

**Національний науковий центр
«Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»**

ISSN print 0131-2189 ISSN on-line 2707-0751

DOI: <https://doi.org/10.37204/0131-2189>

Механізація та електрифікація сільського господарства

Загальнодержавний збірник

Випуск № 10 (109)

Глеваха – 2019

ББК 40.7
УДК 631.171
М 55

Збірник, починаючи з 44-го випуску, 1979 року зареєстровано в Міжнародному центрі періодичних видань (ISSN International Centre. Paris. France), а з 2019 року він має власну електронну версію, яка розміщується на офіційному веб-сайті: <https://journal.imesg.gov.ua/>. Видання реферується та індексується в міжнародних наукометричних базах, системах і репозитаріях: CrossRef (США), Google Scholar (США), ResearchBib (Канада).

Засновник видання – Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства».

Періодичність видання – два випуски на рік.

Тематична спрямованість видання – висвітлення проблем механізації, електрифікації й автоматизації сільськогосподарського виробництва; узагальнення як вітчизняного, так і зарубіжного досвіду розвитку аграрної інженерної науки.

Періодичне видання включено до Переліку наукових фахових видань України (наказ МОН України від 07.10.2015 р. № 1021).

Випуск друкується згідно з рішенням вченої ради ННЦ «ІМЕСГ» (протокол № 18 від 10 грудня 2019 року).

Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського прийняла на репозитарне зберігання та представлення на інформаційному порталі в розділі «Наукова періодика України». URL: <http://www.irbis-nbuv.gov.ua>. Видання індексується Google Scholar.

Свідоцтво про державну реєстрацію
Серія КВ № 21384-11184 ПР від 17.06.2015 р.

Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодержавний збірник / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). 192 с.

Національний науковий центр
«Інститут механізації та електрифікації
сільського господарства», 2019 р.

BBC 40.7
UDC 631.171
M 55

Compilation starting from 44th release in 1979 registered at the International Centre periodical publications (ISSN International Centre. Paris, France) and since 2019 it has its own electronic version, which is available on the official website: <https://journal.imesg.gov.ua/>. The publication is referenced and indexed in international science databases, systems and repositories: CrossRef (USA), Google Scholar (USA), ResearchBib (Canada).

Founder of edition – National scientific centre “Institute for Agricultural Engineering and Electrification”.

Periodicity issue – two issues of per year.

Thematic orientation Edition – covering of the problems mechanization, electrification and automation of agricultural production; generalization of both domestic and foreign experience of agricultural engineering.

Periodical included in the of the List scientific professional editions of Ukraine (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine dated 07.10.2015 No. 1021).

Edition printed accordance with decision of the Academic Council of the NSC “IAEE” (protocol No. 18 of December 10, 2019).

National Library of Ukraine V. I. Vernadsky adopted at repositories storing and presentation at the portal of the “Scientific Periodicals Ukraine” URL: <http://www.irbis-nbuv.gov.ua>. The publication is indexed by Google Scholar.

Certificate of state registration
Series KV № 21384-11184 PR from 17.06.2015.

Mechanization and electrification of agriculture: nationwide collection / NSC “IAEE”. Glevakha, 2019. Issue 10 (109). 192 p.

© National Scientific Center
“Institute of Agricultural Engineering
and Electrification”, 2019.

Національна редакційна колегія

Головний редактор – д.т.н., проф., академік НААН В. В. Адамчук (сmt Глеваха)

Заступник головного редактора – к.т.н. М. І. Грицишин (сmt Глеваха)

Відповідальний секретар – провідний інженер Н. М. Коньок (сmt Глеваха)

Члени редакційної колегії:

к.т.н. А. М. Борис (сmt Глеваха)

д.т.н. В. В. Братішко (сmt Глеваха)

д.т.н., проф., академік НААН В. М. Булгаков (м. Київ)

к.т.н. М. О. Василенко (сmt Глеваха)

д.т.н. Ю. Г. Вожик (сmt Глеваха)

к.т.н. Ю. В. Герасимчук (сmt Глеваха)

д.т.н., проф. Г. А. Голуб (м. Київ)

к.т.н. В. І. Днесь (сmt Глеваха)

пров. бібліограф Т. С. Жук (сmt Глеваха)

д.т.н., проф. В. В. Козирський (м. Київ)

к.е.н. В. І. Крутякова (сmt Хлібодарське Одеської обл.)

