

**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. Кудриницький (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)

заввідділу 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. Hotyborsky (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 роликком-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/10.37204/0131-2189-2019-10-17>
УДК 631. 333.92 : 631. 22. 018

Аналіз роботи насосів, що використовуються в біогазових установках

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 роботу насосів та особливості їх використання в біогазових установках. Надати рекомендації щодо застосування різних типів насосів, їхні переваги і недоліки, особливості технічного обслуговування.

Методи. Для аналізу різних типів насосів використані методи системного й порівняльного аналізів, наукових узагальнень та метод аргументації.

Результати. Проаналізовані існуючі конструкції насосів для перекачування гною (субстрату). Наведено порівняльну характеристику насосів, що найбільш часто використовуються в біогазових установках: відцентрового, ексцентрикового шнекового та роторно-поршневого. Унаслідок проведеного аналізу отримані

характеристики їх застосування, переваги і недоліки, варіанти конструкцій та особливості технічного обслуговування.

Висновки. Вибір відповідних за потужністю і характеристиками насосів значною мірою залежить від використовуваних субстратів, їхнього ступеня підготовки і/або вмісту сухої речовини. Аналіз існуючих конструкцій показав, що застосування плунжерних насосів (особливо, роторних) має багато переваг, порівнюючи з відцентровими: можливість роботи з в'язкими субстратами, самовсмоктувальні та більш стабільні до тиску, підходять для дозування субстрату, зручні в технічному обслуговуванні.

Ключові слова: насос, біогазова установка, метантенк, субстрат, шлам, суха речовина, гній.

DOI: <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2019-10-17>
UDC 631. 333.92 : 631. 22. 018

Analysis of the pumps operation when used in 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. Analyze the operation of pumps when used in biogas plants and the features of their use. Provide guidance on the use of different types of pumps, their advantages and disadvantages, and features of maintenance.

Methods. In the analysis of different types of pumps the methods of system and comparative analysis, scientific generalizations and method of argumentation are used.

Results. The article analyzes existing pump designs for pumping manure (substrate). The comparative characteristics of the following pumps, which are most commonly used in biogas plants, are given: centrifugal, eccentric auger and rotary piston. As a result of the analysis the characteristics of their application, advantages and disadvantages, variants of structures and features of maintenance were obtained.

Conclusions. The choice of suitable pumps according to the capacity and characteristics depends

largely on the substrates used, their degree of preparation and/or dry matter content. An analysis of existing designs has shown that the use of plunger pumps (especially rotary ones) has many advantages over centrifugal ones: the ability to work with viscous

substrates, self-priming and more pressure stable, suitable for substrate dosing, easy to maintain.

Keywords: pump, biogas plant, methane tank, substrate, sludge, dry matter, manure.

DOI: <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2019-10-17>
УДК 631. 333.92 : 631. 22. 018

Анализ работы насосов в использовании на биогазовых установках

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 работу насосов и особенности их использования в биогазовых установках. Дать рекомендации по применению различных типов насосов, их преимущества и недостатки, особенности технического обслуживания.

Методы. При анализе различных типов насосов использованы методы системного и сравнительного анализов, научных обобщений и метод аргументации.

Результаты. Проанализированы существующие конструкции насосов для перекачки навоза (субстрата). Приведена сравнительная характеристика насосов, которые наиболее часто используются в биогазовых установках: центробежного, эксцентрикового шнекового и роторно-поршневого. В результате проведенного анализа получены характеристики их применения, преимущества и недостатки, варианты конструкций и особенности технического обслуживания.

Выводы. Выбор подходящих по мощности и характеристикам насосов в значительной степени зависит от используемых субстратов, их степени подготовки и/или содержания сухого вещества. Анализ существующих конструкций показал, что применение плунжерных насосов (особенно, роторных) имеет много преимуществ по сравнению с центробежными: возможность работы с вязкими субстратами, самовсасывающие и более стабильны к давлению, подходят для дозирования субстрата, удобны в техническом обслуживании.

