

mesh-connected multicontrollers to identify failures. A new approach to the multicontroller test based on the combination of self-test and mutual inter-unit test performed in multiplex mode is presented, which allows increasing the successful fault detection probability. Formal rules are defined for forming sets of testing and tested neighbours for each unit which are invariant to the location of the unit within the topological structure of the multicontroller and its dimension. It is shown that in contrast to the mutual inter-unit test mechanism, the same set of testing neighbours is used alternately to test the two units in multiplexed mode, and the result unit test is formed by applying the majority operation to the characteristics by all testing neighbours as well as by the tested unit itself in the course of its self-test. The formulae to determine the number of testing neighbours for each unit depending on the dimension of the multicontroller are given. The structural organization of the unit of bidimensional mesh-connected multicontroller equipped with the means of the integrated multiplex inter-unit testing is proposed. The configuration of the unit inputs and outputs indicating the methods of connecting multicontroller units is described; this configuration is required for implementing of the proposed approach to the arrangement of testing in two-dimensional multicontrollers. The analysis of the functioning of the unit of two-dimensional multicontroller when implementing a distributed testing procedure with the interaction of testing and tested neighbours is carried out. It is shown which additional inputs and outputs are necessary to carry out testing procedures in the multicontrollers of higher dimension.

Key words: mesh-connected logical multicontrollers, reliability, fault tolerance, hardware-level test, integrated multiplex inter-unit testing, majority operation.

Reference

1. Emel'janov S.G., Zotov I.V., Titov V.S. Arhitektura parallel'nyh logicheskikh mul'tikontrollerov. – M.: Vysshaja shkola, 2009. – 233 s
2. Takanami I. Built-in self-reconfiguring systems for fault tolerant mesh-connected processor arrays by direct spare replacement // Proc. IEEE Intl Symp. Defect and Fault Tolerance in VLSI Systems, 24-26 Oct. 2001. IEEE, 2001. – P. 134—142.
3. Dianov V.N. Diagnostika i nadezhnost' avtomaticheskikh sistem. – M.: MGIU, 2005. – 160 s.
4. Cherkesov G.N. Nadezhnost' apparatno-programmnyh kompleksov. – SPb.: Piter, 2005. – 478 s.
5. Rajski, J. Tyszer, M. Kassab, and N. Mukherjee. Embedded Deterministic Test // IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems. – 2004. – Vol.23, no. 5. – Pp. 776-792.
6. Sun-Yuan Hsieh, Chi-Ya Kao. The Conditional Diagnosability of k-Ary n-Cubes under the Comparison Diagnosis Model // IEEE Transactions on Computers. 2013. – Vol.62, no. 4. – Pp. 839-843.
7. Bredihin R.V., Njan Lin, Zotov I.V. Ob organizacii vstroennogo apparatnogo vzaimokontrolja v logicheskikh mul'tikontrollerah // Izv. Vuzov. Priborostroenie. – 2013. – T.56, №6. – S. 44-49.
8. Principy organizacii vstroennogo apparatnogo mezhmodul'nogo vzaimokontrolja v matrichnyh logicheskikh mul'tikontrollerah / I.V. Zotov, R.V. Bredihin, L.A. Lisicin, Njan Lin // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie. – 2013. – №1. – S. 202-208.
9. Jamil Samih Al-Azzeh, Michael E. Leonov, Dmitriy E. Skopin, Evgeny A. Titenko, Igor V. Zotov. The Organization of Built-in Hardware-Level Mutual Self-Test in Mesh-Connected VLSI Multiprocessors // International Journal on Information Technology. – 2015. – Vol.3, no. 2. – Pp. 29-33.

УДК 697.97

Н.С.Кобелев, д-р техн.наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kobelevns@mail.ru)

Г.Г.Щедрина, канд.техн.наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: galinka_2005@mail.ru)

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ НУЖД БИОЭНЕРГЕТИКИ

Одним из наиболее энергоэффективных аспектов биоэнергетики является производство биогаза, с помощью которого можно получить дополнительный доход от продажи удобрений и безопасной утилизации органических отходов.

Использование газа, полученного в виде биотоплива при переработке навоза на сельскохозяйственных предприятиях, позволяет значительно сократить потребление природного газа как энергоносителя в системах теплоснабжения свинокомплексов, коровников, птицефабрик, а также близлежащих населенных пунктов.