к.т.н. Р. Б. Кудринський (сmt Глеваха)

к.т.н. В. Ф. Кузьменко (сmt Глеваха)

д.т.н., проф. В. Г. Мироненко (сmt Глеваха)

д.т.н., проф., чл.-кор. НААН В. Т. Надикто (м. Мелітополь)

к.т.н. В. А. Насонов (сmt Глеваха)

к.т.н. С. П. Погорілий (сmt Глеваха)

к.т.н. В. В. Ратушний (сmt Глеваха)

к.п.н. В. І. Рябець (м. Тараща)

к.т.н. І. Ф. Савченко (сmt Глеваха)

завідділу Н. В. Сергєєва (сmt Глеваха)

к.т.н. С. П. Степаненко (сmt Глеваха)

к.т.н. В. В. Ткач (сmt Глеваха)

к.т.н. В. М. Третьак (сmt Глеваха)

д.т.н., проф. А. І. Фененко (сmt Глеваха)

Зарубіжні члени редакційної колегії:

д.т.н., проф., академік АСГН Республіки Казахстан В. А. Астаф'єв (м. Костанай)

д.т.н., проф. Б. Г. Борисов (м. Русе, Болгарія)

к.т.н., доц. Р. Готеборські (м. Прага, Чехія)

к.т.н., доц. М. Коренко (м. Нітра, Словаччина)

д.т.н., проф. Є. Красовські (м. Люблін, Польща)

д.т.н., проф. В. Крочко (м. Нітра, Словаччина)

д.т.н., проф. А. К. Леола (м. Тарту, Естонія)

д.т.н., проф. Я. В. Новак (м. Люблін, Польща)

д.т.н. проф. С. Івановс (сmt Улборка, Латвія)

к.т.н., доц. Д. Степонавічюс (м. Каунас, Литва)

д.т.н., проф. Й. Хорабик (м. Люблін, Польща)

д.т.н., проф., чл.-кор. НАН Білорусії В. О. Шаршунов (м. Могильов, Білорусь)

д.т.н., проф. Л. П. Шульц (м. Бонн, Німеччина)

Адреса редколегії:

11, вул. Вокзальна, сmt Глеваха, Васильківський район, Київська область, 08631, Україна

Тел.: (04571) 3-11-01 – головний редактор В. В. Адамчук

Тел.: (04571) 3-26-88 – відповідальний секретар Н. М. Коньок

E-mail: zbir.imesg@gmail.com

Сайт: www.imesg.gov.ua

National Editorial Board

Editor-in-Chief – Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAAS V. V. Adamchuk (town-type settlement Glevakha)

Deputy Chief Editor – Candidate of Technical Sciences M. I. Gritsyshyn (town-type settlement Glevakha)

Responsible secretary – leading engineer N. M. Konyok (town-type settlement Glevakha)

Editorial Board Members:

Candidate of Technical Sciences A. M. Boris (town-type settlement Glevakha)

Doctor of Technical Sciences V. V. Bratishko (town-type settlement Glevakha)

Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAAS V. M. Bulgakov (town Kyiv)

Candidate of Technical Sciences M. O. Vasilenko (town-type settlement Glevakha)

Doctor of Technical Sciences Yu. G. Vozhik (town-type settlement Glevakha)

Candidate of Technical Sciences Yu. V. Gerasymchuk (town-type settlement Glevakha)

Doctor of Technical Sciences, Professor G. Golub (town Kyiv)

Candidate of Technical Sciences V. I. Dnes (town-type settlement Glevakha)

Leading bibliographer T. S. Zhuk (town-type settlement Glevakha)

Doctor of Technical Sciences, Professor V. Kozyrskyy (town Kyiv)

Candidate of Economic Sciences V. I. Krutyakova (town-type settlement Khlybodarskoe of Odessa region)

Candidate of Technical Sciences R. B. Kudrynetskyy (town-type settlement Glevakha)

Candidate of Technical Sciences V. F. Kuzmenko (town-type settlement Glevakha)

Doctor of Technical Sciences, Professor V. G. Myronenko (town-type settlement Glevakha)

Doctor of Technical Sciences, Professor, Corr. of NAAS V. Nadykto (town Melitopol)

Candidate of Technical Sciences V. A. Nasonov (town-type settlement Glevakha)

Candidate of Technical Sciences S. P. Pohorilyy (town-type settlement Glevakha)

Candidate of Technical Sciences V. V. Ratushny (town-type settlement Glevakha)

Candidate of Pedagog. Sciences V. Ryabets (town Tarashcha)

Candidate of Technical Sciences I. Savchenko (town-type settlement Glevakha)

Head of Department N. V. Sergeeva (town-type settlement Glevakha)

Candidate of Technical Sciences S. P. Stepanenko (town-type settlement Glevakha)

Candidate of Technical Sciences V. V. Tkach (town-type settlement Glevakha)

Candidate of Technical Sciences V. M. Tretyak (town-type settlement Glevakha)

Doctor of Technical Sciences, Professor A. Fenenko (town-type settlement Glevakha)

Foreign members of the Editorial Board:

Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of ASHN Republic of Kazakhstan V. Astafyev (town Kostanai)

Doctor of Technical Sciences, Professor B. Borisov (town Ruse, Bulgaria)

Candidate of Technical Sciences, Docent R. Hotyborisky (town Prague, Czech Republic)