Ключевые слова: насос, биогазовая установка, метантенк, субстрат, шлам, сухое вещество, навоз.

Постановка проблемы. Для стабильного процесса брожения с точки зрения технологической биологии идеальным вариантом является непрерывный поток субстрата через биогазовую установку. На практике такие условия реализовать вряд ли можно, потому что обычно субстрат подается в реактор порциями протягом времени. Все агрегаты, которые необходимы для транспортировки субстрата, не должны работать непрерывно. Это играет ключевую роль для расчета установки.

Для увеличения выхода биогаза и соответственно эффективности биогазовых установок все чаще используется смесь возобновляемых материалов, твердого и жидкого коферментов. Это увеличивает количество сухой субстанции и примесей в приемных резервуарах, потому что необходимо тщательно выбирать насосы и материалы.

Выбор насоса необходимого класса за производительностью часто вызывает проблемы фермеров. Поскольку для ежедневного наполнения метантенков было бы достаточно небольшого насоса, который подает медленно; быстрое наполнение скорее вредит процессу образования биогаза и может создавать зоны высокого давления в метантенке, если сброженный субстрат или биогаз не можно быстро вытеснить. С другой стороны, небольшие насосы с низкой подачей быстрее забиваются. Даже если с помощью универсального центрального насоса планируется размещать и наполнять цистерны навозом для вывоза на поля, то необходимо иметь высокую производительность.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел [1, 2, 5] показав, що для транспортування субстратів, які можуть перекачуватися, у межах біогазової установки використовуються переважно насоси з приводом від електродвигуна. Вони управляються за допомогою реле часу або технологічних комп'ютерів, завдяки чому весь процес можна автоматизувати повністю або частково. У багатьох випадках уся система транспортування субстрату в межах біогазової установки реалізується за допомогою одного або двох насосів, розташованих у насосній станції. У такому разі прокладання необхідних трубопроводів виконується так, що всі відповідні технологічні процеси (подача в реактор, повне спорожнення ємностей, дії в разі аварії і т. п.) можуть керуватися за допомогою легкодоступних або автоматичних шиберів.

Мета досліджень. Проаналізувати роботу насосів та особливості їх використання в біогазових установках. Надати рекомендації щодо застосування різних типів насосів, їхні переваги і недоліки, особливості технічного обслуговування.

Методи досліджень. Для аналізу різних типів насосів використані методи системного й порівняльного аналізу, наукових узагальнень та метод аргументації.

Результати досліджень. Вибір відповідних за потужністю і характеристиками насосів значною мірою залежить від використання субстратів, їхнього ступеня підготовки і/або вмісту сухої речовини (СР) [2, 5, 6]. Для захисту насосів безпосередньо перед ними можуть встановлюватися ріжучі й подрібнювальні механізми, а також сепаратори сторонніх домішок; можуть також використовуватися насоси, в яких елементи, що транспортують, забезпечені відповідними подрібнювачами.

Під час подачі субстрату в реактор слід враховувати його температуру. У разі великої різниці температур між субстратом і всередині реактора (під час подачі субстрату в реактор після гігієнізації або взимку) чиниться сильний вплив на біологію процесу, що може призвести до зменшення дебіту газу. Як технічні рішення в такому разі іноді використовуються теплообмінники та опалювальні прийомні ємності.

Слід забезпечити, щоб насоси були у вільному доступі для виконання необхідних робіт. Незважаючи на вжиті запобіжні заходи

і хорошу підготовку субстрату, насоси можуть засмічуватися. Засмічення повинні швидко усуватися. Слід також пам'ятати про те, що рухливі деталі насосів зношуються, вони піддаються великим навантаженням і час від часу їх потрібно міняти. А проте робота біогазової установки перериватися не повинна [2, 3, 6]. Тому насоси слід обладнати заслінками, завдяки яким вони ізолюються від трубопроводів для виконання робіт із технічного обслуговування і ремонту.

Насоси потрібні для подолання різниці між окремими резервуарами біогазової установки і в разі необхідності приводити в рух гідравлічні агрегати.

