернышов А. В. Методы и системы неразрушающего контроля теплозащитных свойств строительных материалов и изделий / В. Н. Чернышов, В. Г. Однолько, А. В. Чернышов. – М.: Издательский дом «Спектр», 2012. – 200 с.

АНАЛИЗ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЕТУЧИХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В СОСТАВЕ СУБСТРАТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА THE ANALYSIS OF CONCENTRATION OF VOLATILE FATTY ACIDS IN THE COMPOSITION OF SUBSTRATES FOR BIOGAS PRODUCTION

С. С. Кучур
S. Kuchur

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
7798608@mail.ru
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Концентрация летучих жирных (органических) кислот оказывает существенное влияние на выход и состав биогаза в результате анаэробного сбраживания. Соотношение указанных кислот (называемых также эквивалентами уксусной кислоты) дает информацию о состоянии процесса анаэробного брожения. Бактерии уксусной кислоты из органических кислот производят исходные вещества для образования метана. При стабильном процессе образования биогаза концентрация органических кислот в составе исследуемого

биологического сырья ниже 2000 мг/л. Если уровень превышает 3000 мг/л, то произойдет нарушение процесса, вплоть до полной его остановки. Это отражает актуальность проведенного исследования, цель которого – показать вариацию данного показателя в различных видах субстратов.

The concentration of volatile fatty (organic) acids has a significant effect on the yield and composition of biogas as a result of anaerobic digestion. The ratio of these acids (also called acetic acid equivalents) provides information on the state of the anaerobic fermentation process. Acetic acid bacteria from organic acids produce the starting materials for methane formation. With a stable process of biogas formation, the concentration of organic acids in the composition of the biological raw materials under study is below 2000 mg/l. If the level exceeds 3000 mg / l, then there will be a violation of the process, up to its complete stop. This reflects the relevance of the study, which aimed to show the variation of this indicator in different types of substrates.

Ключевые слова: лабораторные исследования, биологическое сырье, летучие жирные (органические) кислоты.

Keywords: laboratory studies, biological raw materials, volatile fatty (organic) acids.

В экономике Республики Беларусь важную роль играет агропромышленный комплекс. В сельском хозяйстве республики насчитывает порядка 9 тыс. животноводческих ферм. Потенциальные возможности получения товарного биогаза от переработки годовой биомассы животноводческих комплексов могут составить более 1 млн т условного топлива в год. Исследования проведены в лаборатории биогазовых технологий кафедры энергоэффективных технологий Международного государственного экологического института им. А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета. Лаборатория создана при финансовой поддержке Центра международной миграции и развития ФРГ (Centrum für internationale Migration und Entwicklung (CIM).

Для проведения исследования использовалось лабораторное оборудование: весы электронные аналитические Ohaus PA214C; шкаф сушильный ШС-80-01 СПУ; магнитная мешалка C-MAG HS 7; микропроцессорный pH-метр pH-150МП.

Исследования проведены в соответствии с методикой Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH (DBFZ): определение влажности в исходном биологическом сырье – в соответствии с DIN-12880; расчет концентрации летучих жирных (органических) кислот – в соответствии с DIN 380409-7; лабораторные исследования по каждой пробе выполнялись с 3-х кратным повторением. Цель – повысить точность расчетов, минимизировать значение статистической ошибки эксперимента.

Процесс анаэробного брожения может быть представлен тремя этапами: гидролиз; образование кислот; образование метана. На втором этапе кислотопродуцирующие бактерии осуществляют дальнейшее разложение биологического сырья. При этом, в сбраживаемой среде появляются первичные продукты брожения – главным образом органические кислоты с короткой цепью (карбоновые кислоты, такие как уксусная кислота (CH_3COOH), муравьиная кислота (HCOOH), масляная кислота ($\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$), пропионовая кислота ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$), низкомолекулярные спирты, такие как этанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) и газы, такие как углекислый газ (CO_2), водород H_2 , сероводород (H_2S) и аммиак (NH_3). Затем бактерии уксусной кислоты из органических кислот производят исходные вещества для образования метана, а именно: уксусную кислоту, углекислый газ и водород. Эти органические вещества являются источником питания для метанообразующих бактерий, которые превращают органические кислоты в биогаз.

Соотношение органических кислот, (называемых также летучими жирными кислотами, эквивалентами уксусной кислоты), дает информацию о состоянии процесса анаэробного брожения. При стабильном процессе образования биогаза концентрация органических кислот в составе исследуемого биологического сырья ниже 2000 мг/л. Если уровень превышает 3000 мг/л, то произойдет нарушение процесса. Накопление кислот вызывает задержку развития метановых бактерий вплоть до полной остановки процесса разложения. Причина: на предварительных ступенях метаногенеза производится больше органических кислот, чем может быть разложено в процессе метаногенеза. В условиях Республики Беларусь действующие биогазовые комплексы в основном используют навоз: крупного рогатого скота (коровы, бычки); свиней; куриный. Результаты исследования приведены в табл.