Оригинальность предлагаемого технического решения заключается в том, что повышение теплотехнических параметров процесса сбраживания и снижение энергоемкости работы установки достигается осуществлением термовибрации решетки и, соответственно, армированным дном, которое и устраняет налипание комков навоза, препятствующих более полной передаче теплоты от установки подогрева к образующейся биомассе. Это в конечном итоге повышает энергоэффективность биогазовой установки для переработки навоза, т.к. обеспечивается процесс эффективной передачи теплоты при сбраживании навоза, и при разгрузке биомассы наблюдается полная её выгрузка, без необходимости доочистки армированного дна от слипшегося навоза.

Для обеспечения производства стерильных кормовых добавок, удобрений необходимо поддерживать стабильные условия эксплуатации реактора, устраняя налипание субстрата в переливных окнах, что, как показала практика, ухудшает режим работы и снижает производительность биогазовой установки.

Авторами разработана конструкция, устраняющая недостатки известных эксплуатируемых в настоящее время технических решений. Предложены энергоэффективные конструкции биогазовых установок с использованием эффекта термовибрации для переработки органических отходов от сельскохозяйственных предприятий агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: органические отходы, биогазовая установка, биметалл, термовибрация, энергоэффективность, экосистема.

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности следует рассматривать как один из основных источников будущего экономического роста России. Решение проблемы энергосбережения и повышения энергетической эффективности обусловлено необходимостью как изменения системы отношений на рынках энергоносителей, так и замены и модернизации значительной части производственной, инженерной и социальной инфраструктуры и ее развития на новой технологической базе [1, 2, 3].

Использование возобновляемых источников энергии в нашей стране довольно долгий период времени сдерживалось. Это можно объяснить рядом объективных факторов, в частности значи-

тельными запасами добываемых в России углеводородных топливно-энергетических ресурсов. Однако в условиях сложной экономической ситуации и растущих цен на энергоносители возможен рост конкурентоспособности возобновляемых источников энергии.

Современные энергоэффективные технологии, по возможности, должны быть связаны между собой таким образом, что конечный цикл одного из них становится началом другого цикла. Именно такой комплексный подход, когда отходы и побочные продукты одного производства выступают в качестве сырья или полуфабрикатов для другого, может полностью решить проблему устойчивого развития общества [1, 4, 5, 6].