Відцентрові насоси широко представлені в обладнанні по роботі з гноєм. Вони прості у виготовленні та відносно стійкі в роботі, можуть використовуватися із субстратами з вмістом СР менше 8% (табл.).

Типовою для відцентрових насосів є сильна залежність подачі насоса від тиску нагнітання (або від висоти нагнітання) (рис. 1, а). Максимально досяжний тиск знаходиться в межах 4...20 бар. Кількість матеріалу, що нагнітається, варіює між 2 і 6 м³/хв при споживанні енергії 3...15 кВт [1, 2].

Відцентрові насоси за принципом своєї дії не вимагають установки клапанів у робочих органах самого насоса або спеціальних пристроїв для плавного запуску. Але відмінною рисою даних насосів є те, що до пуску в роботу насос і всмоктувальний трубопровід повинні бути залиті рідиною, або насос повинен бути безпосередньо занурений у рідину, тому що робоче колесо насоса, обертаючись у повітряному середовищі (у незалитому стані), створює настільки незначне розрідження, яке виявляється недостатнім для підйому рідини з нижнього рівня до насоса. Особливістю будови відцентрового насоса є те, що між краями лопатей робочого колеса і корпусом насоса передбачено відстань 1...1,5 см, що робить неможливим створення значного розрідження, але дозволяє насосу стартувати навіть у дуже густій речовині.

Ріжучі насоси – особлива форма відцентрових насосів – мають на робочому колесі загартовані ріжучі кромки і протирізальну пластину на корпусі [2, 4]. Отже, можна подрібнювати речовини з довгими волокнами (солота, залишки корму), які містяться в гної. Ці насоси занурюють у рідкий субстрат, тому не виникає проблем зі всмоктуванням.

Таблиця. Порівняльна характеристика насосів
Table. Comparative characteristics of pumps

Найменування показників	Види насосів		
	відцентровий	ексцентриковий шнековий	роторно-поршневий
Придатність	слабов'язкі субстрати з низьким вмістом сухої речовини (<8%), допустима невелика частка соломи	в'язкі субстрати з незначним вмістом сторонніх речовин і речовин із довгими волокнами	в'язкі субстрати
Продуктивність, м ³ /хв	2...30	0,06...8	0,1...16
Переваги	1) проста, компактна і міцна конструкція; 2) велика продуктивність; 3) гнучкість у використанні	1) самовсмоктувальний; 2) проста, міцна конструкція; 3) підходить для дозування субстрату; 4) напрямок обертання можна реверсувати	1) проста, міцна, конструкція; 2) самовсмоктувальний до 10 м водяного стовпа; 3) підходить для дозування субстрату; 4) подача більших за розміром сторонніх предметів і волокнистих матеріалів, порівнюючи з ексцентриковими шнековими насосами; 5) нечутливий до «сухого» ходу; 6) займає мало місця, зручний у технічному обслуговуванні; 7) зміна напрямку подачі реалізована серійно
Недоліки	1) несамовсмоктувальний; 2) необхідна установка нижче рівня субстрату, що всмоктується; 3) не підходить для дозування субстрату	1) менша продуктивність, порівнюючи з відцентровими насосами; 2) чутливий до «сухого» ходу та сторонніх речовин (каміння, матеріалів із довгими волокнами, металевих деталей)	енерговитратний
Особливості експлуатації	сильна залежність продуктивності від напору і/або висоти подачі	1) сильна залежність продуктивності від в'язкості, стабільна робота під час коливань тиску; 2) можна вбудувати захист від «сухого» ходу; 3) часто використовується на очисних спорудах; 4) статор здебільшого можна додатково регулювати залежно від продуктивності, субстрату і зносу; 5) можлива зміна напрямку подачі	1) велике число обертів до 1300 хв ⁻¹ , що сприятливо для оптимізації продуктивності; 2) регульовані півсфери оптимізують ККД і термін служби завдяки зменшенню зазору
Варіанти конструкцій	1) як насос або насос «сухої» установки; 2) поставляється як насос із ріжучим механізмом; 3) доступний як насос із приводом нижче поверхні субстрату або над нею	як насос «сухої» установки	як насос «сухої» установки
Технічне обслуговування	1) на заглибних насосах ускладнене, але відносно хороша доступність через забірні отвори; 2) у разі робот у реакторі повинні жорстко дотримуватися приписи щодо безпеки переривання експлуатації	1) великий термін служби; 2) завдяки конструкції легкість у технічному обслуговуванні; 3) системи швидкої заміни шнеків дозволяють робити лише короткострокові зупинки обладнання	1) завдяки конструкції легкість у технічному обслуговуванні; 2) необхідні лише короткострокові зупинки обладнання