Candidate of Technical Sciences, Docent M. Korenko (town Nitra, Slovak Republic)

Doctor of Technical Sciences, Professor E. Krasovskii (town Lublin, Poland)

Doctor of Technical Sciences, Professor V. Krochko (town Nitra, Slovak Republic)

Doctor of Technical Sciences, Professor A. Leola (town Tartu, Estonia)

Doctor of Technical Sciences, Professor J. Novak (town Lublin, Poland)

Doctor of Technical Sciences, Professor S. Ivanovs (town-type settlement Ulbroka, Latvia)

Candidate of Technical Sciences, Docent D. Steponavichyus (town Kaunas, Lithuania)

Doctor of Technical Sciences, Professor J. Horabyk (town Lublin, Poland)

Doctor of Technical Sciences, Professor, Corr. National Academy of Sciences Belarus V. Sharshunov (town Mogilev, Republic of Belarus)

Doctor of Technical Sciences, Professor L. P. Schulze (town Bonn, Germany)

Address of Editorial Board:

11, Vokzalna Street, Glevakha-1, Vasytkiv District, Kyiv Region, 08631 UKRAINE

Tel.: (04571) 03-11-01 – Editor-in-Chief V. V. Adamchuk

Tel.: (04571) 3-26-88 – Responsible secretary N. M. Konyok

E-mail: zbir.imesg@gmail.com

Website: www.imesg.gov.ua

ЗМІСТ

Механіко-технологічні процеси, робочі органи та машини для рослинництва

<i>1. Адамчук В. В., Булгаков В. М., Головач І. В., Ружило З. В.</i> Теоретичні дослідження коливань очисних робочих органів спірального сепаратора картоплі	10
<i>2. Вожик Ю. Г.</i> Шляхи підвищення родючості ґрунтів	24
<i>3. Горобей В. П.</i> Теоретичні дослідження розсіву насіння лаповим сошником із роликом-розсіювачем	33
<i>4. Панасюк В. І.</i> Дослідження закономірності осідання краплин рідини під час обприскування польових культур	42
<i>5. Маранда С. О.</i> Теоретичні дослідження процесу розподілу біоматеріалу на поверхні поля	48
<i>6. Котов Б. І., Степаненко С. П.</i> Аналіз впливу нерівномірності швидкості повітряного потоку на траєкторії руху зернових частинок у пневмоінерційному сепараторі	57
<i>7. Швидя В. О.</i> Теоретичне обґрунтування використання контактного нагріву для сушіння насіння у вакуумі	66
<i>8. Степаненко С. П.</i> Аналітичні дослідження технологічних параметрів криволінійного каналу пневмосепаратора	75
<i>9. Крутич О. М., Банга В. І., Веремейчик Н. В., Крутич С. О.</i> Дослідження прискорень струшування гілок та відриву плодів волоського горіха	84

Механіко-технологічні процеси, робочі органи та машини для тваринництва

<i>10. Мілько Д. О., Журавель Д. П., Педченко Г. П., Кузьменко В. Ф.</i> Методика складання раціону великої рогатої худоби на основі поживної цінності кормових компонентів	91
<i>11. Болтянська Н. І., Болтянський О. В.</i> Обґрунтування вибору системи опалення свинарників	97
<i>12. Болтянська Н. І.</i> Шляхи вдосконалення конструкцій шестеренних прес-грануляторів	104
<i>13. Григоренко С. М., Мілько Д. О.</i> Методика експериментальних досліджень процесу сушіння пташиного посліду в барабанній сушарці	111

Енергетика, енергетичні засоби, відновлювані джерела енергії, електротехнології та автоматизація виробничих процесів

<i>14. Погорілий С. П.</i>	
Результати експериментальних досліджень сили опору коченню МЕЗ-330 «Автотрактор»	118
<i>15. Журавель Д. П., Мілько Д. О., Бондар А. М.</i>	
Використання біологічної оливи для сільськогосподарської техніки.....	125
<i>16. Скляр О.Г., Скляр Р. В.</i>	
Аналіз роботи біогазових установок	132
<i>17. Скляр О. Г., Скляр Р. В.</i>	
Аналіз роботи насосів, що використовуються в біогазових установках	139
<i>18. Witold Jan Wardal</i>	
Prawne i praktyczne aspekty wytwarzania i uzdatniania biogazu rolniczego.....	146

Створення, технічне обслуговування, ремонт і надійність машин

<i>19. Василенко М. О., Буслаєв Д. О., Калінін О. Є., Кононогов Ю. А.</i>	
Дослідження зносостійкості лемешів плугів, зміцнених електроконтактним обробленням і точковим наплавленням	154
<i>20. Болтянська Н. І., Комар А. С.</i>	
Кількісні показники економічного аналізу надійності прес-гранулятора з нерухомою матрицею	160

Інженерія машинних систем та управління проектами, адаптація аграрного виробництва до глобальних змін клімату

