



УДК 662.763.3.2

DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-4

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПОДАЧІ СУБСТРАТУ В МЕТАНТЕНК БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Скляр Р. В., к.т.н.

ORCID: 0000-0002-1547-5100

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

e-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua

Постановка проблеми. Зростання вартості енергоносіїв стимулює до використання альтернативних відновлюваних джерел енергії [1-4]. За рахунок продукції невеликих агропромислових підприємств, зокрема використовуючи відходи органічного походження в системах виробництва біогазу, можливо частково вирішити цю проблему. Для досягнення високої ефективності роботи метантенків та отримання максимальної кількості біогазу із органічних сільськогосподарських відходів необхідно створити оптимальні технологічні параметри в реакторі [5-7]. Незначне відхилення від оптимальних режимів сприяє загибелі анаеробних бактерій, тобто зупинення або сповільнення процесу ферментації.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження таких вчених, як Кучерука П. П., Ратушняка Г. С., Лялюка О. Г., Кощєєва І. В., Землянки О. О., Губінського М. В., Ткаченка С. Й., Мовсєєва Г. Є. та інш. [3,8-11] показують, що через прискорене застосування відновлюваних джерел енергії і косубстрата техніка для подачі і перемішування набуває особливого значення. При цьому принципово важливо, що обидва ці види техніки повинні бути узгоджені між собою з метою гарантування успішного вироблення біогазу. Косубстрати сьогодні все частіше подають безпосередньо в метантенк. Щоб уникнути високих втрат часу і техніки на подачу субстратів, які не можна перекачувати в метантенк, минувши резервуар попереднього зберігання, за останні роки було розроблено безліч нових способів.

Формулювання мети статті. Проаналізувати існуючі способи подачі субстрату в метантенк біогазової установки для зброджування.

Основна частина. Для подачі твердих субстратів в метантенк біогазової установки існує багато систем і продуктів, які випускаються промисловістю (рис. 1). Вони дозволяють дозувати подачу за вагою через задані інтервали.

Подача твердих субстратів відбувається трьома способами [12,13]: резервуар попереднього зберігання; непряма подача в метантенк; пряма подача в метантенк.

При цьому способи подачі істотно розрізняються між собою за: потужністю; «специфічною» продуктивністю транспортера; використанням електроенергії; вартістю.

Вибір оптимальної техніки для подачі буде залежати не тільки від субстрату і його кількості, вартості, розташування установки тощо, але і від намірів і робочого часу керівника підприємства. Тому, розглянемо детально кожний із способів й зупинимось на їх перевагах і недоліках.

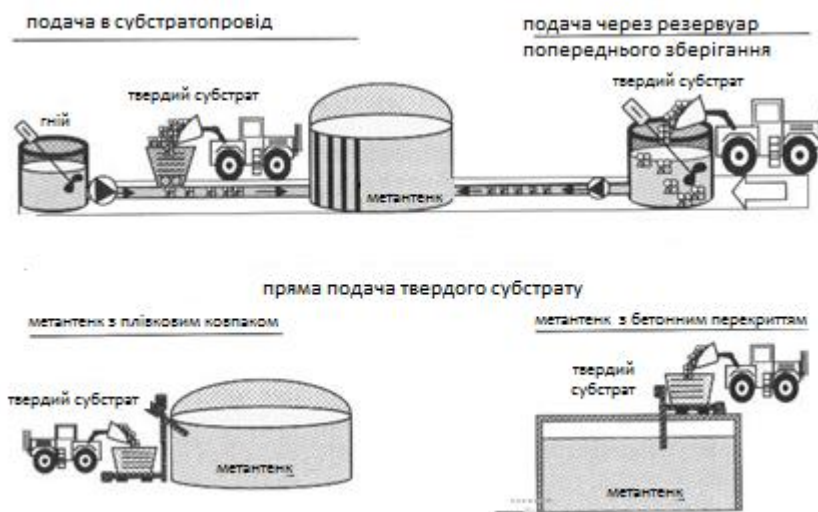


Рис. 1. Способи подачі твердого субстрату в метантенк

Резервуар попереднього зберігання.