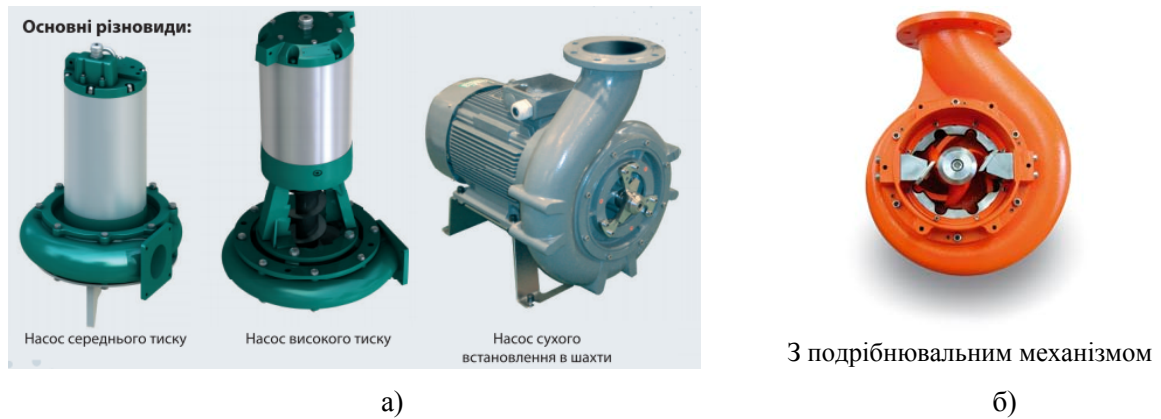


Рис. 1. Відцентрові насоси: а) «Агротех Консалт»; б) PTS Cri-Man S.R.L.
Fig. 1. Centrifugal pumps: а) “Agrotech Consult”; б) PTS Cri-Man S.R.L.

Відцентрові насоси «Агротех Консалт» (рис. 1, а) спроектовані з урахуванням можливості «сухого» функціонування. Поламка насоса виникає в разі тривалої роботи без рідини, що надходить на вхід [5].

Заглиблені насоси серії PTS Cri-Man S.R.L. (Італія) (рис. 1, б) відрізняються вхідним отвором великого діаметру з багатоканальним робочим колесом відкритого типу [2, 7], забезпеченим потужним подвійним ріжучим і подрібнювальним механізмами. Конструкцію насосів спеціально розроблено для перекачування висококонцентрованих, агресивних і важких рідин, які вимагають попереднього подрібнення твердих складових субстрату.

Плунжерний насос (насос із витіскачем). Плунжерні насоси застосовуються насамперед для субстратів із великим вмістом сухої речовини. Ці насоси самовсмоктувальні та більш стабільні до тиску, порівнюючи з відцентровими насосами, це означає, що кількість речовини, яка прокачується, меншою мірою залежить від висоти, на яку ведеться подача. Насоси цього типу після зміни напрямку обертання можуть також качати у зворотному напрямку.

Із насосів, що працюють за різними принципами витіснення, для біогазових установок переважно використовують ексцентрикові шнекові та роторні насоси [1, 6].