<i>21. Мироненко В. Г., Тютюнник Н. В.</i>	
Система інформаційного забезпечення визначення раціонального терміну початку збирання врожаю зернових колосових культур	166
<i>22. Крутякова В. І.</i>	
Концепція стратегії розвитку виробництва біологічних засобів захисту рослин.....	170
<i>23. Вітрук П. І.</i>	
Моделювання продуктивності для оцінки проектних параметрів транспортно-технологічних машин.....	177
Ювілеї.....	183
Пам'яті вченого	187

DOI: <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2019-10-16>
УДК 631. 333.92: 631. 22. 018

Аналіз роботи біогазових установок

Скляр О.Г.,

к.т.н., професор, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного; ORCID iD 0000-0002-0456-2479

Скляр Р. В.,

к.т.н., доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, e-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua; ORCID iD 0000-0002-1547-5100

Анотація

Мета. Проаналізувати існуючі конструкції біогазових установок та особливості їх використання. Надати рекомендації щодо застосування різних методів роботи біогазових установок, а також визначити переваги і недоліки.

Методи. Для аналізу методів роботи біогазових установок використані методи порівняльного й системного аналізів, наукових узагальнень та метод аргументації.

Результати. Проаналізовано існуючі конструкції біогазових установок із різними методами роботи та отримання біогазу. Обґрунтовані наступні методи: порційний і проточний, повного змішування, метод «пробкового» проштовхування

субстрату, одно- та багатоступінчастий методи, на твердих і рідких субстратах. Унаслідок проведеного аналізу наведених методів отримані характеристики їхнього застосування, а також визначені переваги і недоліки.

Висновки. Незважаючи на різноманіття методів роботи біогазових установок, отримали розповсюдження тільки наступні: проточний, змінних резервуарів, проточно-накопичувальний. Переваги таких методів у порівняно невеликих інвестиційних витратах, накопичувальні установки прості в експлуатації та легко контролюються.

Ключові слова: біогазова установка, метантенк, методи роботи, субстрат, шлам, анаеробне бродиння, гній.

DOI: <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2019-10-16>
UDC 631. 333.92: 631. 22. 018

Analysis of the operation of biogas plants

Skliar A.,

Candidate of Technical Sciences, Professor, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University; ORCID iD 0000-0002-0456-2479

Skliar R.,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, e-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua; ORCID iD 0000-0002-1547-5100

Annotation

Purpose. To analyze the existing designs of biogas plants and especially their use. Provide guidance on the application of different methods of operation of biogas plants, as well as identify the advantages and disadvantages.

Methods. The methods of comparative and system analysis, scientific generalizations and the method of argumentation were used in the analysis of the methods of operation of biogas plants.

Results. Existing designs of biogas plants with different methods of work and production of biogas have been analyzed. The following methods are justified: batch and flow, complete mixing,

the method of “cork” pushing the substrate, one- and multi-stage method, on solid and liquid substrates. As a result of the analysis of the above methods the characteristics of their application, as well as the advantages and disadvantages, were obtained.

Conclusions. Despite the variety of methods of operation of biogas plants, only the following were distributed: flowing, variable reservoirs, flow-cumulative. The advantages of such methods are relatively low investment costs, cumulative installations are easy to operate and easy to control.

Keywords: biogas plant, methane tank, working methods, substrate, sludge, anaerobic fermentation, manure.

DOI: <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2019-10-16>
УДК 631. 333.92: 631. 22. 018

Анализ работы биогазовых установок

Скляр А. Г.,

к.т.н., профессор, Таврический государственный агротехнологический университет имени Дмитрия Моторного; ORCID iD 0000-0002-0456-2479

Скляр Р. В.,

к.т.н., доцент, Таврический государственный агротехнологический университет имени Дмитрия Моторного, e-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua;
ORCID iD 0000-0002-1547-5100

Аннотация

Цель. Проанализировать существующие конструкции биогазовых установок и особенности их использования. Дать рекомендации по применению различных методов работы биогазовых установок, а также определить преимущества и недостатки.

Методы. При анализе методов работы биогазовых установок использованы методы сравнительного и системного анализов, научных обобщений и метод аргументации.

Результаты. Проанализированы существующие конструкции биогазовых установок с различными методами работы и получения биогаза. Обоснованы следующие методы: порционный и проточный, полного смешивания, метод «пробкового» проталкивания субстрата, одно- и многоступенчатый методы, на твердых и жидких субстратах. В результате проведенного анализа приведенных методов получены характеристики их применения, а также определены преимущества и недостатки.

Выводы. Несмотря на многообразие методов работы биогазовых установок, получили распространение только следующие: проточный, переменных резервуаров, проточно-накопительный. Преимущества таких методов в сравнительно небольших инвестиционных расходах, накопительные установки просты в эксплуатации и легко контролируются.

Ключевые слова: биогазовая установка, метантенк, методы работы, субстрат, шлам, анаэробное брожение, навоз.