Наповнювати котлован або резервуар для гною шляхом прямої подачі стоків з тваринницьких приміщень за допомогою звичайного ухилу вдається важко. Як правило рідкий гній стікає в резервуар попереднього зберігання, звідки він по багато разів на день (чим частіше, тим краще) перекачується в гноєсховище [14]. Таким чином, цей резервуар бере на себе функцію місця тимчасового зберігання, а також для змішування, подрібнення та розведення коферментаційних речовин або твердого гною.

Якщо через резервуар планується пропускати велику кількість гною, тоді варто передбачити його достатній об'єм для зберігання як мінімум протягом 3...5 днів, щоб забезпечити подачу субстрату і на вихідні або святкові дні. Резервуар попереднього зберігання повинен мати ряд властивостей – бути непроникним для гною; газонепроникність, як правило, не потрібна. Проникнення повітря всередину лише прискорить початок першої окислювальної фази – процесу розкладання. З-за цього резервуари часто залишають



непокритими зверху або накривають їх спеціальною кришкою, щоб можна було легко видаляти осад – камені і пісок. У разі необхідності слід також встановити мішалку або міксер. Резервуари попереднього зберігання переважно будують зануреними в ґрунт, для будівництва застосовують шахтні кільця або, якщо мова йде про великі об'єми – їх виливають з монолітного бетону. Циліндрична форма полегшує процеси змішування. Шар для відкачування забирається не з днища, а приблизно на відстані 50 см від нього, це дозволяє вільно осаджувати тверді речовини. У багатьох випадках рекомендується також осад з метантенка зливати в цей резервуар, звідки його можна буде видалити або розчинити великою кількістю води для вивезення на поля.

Резервуар попереднього зберігання часто використовують також для очищення лагуни або накопичувальної біогазової установки, оскільки з неї рідину можна легко перекачати далі або в разі необхідності провести її гомогенізацію [13,15].

У разі застосування центрального насосу для наповнення метантенка [16], а також для гідравлічного прокачування і очищення лагуни, резервуар попереднього зберігання з відповідним об'ємом буде незамінний. Такий резервуар використовується там, де працюють з рідким гноем або кількість доданого твердого субстрату невелика.

Якщо відбувається коферментація великої кількості твердого субстрату, то в резервуар попереднього зберігання слід додавати додаткову (збільшену) кількість рідкої речовини, з метою отримання придатної для прокачування маси. В іншому випадку зростають витрати на прокачування і перемішування, а також переробку цієї маси. Крім того, метантенк повинен регулярно отримувати нову порцію матеріалу (субстрату) для роботи, що буде змушувати будувати більший метантенк або скорочувати час перебування гною в існуючому меншому метантенку. До такого способу роботи з твердим гноем зараз вдаються деякі підприємці, хоча він і має деякі переваги, такі як можливість точного дозування і можливість попереднього зігрівання субстрату з мінімальними втратами на це. Чим вище відсоток вмісту сухої речовини в косубстраті, тим більше робочого часу необхідно буде витратити на його переробку в резервуарі попереднього зберігання.

Між резервуаром попереднього зберігання та метантенком прокладають необігрівану систему, по якій подається подрібнений і гомогенізований субстрат. За допомогою потужної техніки поступово з твердого субстрату і рідини (додається по мірі необхідності) готується гомогенна суміш, яку потім можна тимчасово зберігати у спеціальному резервуарі. Там в умовах температури навколишнього середовища відбувається її окислення. Залежно від консистенції, окислена маса не розшаровується. Після цього рідину можна подавати

безпосередньо у метантенк. Переваги полягають у тому, що заощаджується час і енергія, а шляхом зберігання в окисленому вигляді відбувається більш ефективно розкладання субстрату. Наповнення метантенку можна автоматизувати або залучити інші технології, як, наприклад, гігієнізація. Це також зменшує утворення неприємних запахів протягом літнього періоду. Заздалегідь слід з'ясувати залишається бажана суміш субстратів дійсно гомогенною у метантенку.