Ексцентрикові шнекові насоси оснащені ротором із нержавіючої сталі, що працює в статорі з еластичного матеріалу. Ці насоси можуть самостійно всмоктувати до глибини 8,5 м і створювати тиск до 24 бар, але не можуть прокачувати такої великої кількості матеріалу, як відцентрові насоси. Вони також чутливі до «сухої» роботи,

твердих чужорідних тіл або потрапляння довгих волокон (табл.).

У насосах Seerex серії BN (рис. 2) привод б'є приєднано фланцем безпосередньо до насоса. Завдяки цьому не потрібна окрема опора для насоса, він стає більш компактним і зменшується його вартість. Роз'ємне з'єднання вала 9 між приводом і обертовим вузлом полегшує заміну деталей, що зношуються, і ущільнення вала 4. Рівномірне перекачування без пульсацій не вимагає використання додаткових гасителів пульсацій або компенсаторів у трубопроводах [5, 7]. Це робить насоси легкими в обслуговуванні. Також дані насоси можуть бути укомплектовані пристроєм захисту статора 2 від «сухого» ходу (термоелектронний), що дозволяє запобігти його руйнування.

Роторні насоси набувають в останні роки все більшої популярності. Вони мають два паралельно-осьові вали, що рухаються в зачепленні в різні боки [2, 5].

Закріплені на валах об'ємні ротори перекачуються в закритому корпусі з невеликим осьовим і радіальним зазорами. Ротори забезпечують необхідний для перекачування рідини тиск, причому вони сконструйовані так, що в будь-якому положенні всмоктувальна і напірна сторони відокремлені одна від одної. Із накопченням роторів один на одного утворюються порожнини, які заповнюються матеріалом, що перекачується. Матеріал захоплюється в рух по колу і переміщається в напірний трубопровід. Максимальний тиск знаходиться в межах 2...10 бар, а подача насоса – в межах 0,5...4 м³/хв, потужність – 7,5...55 кВт.

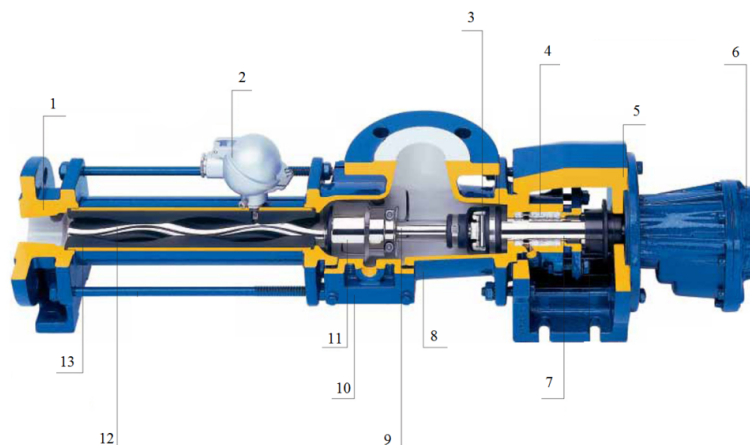


Рис. 2. Ексцентрикові шнекові насоси Seepex BN:

1 – напірний штуцер; 2 – запобіжний пристрій; 3 – шарнірне з’єднання; 4 – ущільнення вала; 5 – рама;
6 – привод; 7 – вставний вал; 8 – корпус всмоктування; 9 – кришка для огляду; 11 – зчленування;
12 – ротор; 13 – статор

Fig. 2. Eccentric screw pumps Seepex BN:

1 – pressure head; 2 – safety device; 3 – swivel; 4 – shaft seal; 5 – frame; 6 – drive; 7 – insert shaft;
8 – suction housing; 9 – inspection cover; 11 – articulation; 12 – rotor; 13 – stator

Характеристики і параметри роторно-поршневого насоса наведено в таблиці, а його принцип дії – на рисунку 3.