Постановка проблемы. Для успешного ведения конкурентоспособного тваринницького господарства важливо правильно, екологічно безпечно й економічно доцільно організувати процес утилізації відходів. Гній є значним за об'ємом побічним продуктом тваринництва, а потенційно – універсальним біодобривом. Його правильне використання – необхідна передумова господарювання з використанням інтенсивних методів тваринництва та землеробства. Там, де зберігається взаємозв'язок між землеробством і тварин-

ництвом, природне надходження органічних речовин у ґрунт не припиняється. Проте, Україна перебуває на початковому етапі запровадження відновлюваних джерел енергії, недостатньо вивченими є науково-технічні та економічні проблеми виробництва і використання біогазу. Отже, вивчення іноземного досвіду щодо зазначених проблем і запровадження його в аграрних підприємствах України набуває особливої актуальності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішення проблем переробки відходів сільськогосподарського походження відкрили новий перспективний напрям у конструюванні техніки та обладнання для агропромислового комплексу. Аналіз літературних джерел [1, 2, 4, 5] свідчить про стрімкий процес впровадження у виробництво інноваційних ресурсозберігаючих технологій. Австрія, Італія, Китай, Німеччина та інші країни за останні 20 років зробили значний крок у використанні поновлювальних джерел енергії та продовжують розвивати свої науково-технічні досягнення в галузі альтернативної енергетики.

Мета досліджень. Проаналізувати існуючі конструкції биогазових установок та особливості їх використання. Надати рекомендації щодо застосування різних методів роботи биогазових установок, а також визначити переваги і недоліки.

Методи досліджень. Для аналізу методів роботи биогазових установок використані методи порівняльного й системного аналізів, наукових узагальнень та метод аргументації.

Результати досліджень. Велику різноманітність різних методів отримання біогазу можна звести до декількох варіантів із точки зору технічних характеристик процесу. Принципова відмінність у методах роботи різних биогазових установок полягає в способі

подачі (методи порційної або проточної багатоступінчастої системи та/або консистен- подачі), типі змішування (повне змішування ці субстрату (тверда сировина або метод або «пробкове» проштовхування), одно- чи переробки у вологому стані) (рис. 1) [1–3].



Рис. 1. Особливості конструкцій біогазових установок
 Fig. 1. Features of designs of biogas plants

Метод порційної подачі. Для методу порційної подачі характерно наповнення бродильної камери за один прийом. Порція проходить бродіння до кінця встановленого для цього часу, протягом якого субстрат не додають і не виймають. Виробництво біогазу починається після наповнення, досягає максимальної продуктивності, після чого починає падати [2]. Під кінець, по закінченню заданого часу бродіння, бродильна камера спустошується також за один прийом. Водночас частину бродильного шламу повертають назад, щоб прищепити «розроблені» бактерії.

Для методу порційної подачі (рис. 1) характерно:

- крім рідких субстратів можна також переробляти тверді субстрати з високим вмістом сухої речовини;
- профілактичні огляди і ремонт метантенку можна проводити після кожного циклу;
- необхідно мати масу для щеплення, яка в окремих випадках може досягати великих порцій;
- нерівномірне вироблення біогазу, якщо не використати послідовно декілька резервуарів;
- надійний гігієнізуючий ефект.

Проточний метод. За такого методу працюють майже всі сільськогосподарські біогазові установки (рис. 2) [2–4].

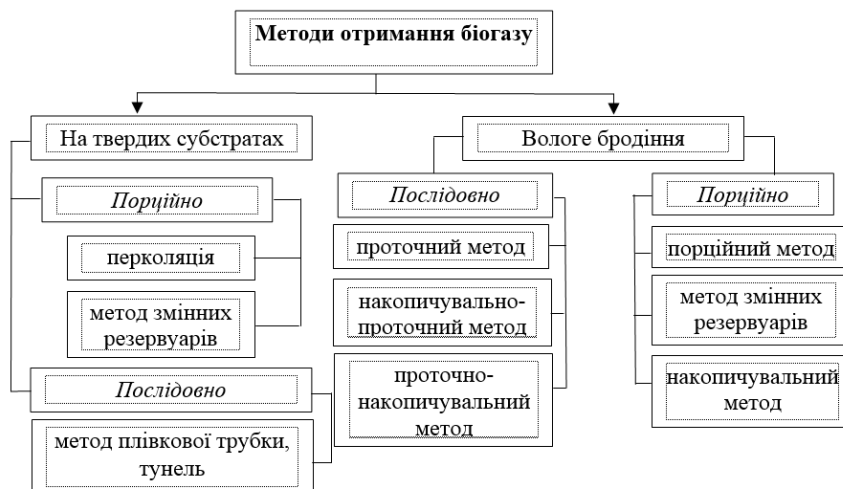


Рис. 2. Класифікація методів отримання біогазу
 Fig. 2. Classification of biogas production methods

Метантенки повинні бути постійно заповнені. Під час подачі свіжого субстрату рівна їй кількість виштовхується з метантенку. Проточний метод характеризується: послідовною подачею, постійним процесом бродіння, стабільним виробленням біогазу; профілактика і ремонт наповненого метантенка можливі не в повному обсязі.