Непряма подача в метантенк.

Під цим маються на увазі всі ті процесуально-технічні рішення, які дозволяють вносити тверді субстрати з рідким потоком, переважно безпосередньо в метантенк [13].

- Замивна шахта

При такому способі подачі, твердий субстрат (твердий гній, трава, силосна кукурудза тощо) надходить в шахту, яка веде до метантенку або збоку, або зверху, де і замивається збродженим матеріалом, що перекачується. Такий варіант використовується головним чином на невеликих установках із застосуванням твердих субстратів у невеликій кількості. Проблематичним для таких пристосувань є порційна подача без можливості для накопичення з виникаючими викидами неприємних запахів при замиванні [12].

- Установки для замивання закритого типу

Щоб уникнути негативних супутніх явищ при використанні пристроїв з відкритим замиванням, фірма «Niederlöhner & Quirrenbach» розробила закритий пристрій для замивання з можливістю дозованої подачі. Для цього резервуар попереднього зберігання наповнюють твердими субстратами, після чого закривають кришкою і тільки після цього відбувається замивання. Об'єм може доходити до 10 м³. На сьогоднішній день такі пристрої працюють з 48 інтервалами подачі протягом 24 годин.

- Подача твердих субстратів по трубопроводу під тиском

При цьому в якості транспортувального середовища можна використовувати спеціально відкачаний вміст метантенка або рідину з резервуара попереднього зберігання (рис. 2, а). Такий пристрій фірми «Vogelsang» (рис. 2, б) складається з накопичувального резервуара, з якого твердий субстрат надходить на подвійний транспортувальний шнек з подальшим його подрібненням. У цьому випадку транспортувальне середовище також протікає по шнекам і обладнанню, що подрібнює. На відміну від описаного пристрою, устаткування фірми «Vorger» уникає додавання рідини на стадії дозування. Навпаки, тверді субстрати з накопичувального бункера по подвійному шнеку подачі і подрібнювачу потрапляють у рухоме транспортувальне середовище. Транспортувальні якості твердих

субстратів знижуються по мірі зростання вмісту сухої речовини в середовищі, оскільки воно завжди повинно бути здатне до перекачування (граничний рівень близько $< 12\%$ СР).

Переваги:

- висока продуктивність на всмоктуванні та напорі;
- міцна конструкція, частково поставляється з захистом від зносу;
- підходить для дозування;
- можливе подрібнення за допомогою пристроїв, що розривають, на подавальних шнеках.

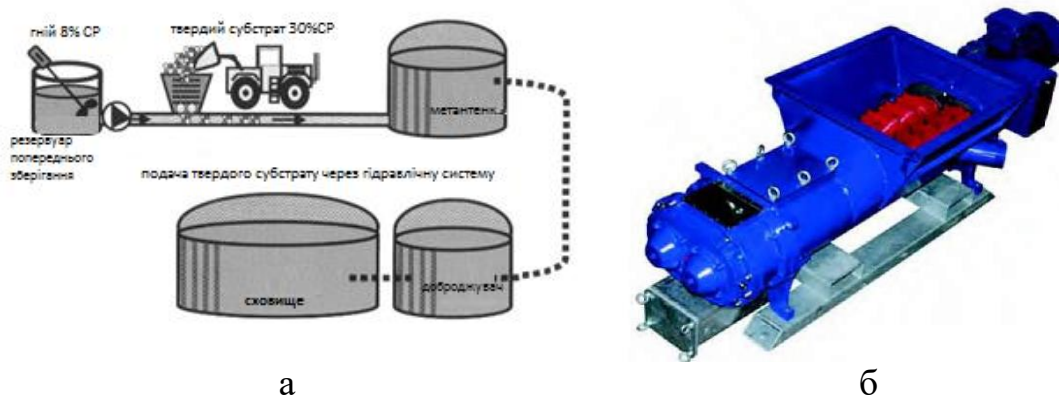


Рис. 2. Схема подачі твердого субстрату: а) гідравлічна система; б) пристрій фірми «Vogelsang»

Недоліки: чутливість до сторонніх предметів (каміння, матеріалів з довгими волокнами, металевих деталей)

Особливості: можливе одночасне подрібнення, перемішування і змішування з рідиною; подача твердих субстратів може реалізовуватися довільно (колісними навантажувачами, транспортерами, через приймальні ємності); подача рідкої фракції окремим насосом.