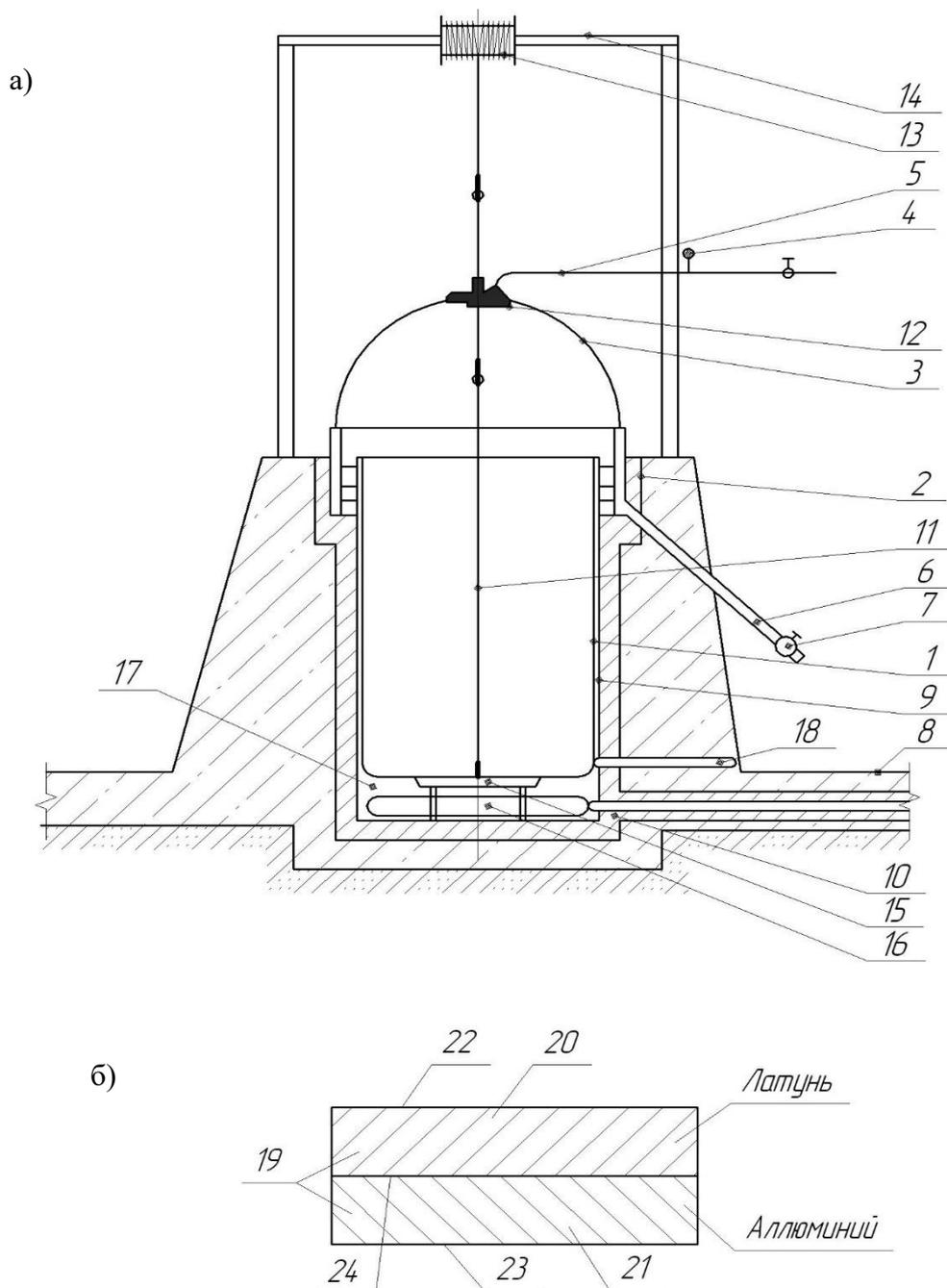


Рис. 1. Установка для переработки навоза: а - общий вид; б - расположение материалов биметалла с различной теплопроводностью: 1 - цилиндрическая приемная емкость; 2 - кольцевой гидрогерметизатор; 3 - газовый колпак; 4 - манометр; 5- средство отбора газа с краном; 6 - выгрузной трубопровод; 7 - задвижка; 8 - выгрузная площадка; 9 - чехол; 10 - армированное дно чехла; 11- невитой трос; 12 - сальник; 13 - подъемный механизм; 14 - балка; 15 - решетка; 16 - устройство подогрева; 17 - водяная рубашка; 18 - сквозной канал; 19 - биметалл; 20 - материал биметалла со стороны армированного дна 10, 21 - то же со стороны устройства подогрева 16; 22 - поверхность материала 20; 23 - поверхность материала 21; 24 - поверхности контакта материалов 20 и 21

Содержание животных на фермах и комплексах привело к увеличению концентрации объемов навоза и навозных

стоков в хозяйствах. А это дает возможность организовать их переработку не только в удобрения, но и в биогаз, не за-

грязня окружающую среду. При этом биогаз по сути своей становится рукотворным возобновляемым источником энергии (ВИЭ).

Комплексный подход в производственной деятельности, когда «отходы», в том числе органические, тепловые, водные, газо-воздушные перерабатываются в технологической цепочке производства, минимально отражается на качестве окружающей среды, на продуктивности зональных экосистем [1, 7, 8].

Биогазовая отрасль — наиболее перспективный вид возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России с огромным потенциалом использования отходов сельского хозяйства, лесопереработки, пищевой промышленности и городских очистных сооружений.

Одним из наиболее энергоэффективных аспектов биоэнергетики является производство биогаза, с помощью которого можно получать дополнительный доход от продажи удобрений и безопасной утилизации органических отходов [7, 8].

Основное преимущество биогаза по сравнению с прочими видами ВИЭ и традиционными энергоносителями — доступность сырья и полное отсутствие топливных затрат.

Авторами предлагаются технические решения энергосберегающих биогазовых установок для переработки навоза [7,9,10]. На рисунке 1 изображена установка для переработки навоза [9]. Установка работает следующим образом:

при включении устройства подогрева 16 теплота из водяной рубашки 17 с температурой свыше 30°C передается на решетку 15, выполненную из биметалла 19, к материалу 21. В то же время навоз, загруженный в приемную емкость 1, имеет температуру, соответствующую окружа-

ющей среде и также передает теплоту через армированное дно 10 чехла 9 решетки 15 на материал 20.