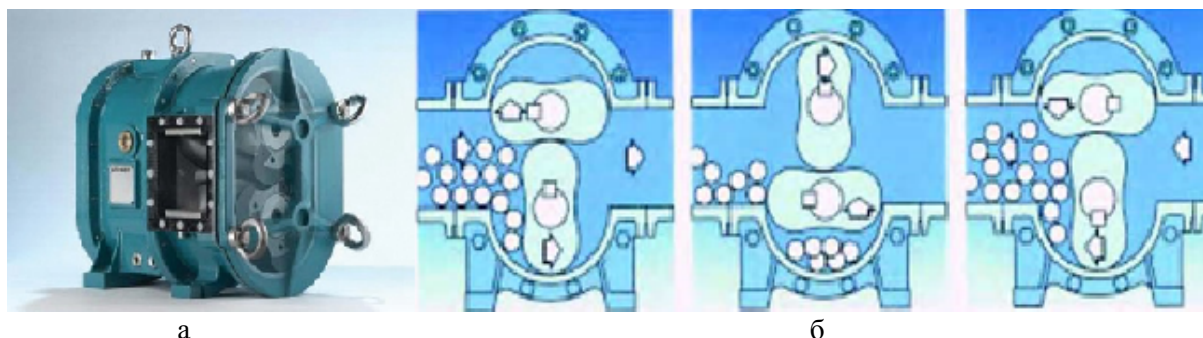


Рис. 3. Загальний вид роторно-поршневого насоса Borger (а) та принцип дії насоса Vogesland (б)

Fig. 3. General view of the Borger rotary piston pump (a) and the principle of operation of Vogesland pump (b)

Щоденне одно-дворазове наповнення метантенку за допомогою сучасних насосів зазвичай не задовольняє потреб. За такої подачі за один раз у метантенк надходить велика кількість холодного субстрату, робочі органи насосів постійно забиваються волокнами. Дослідження показали, що для наповнення метантенку необхідно продуктивний насос вмикати лише на невеликі інтервали або застосовувати плунжерний насос із перемикачем частоти обертання (привод із валом відбору потужності, багатошвидкісним електродвигуном або насадним редуктором).

Порівнюючи з ексцентриковими шнековими насосами з такою ж потужністю

споживання, роторно-поршневі насоси дозволяють прокачувати більшу кількість твердих сторонніх тіл і речовин, що містять волокна (до 12% сухих речовин). Із цієї причини вони все частіше і використовуються на установках, що працюють із підвищеною кількістю волокнистого матеріалу, енергетичними культурами рослин або розрідженим і подрібненим твердим гноем в якості субстрату.

Висновки. Вибір відповідних за потужністю і характеристиками насосів значною мірою залежить від використовуваних субстратів, їхнього ступеня підготовки і/або вмісту сухої речовини. Аналіз існуючих конструкцій показав, що застосування

плунжерних насосів (особливо, роторних) має багато переваг, порівнюючи з відцентровими: можливість роботи з в'язкими субстратами, самовсмоктувальні та більш стабільні до тиску, підходять для дозування субстрату, зручні в технічному обслуговуванні.

Бібліографія

1. Скляр О. Г., Болтянська Н. І. Основи проектування тваринницьких підприємств : підручник. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2018. 380 с.

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. Аналіз методів 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. Аналіз конструкцій біогазових установок з вібраційною інтенсифікацією процесу анаеробного бродиння. *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 plan. *MOTROL: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. Lublin, 2014. Vol. 16. No. 2, b. Pp. 183–188.

7. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Аналіз енергетичної ефективності метантенка. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь : ТДАТУ, 2015. Вип. 15. Т. 2. С. 316–322.

Bibliografia

1. Sklyar, O. G., Boltyanska, N. I. (2018). *Osnovy` proektuvannya tvarynny`ch`ky`x pidpry`emstv: pidruchny`k*. K.: Vy`davny`chu`j dim Kondor.

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 ustanovok 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: teorija 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 metantenka. *Praci Tavrijs`kogo derzhavnogo agrotexnologichnogo universy`tetu*, 15, 2, 316 – 322.

References

1. Skliar, A. G., Boltyanska, N. I. (2018). *Fundamentals of designing livestock enterprises: a textbook*. Kyiv : Condor Publishing House.

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

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