Метод повного змішування. Установки, в яких субстрат повністю перемішується, часто застосовуються в сільськогосподарській практиці [1–3].

Новий вихідний матеріал перемішується з вмістом метантенку, тому відпадає необхідність у підживленні, і процес може починатися безпосередньо після внесення. Зрозуміло, що в проточних установках час бродіння субстрату відповідає розрахованому середнього часу бродіння, оскільки внаслідок змішування частина свіжого матеріалу залишає метантенк. Під час планування цьому фактору необхідно також приділити увагу. Завантаження бродильної камери установок повного змішування може сягати до 4 кг сухого органічного субстрату на 1 м³ об'єму в день.

Метод «пробкового» проштовхування субстрату. В установках, що використовують «пробкове» проштовхування, субстрат просувається як пробка в повздовжньому напрямку по метантенку. Діаметр такого резервуара повинен бути набагато менше, ніж його довжина, слід розраховувати співвідношення діаметра до довжини, як мінімум, 1:4. Мішалку необхідно встановити поперечно до напрямку течії, вона може також підігрівати субстрат. Перемішування переважно буде відбуватися в поперечному напрямку. Те, що свіжий матеріал буде перемішуватися зі зброденим, буде регулюватися зазначеним способом аж до його припинення. Завдяки такій роботі в цих установках вдається досягти високого гігієнізуючого ефекту [2, 5, 7]. За певних обставин може виникнути потреба в підживленні з метою якнайшвидшого приведення процесу в дію. Важливо відзначити, що така конструкція займає багато місця. Залежно від виконання мішалки установки такого типу можна завантажувати істотно більше, ніж установки повного змішування.

Одно- або багатоступінчастий методи. З використанням одноступінчастого методу процес бродіння проходить чотири етапи в одному резервуарі; для систем

повного перемішування ці етапи в часі й просторі відбуваються паралельно [2, 5, 6], для установок системи періодичного режиму роботи ці процеси відбуваються послідовно в часі один за іншим. В установках «пробкового» руху спостерігається певне часове зміщення. У разі багатоступінчастого методу намагаються розділити різні етапи процесу по різних камерах як за допомогою різних резервуарів, так і за допомогою відділення в метантенку. Водночас необхідно врахувати, що для створення кислого середовища та утворення метану необхідні різні умови.

Багатоступінчастий метод використовується, якщо:

- субстрат обов'язково підлягає гігієнізації;
- обсяг бродильної камери невеликий, а є прагнення підвищити ступінь гідролізу або розкладання;
- субстрати важко перемішувати з технічної точки зору і в разі великого завантаження метантенку, якщо планується «пробковий» рух субстрату.

Метод роботи на твердих субстратах. Установками для бродіння твердих субстратів є такі установки, в яких субстрат подається у вигляді штабелів у метантенк, де і проходить процес бродіння без подальшого його пересування. Просочений бродильною рідиною субстрат перебуває в резервуарі протягом усього бродіння і по закінченню процесу в такому ж вигляді, без додаткових маніпуляцій (сепарування) виймається з метантенку.

Метод роботи з твердими субстратами за періодичним принципом. Після того, як методи послідовного бродіння твердих субстратів не набули практичного використання в сільському господарстві, було зроблено безліч спроб щодо застосування періодичного процесу їх обробки [2, 4, 5].

Метод плівкової трубки. Цей метод запозичений у силосної заготівлі кормів. Твердий субстрат за допомогою машини пресується в плівкову трубку, закривається без доступу повітря і перегниває всередині. У цьому разі не вносять бродильну речовину, шланг також не вимагає підігріву. Заповнений шланг із фольги можна також покласти на піддон, що підігривається. Перевага цього методу – в низьких інвестиційних витратах на будівництво і техніку, оскільки техніку можна використовувати дуже різнобічно. Усе ж таки

необхідно врахувати вартість плівки. Проблемою є сильна залежність від температури навколишнього середовища, зазвичай низький вміст води, неоднорідна концентрація всередині маси. Загалом, якщо не вжити подальших будівельних/технічних заходів, то для флори бродіння створюються ненайкращі умови.

Контейнерний метод. Наприкінці 90-х вчені інтенсивно займалися дослідженням бродіння твердих субстратів. Перші досліді [1, 5, 7] відбувалися за допомогою висувних контейнерів у закритих боксах. У закриті контейнери подається бродильна речовина, де вона циркулює. Ця техніка давала обнадійливі на успіх результати і планувалася для застосування в невеликих господарствах (максимальний розмір контейнера – 30 м³). Але донедавна показники собівартості тони в річному обороті були занадто великими.