В результате в биметалле 19 наблюдается встречное направленное движение градиентов температур: от поверхности 22 материала 20 и от поверхности 23 материала 21 к поверхности контакта 24 материалов 20 и 21.

Чехол 9 может быть выполнен из эластичного водонепроницаемого материала, например прорезиненного брезента, решетка 10 выполнена из биметалла. Устройство подогрева 16 служит для ускорения метанового сбраживания навоза.

Биметаллическая решетка выполнена из алюминия с теплопроводностью 204 Вт/(м°C) и латуни с теплопроводностью 85 Вт/(м°C), поэтому интенсивность передачи тепла от устройства подогрева соответствует данной кратности, что и приводит к подогреву и последующему поддержанию процесса сбраживания навоза. Однако по мере процесса сбраживания навоза его температура в местах контакта с армированным дном увеличивается, частицы навоза под совместным действием возрастающей температуры биомассы и её веса частично слипаются, ухудшая как процесс тепломассообмена, так и последующей выгрузки для очистки дна вручную или механически при нахождении его в крайнем верхнем положении. Это также приводит к дополнительным энергозатратам.

Выполнение решетки 15 из биметалла приводит к образованию термовибрации, которая передается на армированное дно и, практически, устраняет процесс налипания комков навоза.

Повышение теплотехнических параметров процесса сбраживания и сниже-

ние энергоемкости работы установки достигается осуществлением термовибрации решетки и использованием армированного дна. Это, в конечном итоге, повышает энергоэффективность биогазовой установки для переработки навоза.

Для обеспечения стабильных условий эксплуатации реактора необходимо устранять налипание субстрата и в переливных окнах. На рис. 2 представлена установка для переработки навоза, которая устраняет этот недостаток [10].