Пряма подача.

- Шнекові транспортери з накопичувальним бункером

Переважно для невеликих біогазових установок (менш ніж на 100кВт встановленої потужності) використовують звичайні шнекові транспортери з відповідними накопичувальними бункерами (рис. 3) [13]. Вони дозволяють подавати тверді субстрати як в резервуари на рівні землі через низ (напр. розробка фірми «AgriKomp») або у високі резервуари за допомогою відповідної техніки для подачі у метантенк через верх (напр. фірма «Stelzenberger»). Зазвичай розмір таких установок до 10 м³. Якщо біогазова установка більша, то за допомогою невеликих заходів з реструктуризації (збільшення накопичувального бункера) або підключення техніки, що подає, можна збільшити обсяг системи у багато разів.



Рис. 3. Шнековий транспортер з накопичувальним бункером фірми «AgriKomp»

- Реконструйовані мішалки для корму

Після того як було встановлено, що подача твердих субстратів відбувається в майже однакових умовах, як і годування ВРХ, стали все частіше використовувати вертикальні і горизонтальні міксери. Ця техніка має перевагу, бо подавальні субстрати можна подрібнювати, а з іншого боку разом зі змішуванням можна проводити якісне дозування (рис. 4). Недоліком є велике споживання електроенергії для окремих компонентів, що змішуються, в першу чергу для вертикальних змішувачів [11]. Якщо навіть споживання енергії в нормальному режимі становить 4 % від використаної потужності, то кожен з приводних двигунів споживає від 20 до 30 кВт. В даний час існують мішалки для резервуарів об'ємом 70 м³.

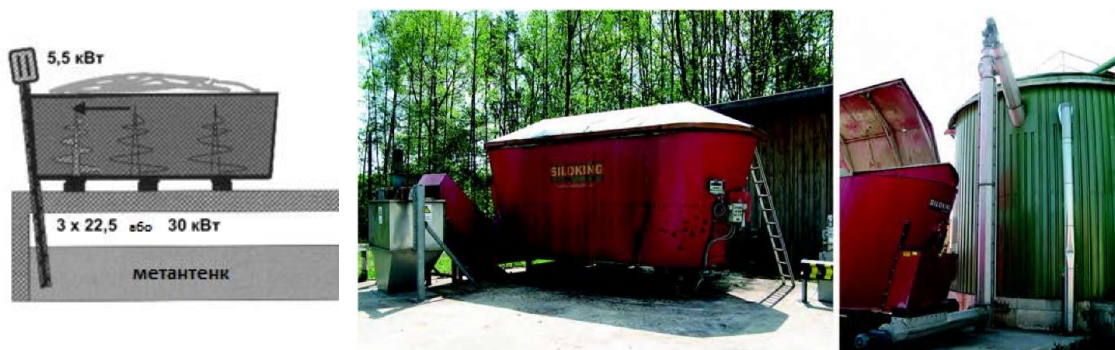


Рис. 4. Реконструйовані кормові міксери

Переваги:

- напрям подачі не має значення;
- автоматизованість;
- з однієї приймальної ємності можуть завантажуватися кілька реакторів (за допомогою висхідного шнека з подальшим поділом на два живильних шнека).

Недоліки:

- знос корпусів шнеків і самих шнеків;

- чутливість до великих каменів і інших сторонніх предметів (в залежності від розміру витків шнека).