Метод коробкового метантенка. Уже з 1997 року відомий практичний досвід із ферментації твердих речовин у 14 бетонних боксах на установці, що працює на компості в Голландії. Схожі за типом будівництва установки пропонуються в Німеччині багатьма фірмами [2, 5]. Бокси наповнюються і вивантажуються через газонепроникний приймач за допомогою колісного навантажувача. Рідина (перколат), що стікає під час бродіння, збирається в цистернах, підігривається й розбризкується над субстратом. Досліді вчених показали, що за допомогою цього методу можна переброджувати тверді субстрати. Субстрати, які мають схильність до сильного ущільнення в метантенку (без достатньої наявності структурного матеріалу), не підходять для монозброджування. Крім того, було встановлено, що цей метод дає хороші показники виходу біогазу тільки за наявності достатньої кількості матеріалу для щеплення.

Метод одночасної сухої та вологої переробки. Цей метод включає в себе комбіноване бродіння твердого та рідкого матеріалів. Бродіння твердих речовин відбувається паралельно в коробкових метантенках, а рідкі субстрати розміщуються у відповідних метантенках для вологої переробки. Обмін перколяційною рідиною між обома системами відбувається завдяки круговороту процесуальної води.

Метод роботи на рідких субстратах. Робота на рідких субстратах відбувається за порційним принципом. Порційні метантенки для бродіння у вологому середовищі нині не

грають ніякої важливої ролі. Щоб наповнювати і спустошувати порційний метантенк за один захід, крім бродильної камери необхідно мати резервуар для попереднього накопичення і склад відпрацьованих субстратів. Кожен із них повинен бути однакового розміру, що звичайно ж робить цю технологію дорогою. Крім того, виробництво біогазу відбувається нерівномірно, це можна виправити, якщо працювати одночасно з двома меншими метантенками, які будуть по черзі наповнятися і спустошуватися, із часом перебування субстрату всередині цих резервуарів приблизно в половину меншим від звичайного. Установка з такою схемою роботи буде коштувати значно дорожче, оскільки два маленьких резервуара коштують значно дорожче, ніж один великий. Крім того, недоліком є також те, що в разі тривалого зберігання до моменту переливання вмісту в метантенк у резервуарі попереднього зберігання вже починаються процеси розкладання, а отже і втрати азоту і метану.

Технологія, яка заснована на порціонному принципі, завжди використовується в тих випадках, якщо є необхідність проаналізувати субстрат або суміш субстратів щодо їхньої поведінки в метантенку або вироблення біогазу. Тому більшість лабораторних експериментів проводяться в порціонному режимі [6, 7].

Метод змінних резервуарів. Цей метод розраховано на роботу з двома метантенками: з резервуара для попереднього зберігання, що вміщує кількість субстрату для 1-2 днів роботи, матеріал повільно, але рівномірно подають у метантенк. Як тільки останній наповнюється, зброджений матеріал виливається в резервуар-склад, після чого знову відбувається наповнення з резервуара попереднього зберігання. Резервуар-склад також необхідно час від часу частково або повністю спорожнювати, а потім розподіляти шлам на відповідні поля. Тому його обсяг повинен бути більше, ніж у змінного резервуара. Цей метод характеризується рівномірним виробництвом біогазу і хорошими гігієнізуючими якістьми, оскільки протягом усього періоду бродіння не вноситься свіжий субстрат. Недоліками цього методу, як і порційного, є високі будівельні витрати та великі втрати тепла, порівнюючи з використанням одного метантенку.

Проточний метод. Більшість біогазових установок в усьому світі працюють

проточним методом, або в чистому вигляді, або в комбінації з накопичувальним методом. Цей метод порівняно з іншими відрізняється тим, що бродильна камера завжди заповнена і спорожняється лише для ремонтів або видалення осаду. З невеликого резервуара попереднього зберігання вноситься рідкий свіжий субстрат, а тверді субстрати вносяться в бродильну камеру багаторазово протягом доби за допомогою спеціальних пристроїв, хоча водночас автоматично на переливі резервуара точно така ж кількість збродженого субстрату потрапляє в резервуар-склад або перекачується в нього. Перевагами проточного методу є рівномірне вироблення біогазу, хороша завантаженість метантенку, а отже й економія на компактній споруді та низьких тепловтратах. Крім того, можна використовувати автоматизовану систему наповнення (за допомогою поплавкового перемикача в резервуарі попереднього зберігання або за допомогою таймера на подавальному насосі). Недоліками, порівнюючи з методами порційним і змінних резервуарів, є насамперед те, що залежно від застосовуваних мішалок і типу резервуара відбувається змішування свіжого субстрату зі збродженим матеріалом, що погіршує ефект гігієнізації.