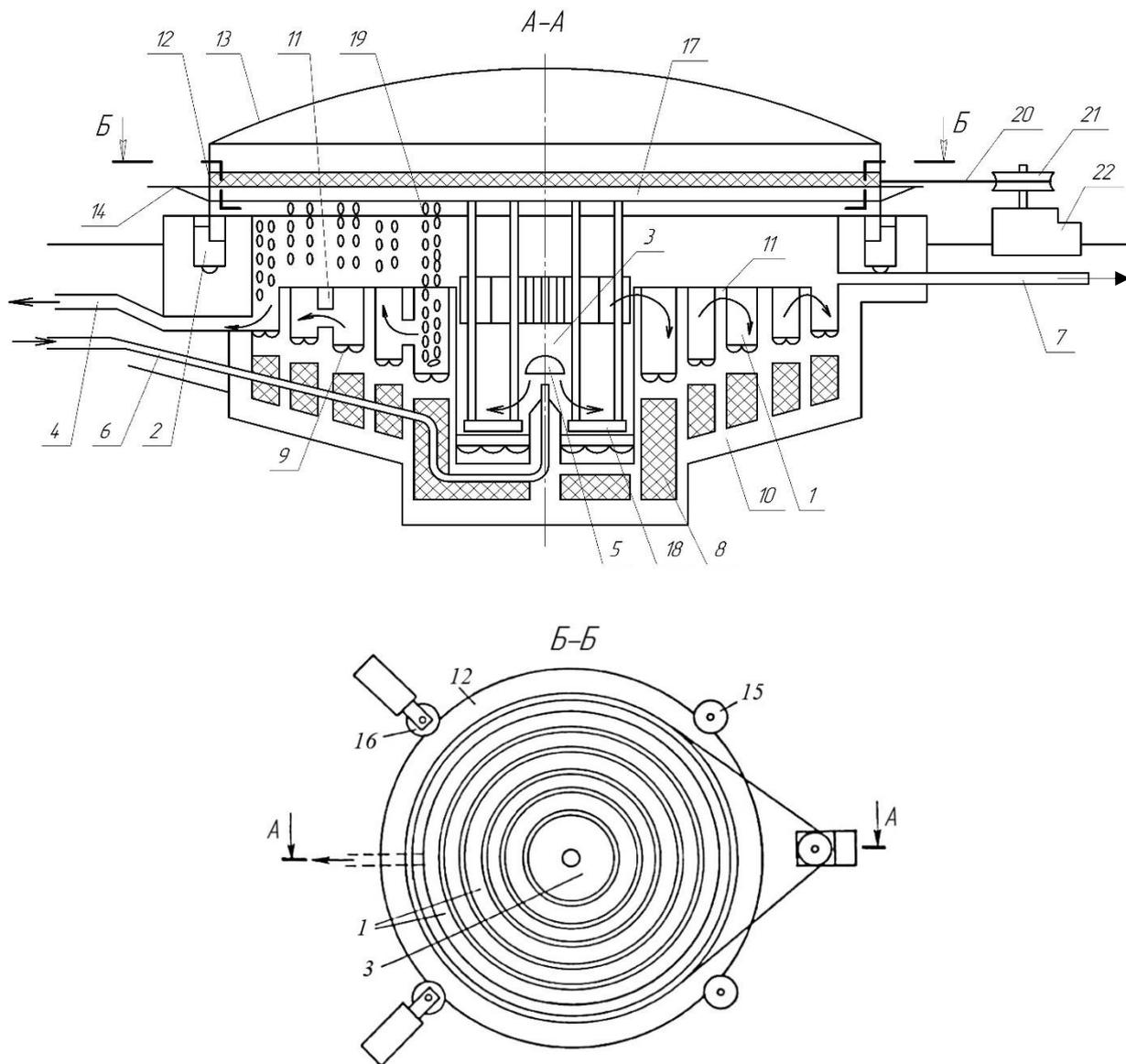


Рис. 2. Установка для переработки навоза: 1 - радиальные кольцевые емкости-дозреватели; 2 - кольцо гидрозатвора; 3 - основная емкость реактора; 4 - трубопровод отвода сброженной массы; 5 - рассекатель; 6 - трубопровод подачи субстрата; 7 - устройство для отвода биогаза; 8 - теплоизоляция; 9 - трубчатые подогреватели; 10 - фундамент; 11 - переливное окно; 12 - стальное кольцо газгольдера; 13 - газгольдер; 14 - стальной опорный диск; 15 - ручейковые ролики; 16 - подпружиненные ручейковые ролики компенсатора; 17 - стальные крестообразные распорки; 18 - жесткая мешалка; 19 - цепочные мешалки; 20 - трос; 21 - приводной шкив; 22 - мотор-редуктор

Для этого перегородки кольцевых емкостей дозревателей 1 (рис. 3) выпол-

нены из биметалла 23, причем материал биметалла перегородки со стороны

наличия сброшенного субстрата имеет коэффициент теплопроводности в 2,0-2,5 раза превышающий коэффициент теплопроводности материала 25 со стороны последующего дозревания.

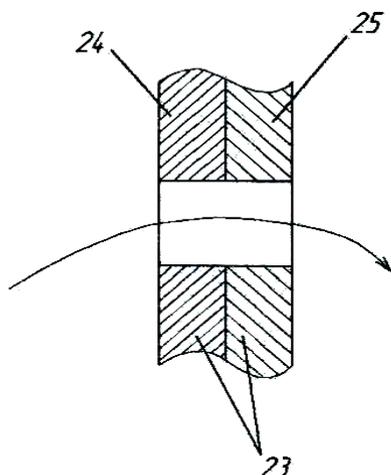


Рис. 3. Перегородка кольцевой емкости дозревателя с переливными окнами из биметалла: 23- биметалл, 24- алюминий; 25 – латунь

Биогазовая установка работает следующим образом.

Выбирается термофильный температурный режим. В течение одних суток с фермы навоз по каналам стекает в отдельно стоящую подготовительную, крытую железобетонную емкость, в которой подогревается выхлопными газами котла, и в ней же доводится до заданной влажности 92% получаемый субстрат.

Наполнение субстратом основной емкости реактора 3 ведется пять суток, затем субстрат выдерживается до начала процесса газообразования. С момента начала газообразования субстрат выдерживают еще шесть суток, после чего в основную емкость реактора подают следующую односуточную дозу субстрата. При этом из основной емкости реактора сброженный субстрат перетекает в первую кольцевую емкость дозревателя и заполняет ее.

В связи с тем, что температура субстрата в первой кольцевой емкости дозревателя имеет более высокое значение, чем в последующем дозревателе, то между внутренней и наружной поверхностью каждой кольцевой перегородки из биметалла возникает разность температур.