Особливості:

- можливість транспортування субстратів з додаванням рідини;
- необхідно запобігти виходу газу крізь шнеки;
- можливе вагове дозування за допомогою шнеків в разі монтажу зважувального обладнання на приймальній ємності;
- місце розташування поруч з реактором;
- висота і об'єм завантаження повинні узгоджуватися з наявною на підприємстві технікою завантаження.

• Дозувальна станція

Різні компанії пропонують дозувальні станції або запозичені з технологій збирання врожаю (напр. фірма «Gossner»), або самостійно розроблені (напр. фірма «ДОМА»). В накопичувальний резервуар подаються різні речовини шахтами і за допомогою відповідних транспортувальних пристроїв (конвеєрна стрічка, ланцюговий конвеєр, товкач) вони далі подаються на забірні пристрої, звідки потрапляють у метантенк (рис. 5) [13].

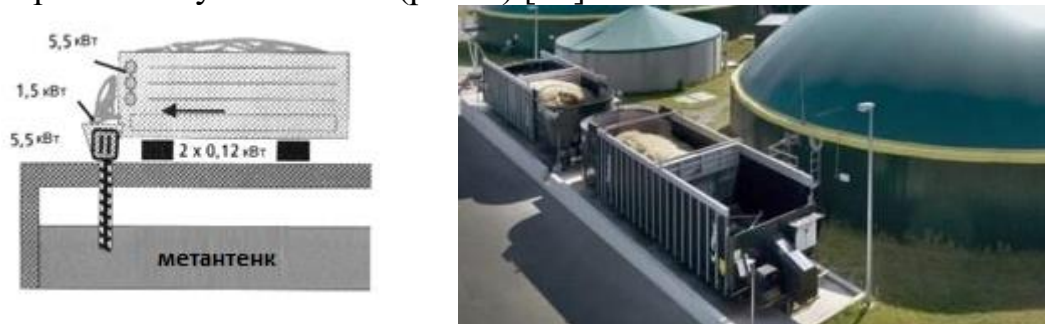


Рис. 5. Дозувальна станція

• Гідравлічні системи завантаження

У той час як всі перераховані вище способи подачі твердих субстратів передбачають подачу з боку або зверху, існує також можливість запресувувати їх в наповнений метантенк за допомогою гідравлічної системи (напр. фірма «PlanEt», фірма «Schauer»). Таке обладнання було розроблено на базі гноєприбиральної техніки (рис. 6). Поршні преса мають гідравлічний привід і відносно несприйнятливі до твердих чужорідних предметів [10]. Перевагою також є те, що подачу в метантенк може бути розділено на безліч невеликих завантажень. подача знизу в резервуар робить можливим, щоб метантенк працював при різних рівнях наповнення. Спеціальні товкачі повинні зберігати герметичність навіть при високому тиску до 60 бар. До цього ще додається те, що всі системи, які подають знизу, повинні мати автоматичний запірний (аварійний) шибер від витікання. Гідравлічний привід, як і відповідна шиберна техніка відносно дорого коштують.



Рис. 6. Гідравлічні системи завантаження спеціальним поршнем фірми «PlanEt»

Переваги:

- майже без запаху;
- точність дозування;
- автоматизованість.

Недоліки:

- небезпека утворення осаду в реакторі через грудкування поданого субстрату, внаслідок цього погіршена доступність для мікроорганізмів в реакторі;
- можливе тільки горизонтальне транспортування субстрату;
- з приймального резервуара субстрат може подаватися тільки в один реактор.

Особливості:

- система подачі повинна бути непроникною для рідини;
- висота і об'єм завантаження повинні узгоджуватися з наявною на підприємстві технікою завантаження;
- рекомендується поділ субстрату в подавальному трубопроводі ножовою рамою (доцільно в зв'язку з небезпекою грудкування)
- місце розташування поруч з реактором;
- можливо вагове дозування за допомогою поршня в разі монтажу зважувального обладнання на приймальній ємності.