Таблица – Результаты исследования концентрации летучих жирных (органических) кислот

Наименование биологического сырья	Вариация концентрации летучих жирных кислот, мг/кг	Степень рассеивания между min и max значениями, разы
навоз – коровы (навоз с соломой)	973–1721	1,77
навоз – коровы (жидкая фракция-смыв)	1005–1164	1,16
навоз – бычки (навоз с соломой)	629–2202	3,5
навоз конский	576–1192	2,07
навоз свиной	1163–2872	2,47
навоз куриный	2911–4032	1,39
навоз цесарки	1052–2658	2,53

Как следует из таблицы, вариация концентрации летучих жирных кислот для различных видов биологического сырья существенно зависит от условий содержания животных – метода уборки навоза. Для навоза коров (жидкая фракция-смыв), степень рассеивания минимальна и составляет 1,16 раза. А для условий содержания на соломенной подстилке для коров степень рассеивания составляет 1,77 раза, а для бычков – 3,5 раза. Для куриного навоза степень рассеивания тоже незначительная и составляет 1,39 раза, что объясняется практически одинаковыми условиями содержания. Для свиного навоза концентрации летучих жирных кислот различается в 2,5 раза.

Оценка энергетического качества субстрата и расчет выхода метана и биогаза в целом производится на основании содержания органического сухого вещества в составе субстрата. Вместе с тем результаты исследования показывают, что для более точной оценки энергетического качества субстрата необходимо проводить корректировки с учетом концентрации летучих жирных кислот. Это позволит рассчитывать микробную нагрузку с целью поддержания стабильности процесса анаэробного сбраживания и оптимизировать режимы эксплуатации биогазовых комплексов.

Проведенный анализ показал, что технологии энергетического использования отходов животноводства, необходимо разрабатывать применительно к условиям конкретных животноводческих комплексов на основании лабораторных исследований каждого вида субстрата.

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ БЕЗРЕДУКТОРНЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

METHOD OF INCREASING THE EFFICIENCY OF WORK OF UNVEILED WIND POWER PLANTS

Л. А. Липницкий, С. С. Корней, К. А. Кривецкий
L. Lipnitski, S. Karnei, K. Krivitsky

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
leonid-l@tut.by
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Безредукторные ветроэнергетические установки (БВУ) преобразуют часть кинетической энергии ветра в электрическую энергию. Из-за большой популярности ветроэнергетики широкое применение БВУ ограничено из-за их недостаточной надежности и эффективности работы. Во многих источниках информации описаны конструкции и принципы работы БВУ, преобразующих энергию ветрового потока со скоростью меньше 4 м/с в электроэнергию переменного тока. Такие БВУ рекомендуют применять на приусадебных участках частных домов.

Direct-drive wind turbines convert part of the kinetic energy of wind into electrical energy. Due to the high popularity of wind power, the widespread use of direct-drive wind turbines is limited due to their lack of reliability and efficiency. Many sources describe the construction and principles of operation of the DDWT, converts the energy of wind flow speed is below 4 m/s into electricity of alternating current. Such DDWT is recommended for use in backyards of private homes.

Ключевые слова: безредукторные ветроэнергетические установки, ветроэнергетика, получение энергии, конструкция, электрогенератор.

Keywords: gearless wind turbines, wind energy, energy, design, generator.

Способы переработке ветровой энергии в электрическую являются достаточно популярными в разных странах. Ветроэнергетические установки интенсивно применяются и в Республике Беларусь.

В 1996–1999 гг. в Беларуси исследовался потенциал энергии ветра. Исследования показали, что на территории страны есть зоны, где среднегодовые скорости ветра составляют 4,8–6,2 м/с, с высотой от 20 до 80 м. Таких площадок исследователи насчитывают около 1840. В основном эти площадки – это холмы, с высотой более 250 м над уровнем моря. Эти зоны расположены в Минской, Гродненской и Витебской областях. В Беларуси существуют две перспективные площадки с ВЭУ единичной мощностью более 1 МВт. Эти площадки находятся в Гродненской обл.: ветропарк в Сморгонском р-не и ветропарк в Новогрудском р-не. Срок окупаемости ветропарка составляет 11 лет при сроке службы 25 лет.

Преимущество ветроэнергетических установок:

- экологически чистая энергия, то есть при производстве энергии не происходит выброс двуокиси углерода;
- низкая стоимость энергии.