Накопичувальний метод. Для цього методу характерним є використання одного резервуара у функції метантенку і складу для зберігання. Після вивезення шламу накопичувальний резервуар спорожняється майже повністю, а невелика його кількість залишається для щеплення наступної порції субстрату. Після цього комбінований резервуар для бродіння і зберігання повільно наповнюється. Переваги накопичувальної установки насамперед полягають в економії інвестиційних коштів: необхідно мати один великий, а отже порівняно дешевий резервуар. Крім того, накопичувальні установки прості в експлуатації та легко контролюються.

Комбінований проточно-накопичувальний метод. Комбіновані проточно-накопичувальні установки використовуються зараз найбільш часто. Вони виникли, коли резервуари-склади проточних метантенків почали накривати плівкою або твердим покриттям із метою мінімізації втрат азоту і добувати додатковий біогаз. Практика показала, що передусім у сильно завантажених метантенках зі звичними на сьогодні тривалими періодами зберігання до 7 місяців можна

отримувати від 20 до 40% виходу біогазу від загальної кількості. Зазвичай вони не достатньою мірою ізольовані та не опалюються, а отже витрати на додаткове вироблення біогазу невеликі.

Висновки. Незважаючи на різноманіття методів роботи біогазових установок, отримали розповсюдження тільки наступні: проточний, змінних резервуарів, проточно-накопичувальний. Переваги таких методів у порівняно невеликих інвестиційних витратах, накопичувальні установки прості в експлуатації та легко контролюються.

Бібліографія

1. Болтянская Н. И. Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2016. Vol. 18. No. 13, b. Pp. 49–54.
2. Эдер Б., Шульц Х. Биогазовые установки. *Практическое пособие*: сайт. URL: http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf.
3. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Анализ методов визначення часу перебування та навантаження на метантенк. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. Харків, 2014. Вип. 148. С. 405–412.
4. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Анализ конструкций биогазовых установок з вібраційною інтенсифікацією процесу анаеробного бродіння. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2014. Вип. 14. Т. 3. С. 196–203.
5. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз: теория и практика. Москва: Колос, 1982. 148 с.
6. Skliar A., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. Lublin, 2014. Vol. 16. No. 2, b. Pp. 183–188.
7. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Анализ энергетичної ефективності метантенка. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2015. Вип. 15. Т. 2. С. 316–322.

Bibliografia

1. Boltjanskaja, N. I. (2016). Analiz osnovnyh napravlenij resursoberezenija v zhivotnovodstve. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*, 18, 13, 49–54.
2. Jeder, B., Shul'c H. Biogazovye ustanovki. *Prakticheskoe posobie*. Retrieved from http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf.
3. Sklyar, O. G., Sklyar, R. V. (2014). Analiz metodiv vy'znachennya chasu perebuvannya ta

navantazhennya na metantenk. *Visny`k XNTUSG im. P. Vasy`lenka*, 148, 405 – 412.

4. Sklyar, O. G., Sklyar, R. V. (2014). Analiz konstrukcij biogazovy`x ustano-vok z vibracijnoyu intensy`fikacijeyu procesu anaerobnogo brodinnya. *Praci Tavrijs`kogo derzhavnogo agrotexnologichnogo universy`tetu*, 14, 3. 196 – 203.

5. Baader, V., Done, E., Brennderfer, M. (1982). *Biogaz: teoriya i praktika*. M.: Kolos.

6. Skliar, A., Skliar, R. (2014). Justification of conditions for research on a laboratory biogas plan. *MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*, 16, 2, 183 – 188.

7. Sklyar, O. G., Sklyar, R. V. (2015). Analiz energety`chnoyi efekty`vnosti metan-tenka. *Praci Tavrijs`kogo derzhavnogo agrotexnologichnogo universy`tetu*, 15, 2, 316 – 322.

References

1. Boltyanskaya, N. I. (2016). Analysis of the main areas of resource conservation in animal husbandry. *Motrol : Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*, 18, 13, 49–54.

2. Eder, B., Schulz, H. Biogas plants. *Practical Guide* : [website](http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf). Retrieved from http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf.

3. Sklar, A. G., Sklar, R. V. (2014). Analysis of methods for determining residence time and load on methane tank. *Bulletin of KhNTUSG them. P. Vasilenko*, 148, 405–412.

4. Sklar, A. G., Sklar, R. V. (2014). Analysis of designs of biogas plants with vibration intensification of anaerobic fermentation process. *Proceedings of the Tavrida State Agrotechnological University*, 14, 3, 196–203.

5. Baader, V., Done, E., Brennderfer, M. (1982). *Biogas: theory and practice*. Moscow : Kolos.

6. Skliar, A., Skliar, R. (2014). Justification of conditions for research on a laboratory biogas plan. *MOTROL : Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*, 16, 2, 183–188.

7. Sklar, A. G., Sklar, R. V. (2015). Energy efficiency analysis of methane tank. *Proceedings of the Tavrida State Agrotechnological University*, 15, 2, 316–322.