Висновки. Таким чином, дослідження показують, що на сьогодні застосовуються різноманітні способи подачі субстрату в метантенк біогазової установки. При виборі оптимальної подавальної техніки необхідно обрати відповідний об'єм системи подачі, а також враховувати місце можливих поломок і важкість їх виправлення; інтенсивність проведення ремонтно-профілактичних робіт; кількість використаної потужності. Серед розглянутих способів подачі найбільше розповсюдження отримали непряма подача твердих субстратів через трубопровід під тиском та пряма подача шнековим транспортером з накопичувальним бункером.



Список використаних джерел.

1. Наске О., Helm M. Biogas von A bis Z. Borsig Energy GmbH, 2001. 47 р.
2. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Аналіз роботи біогазових установок. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. Глеваха, 2019. Вип. 10(109). С. 132-138.
3. Ратушняк Г. С., Джеджула В. В., Анохіна К. В. Энергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання: посібник. Вінниця: ВНТУ, 2010. 170 с.
4. Ковальчук О. В., Зінченко Г. М. Дослідження розкладу органічних відходів з одержанням біогазу та добрив. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. Вінниця, 2009. № 2, т. 7. С. 155-159.
5. Полищук В., Лободко Н., Дубровина О. Влияние режимов метанового сбраживания на эффективность производства биогаза. *MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2013. Vol. 15, No 3. P. 207-220.
6. Skliar A., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. 2014. Vol.16, No 2. P.183-188.
7. Dychko A., Remez N., Opolinskyi I., Kraychuk S., Ostapchuk N., Yevtieieva L. Modelling of two-stage methane digestion with pretreatment of biomass. *Latvian journal of physics and technical sciences*. 2018. № 2. P. 37–44
8. Кучерук П. П. Биогазовые установки в сельском хозяйстве и на станциях очистки сточных вод. Учебный курс: от природного газа к биомассе. Киев: ИТТФ НАНУ, 2009. 25 с.
9. Мовсесов Г. Є., Ляшенко О. О. Основні положення технології біогазового (анаеробного метанового) зброджування органічних відходів: рекомендації. Запоріжжя: ІМТ НААН України, 2010. 29 с.
10. Nizami A. S. , Murphy J. D. What type of digester configurations should be employed to produce biomethane from grass silage? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2010. № 14. P. 1558–1568.
11. de Mes T. Z. D., Stams A. J. M., Reith J. H., Zeeman G. Methane production by anaerobic digestion of wastewater and solid wastes. *Bio-methane & Bio-hydrogen: status and perspectives of biological methane and hydrogen production* / edited by: J. H. Reith, R. H. Wijffels and H. Barten. 2003. P.58–102
URL: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/MES20wastes.pdf (дата звернення 16.03.2020).
12. Гюнтер Л. И., Гольдфарб Л. Л. Метантенки. Москва: Стройиздат, 1991. 128 с.



13. Eder B., Schultz H. Biogas Installations. Fundamentals of Planning. Construction Works. Types of Installations. Economic Validity (Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg Zorg Biogas) Transl. from German. A practical guide. 2008. 268 p.

14. Boltyansky B., Boltyansky O., Boltyanska N. Analysis of major errors in the design of pumping stations and manure storage on pig farms. *TEKA Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol.16, No 2. P. 49-54.

15. Askari M. B., Golestanian F., Motraz S., Motamedi M. L. Advantages and Disadvantages of Biogas Energy. *Bulletin of Advanced Scientific Research*: URL: <http://asdpub.com/index.php/basr/search> (дата звернення 27.03.2020).

16. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Аналіз роботи насосів, що використовуються в біогазових установках. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 139-145.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПОДАЧІ СУБСТРАТУ В МЕТАНТЕНК БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Скляр Р. В.