При заданном термофильном температурном режиме получения стиральных добавок и удобрений происходит образование температурного градиента, обеспечивающего термовибрацию кольцевой перегородки, что практически устраняет налипание субстрата при перемещении его из одного дозревателя в другой.

Такой цикл повторяется до тех пор, пока не заполнятся все пять кольцевых емкостей дозревателей.

Использование технологии полной переработки перебродившей массы после биогазовой установки позволяет исключить затраты на утилизацию и снизить срок окупаемости проекта.

Предлагаемые конструкции биогазовых установок защищены патентами РФ [9, 10].

Список литературы

1. Осадчий Г.Б. Гелиометантенк-реактор биогазовой установки // Промышленная энергетика. – 2006. – №12. – С. 42 – 43.
2. Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации» (от 23 ноября 2009 г., № 261-ФЗ). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года: Государственная програм-

ма». Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 года № 2446-р. / Российское Энергетическое Агентство. Министерство энергетики Российской Федерации, – М., 2012. – 113 с.

4. Данилова Д.В., Бакаева Н.В., Шишкина И.В. Биосферосовместимые технологии при строительстве городских инженерных сооружений // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2015. – № 2(10). – С. 88–100.

5. Система экологического отопления производственного помещения с вихревым теплообменным аппаратом / Н.С. Кобелев, В.Н. Кобелев, В.Г. Семеринов [и др.] // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2013. – № 2. – С. 60–65.

6. Ильичев В.А. Принципы преобразования города в биосферосовместимый и развивающий человека // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – №6. – С. 3–12.

7. Инновационные решения по повышению эффективности систем газоснабжения и климатотехники: монография / Н.С. Кобелев, Г.Г. Щедрина, А.В. Моржавин [и др.]; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2013. – 187 с.

8. Кобелев Н.С. Нетрадиционное получение электрической энергии для мобильных устройств производства сельскохозяйственной продукции // Электрика. – 2015. – № 12. – С. 33-36.

9. Пат. 98859 Российская Федерация.. Биогазовая установка для переработки навоза / Кобелев Н.С., Емельянов С.Г., Гнездилова О.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель Юго-Зап. гос. ун-т. Заявл. 27.05.2010; опубл. 10.11.2010, Бюл. №31.

10. Пат. 95454 Российская Федерация. Биогазовая установка для переработки навоза / Кобелев Н.С., Щедрина Г.Г., Щедрин П.Ю. [и др.]; заявитель и патентообладатель Курск. гос. техн. ун-т. Заявл. 22.03.2010; опубл. 10.07.2010, Бюл. № 19.

Получено 10.05.16

N. S. Kobelev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kobelevns@mail.ru)

G. G. Schedrina, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: galinka_2005@mail.ru)

DEVELOPMENT OF ENERGY-EFFICIENT DEVICES FOR BIO-FUEL ENGINEERING NEEDS

One of the most energy-efficient aspects of bio-power is biogas generation which is used to get extra revenue from fertilizer sales and safe disposal of organic wastes.

Using gas as a bio fuel obtained by means of manure processing at agricultural enterprises allows reduction of natural gas consumption as a energy carrier in heating systems of pig farms, beef units, poultry farms and neighbouring settlements.

The distinction of the proposed technical solution is in the fact that increase of thermo-technical parameters of the process of digestion and reduction of unit energy consumption is achieved by means of mesh thermal vibration and consequently, of the reinforced bottom which eliminates adhesion of manure clump, preventing better heat transfer from the heating unit to generated biomass. This eventually improves energy-efficiency of manure processing biogas unit as the process of efficient heat transfer during manure digestion is provided and biomass is fully discharge and there is no need for additional cleaning of the bottom from the stuck manure.

To provide production of infection-free supplementary feeds it is necessary to maintain stable operation conditions for the reactor, eliminating substrate adhesion in the transferring windows, which, as the practice has shown, worsens operating conditions and reduces biogas unit capacity.

The authors have developed a structure avoiding disadvantages of the known currently operating technical solutions.

Energy-efficient design solutions for biogas units using thermo-vibration effect for agricultural organic wastes processing have been proposed.

Key words: organic wastes, biogas unit, bimetal, efficiency, ecosystem, thermal vibration.