Анотація

В статті проаналізовані основні способи подачі субстрату в метантенк біогазової установки з метою виявлення переваг та недоліків кожного з них. Отримано, що спосіб подачі субстрату за допомогою резервуару для зберігання має наступні особливості: непроникний для гною, працює з рідким гноем або кількість доданого твердого субстрату невелика; чим вище відсоток вмісту сухої речовини в косубстраті, тим більше робочого часу необхідно буде витратити на його переробку. При аналізі способу непрямой подачі розглянуті варіанти з замивною шахтою, установками для замивання закритого типу та подачею твердих субстратів по трубопроводу під тиском. Особливостями останнього є: можливість одночасного подрібнення, перемішування і змішування з рідиною; подача субстратів може реалізовуватися довільно. Також проаналізовано пряму подачу за допомогою шнекових транспортерів з накопичувальним бункером, реконструйованих мішалок для корму, дозувальних станцій та гідравлічних систем. Особливості такого способу подачі: повинна бути непроникною для рідини (або газу), місце розташування поруч з реактором, можливо вагове дозування.

Ключові слова: біогаз, установка, метантенк, твердий субстрат, резервуар, подача, транспортування, рідина.

АНАЛІЗ СПОСОБОВ ПОДАЧІ СУБСТРАТА В МЕТАНТЕНК БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Скляр Р. В.

Анотація

В статье проанализированы основные способы подачи субстрата в метантенк биогазовой установки с целью выявления преимуществ и недостатков



каждого из них. Получено, что способ подачи субстрата с помощью резервуара для хранения имеет следующие особенности: непроницаемый для навоза, работает с жидким навозом или количество добавленного твердого субстрата небольшое; чем выше процент содержания сухого вещества в косубстрате, тем больше рабочего времени необходимо будет потратить на его переработку. При анализе способа непрямо́й подачи рассмотрены варианты с замывной шахтой, установками для замыывания закрытого типа и подачей твердых субстратов по трубопроводу под давлением. Особенности последнего являются: возможность одновременного измельчения, перемешивания и смешивания с жидкостью; подача субстратов может реализовываться произвольно. Также проанализирована прямая подача с помощью шнековых транспортеров с накопительным бункером, реконструированных мешалок для корма, дозирующих станций и гидравлических систем. Особенности такого способа подачи: должна быть непроницаемой для жидкости (или газа), местоположение рядом с реактором, возможно весовое дозирование.

Ключевые слова: биогаз, установка, метантенк, твердый субстрат, резервуар, подача, транспортировка, жидкость.

ANALYSIS OF METHODS FOR SUBMITTING SUBSTRATE INTO THE METHANE OF THE BIOGAS INSTALLATION

Skliar R.

Summary

The article analyzes the main ways of feeding substrate into the digester of a biogas plant with the aim of identifying advantages and disadvantages of each. Justified the choice of the optimum technique for submission will depend not only on the substrate and its quantity, cost, location and the like, but also on the intentions and the working time of the enterprise Manager. Analyzed the method of delivery of substrate via the storage tank and identified the following features of the implementation: impervious to manure, the gas impermeability is not needed, working with liquid manure or the amount of solid substrate added is small, the cylindrical shape facilitates the mixing processes; the higher the percentage of the dry substance in cosubstrate, the more time must be spent on recycling in the pre-tank storage. If there is kofermenta large quantities of solid substrate in the tank pre-storage you need to add additional (increased) number of liquid substances, with the aim of obtaining suitable for mass flow. In the analysis of the indirect way of submission to the digester variants are considered slivnoy mine, facilities for sumivka closed and the flow of solid substrates through the pipeline under pressure. Problematic for samineh mines is the portion of the flow without the possibility for accumulation with resultant emission of odors during zalivani. The main disadvantage of the supply of solid substrates through the pipeline under pressure is the sensitivity of foreign objects (stones, materials with long fiber, metal parts). Latest features are: simultaneous grinding, mixing and mixing with liquid; the flow of solid substrates can be realized arbitrarily; flow liquid fraction separate pump. Also analyzed the direct supply by means of a screw conveyor with storage hopper, rebuilt mixers for feed, metering stations and hydraulic systems. Features of this method of submission: must be impervious to liquid (or gas), location near the reactor, possibly weighted metering and the like.

Key words: biogas, installation, digester, solid substrate, reservoir, feed, transportation, liquid.