



УДК 331.45

**OCCUPATIONAL SAFETY AT THE OPERATION OF BIOGAS
INSTALLATIONS AT FOOD INDUSTRY ENTERPRISES
БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК НА ПІДПРИЄМСТВАХ
ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Siryk A.O. / Сірик А.О.*c.t.s. / к.т.н.*

ORCID: 0000-0002-5041-7096

Evtushenko O.V. / Євтушенко О.В.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-6773-682X

Maltseva A.V. / Мальцева А.В.*National university of food technologies, Kyiv-33, Volodymyrska str. 68, 01601**Національний університет харчових технологій, Київ-33, вул. Володимирська 68, 01601*

Анотація. У статті розглянуто небезпечні фактори, які можуть становити ризики при виникненні аварійних ситуацій і аварій у ході експлуатації промислових об'єктів з виробництва біогазу. Встановлено, що біогазові установки можуть у багатьох випадках виступати джерелом небезпеки для працівників, так як біогаз включає шкідливі та небезпечні фактори. Запропоновано організаційно-технічні заходи, спрямовані на безпечну експлуатацію біогазових установок, що є одним із найважливіших способів захисту працівників та навколишнього середовища з мінімізацією ризику виникнення аварійних ситуацій.

Ключові слова: біогазові установки, безпека, праця, вибухонебезпека, харчове виробництво.

Вступ.

Виробництво біогазу є однією з безвідходних технологій, яка виконує природоохоронну і ресурсозберігаючу функцію, адже воно не лише не призводить до утворення будь-яких відходів, а й утилізує відходи харчових сільськогосподарських, та інших виробництв.

Згідно даних Європейської Біогазової Асоціації, до 2050 року від 30 до 40% загального споживання газу в Європі може становити біометан. Сукупне виробництво біогазу і біометану у ЄС в 2020 році склало 18 млрд м³ або 191 ТВт/год, і очікується, що в найближчі 9 років цей показник подвоїться. До 2050 року виробництво може зрости як мінімум в п'ять разів і перевищити 1000 ТВт/год, а за деякими оцінками – до 1700 ТВт/год. Сільськогосподарські біогазові і біометанові установки складають лівову частку від загального обсягу виробництва, що в даний час вже перевищує все споживання природного газу Бельгії і становить 4,6% від споживання газу в Європейському Союзі [1].

Виробництво біогазу та отримання енергії відкриває нові економічні й соціальні перспективи, поліпшить ситуацію з енергопостачанням, створить нові робочі місця. Для промислових підприємств безпека праці має важливе значення і полягає у зростанні продуктивності виробництва за допомогою безперервного покращення високопродуктивних умов праці, підвищення безпеки персоналу, зменшення кількості нещасних випадків на виробництві та



професійних захворювань. Це спостерігається у збільшенні ефективності роботи, збереженні трудових ресурсів.

Основний текст.

За останні роки Україна, як учасник Енергетичного співтовариства та на виконання Договору про асоціацію з Європейським Союзом упровадила низку ініціатив, пов'язаних із подальшим розвитком використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Зокрема, уряд України затвердив а також Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року та План заходів з реалізації у 2021-2023 роках Національного плану дій з енергоефективності на період до 2030 року з імплементації Директиви Європейського Парламенту та Ради 2012/27/ЄС від 25 жовтня 2012 року [2]. Цей документ встановлює правила, призначені для усунення бар'єрів на енергетичному ринку та подолання неспроможності ринку, що перешкоджає ефективності постачання та використання енергії, а також передбачає встановлення орієнтовних національних цільових показників енергоефективності на 2020 і 2030 роки [3].

Найбільш комплексно питання широкого використання біогазу розглядаються Біоенергетичною асоціацією України.

Одним із перспективних напрямів енергозбереження в осередку харчових та сільськогосподарських підприємств України є виробництво біогазу, як одного із видів відновлювальних джерел енергії.

В Україні наразі існують заводи, які виробляють біогаз із аграрних відходів, відходів тваринництва, харчової промисловості, сміттєзвалищ тощо [1, 5]. Біогаз має усі переваги, що властиві природному газу. Насамперед, він має більш низьку собівартість, легко транспортується газопроводами, згорає без диму, кіптяви й залишку попелу та шлаку. Запровадження планованої діяльності, що має на меті виробництво альтернативної енергії шляхом анаеробного збродження відходів харчових виробництв, сільського господарства та тваринництва, може забезпечити власні тепло- та електропотреби підприємств, а також може бути реалізоване в мережі електропостачання. Екологічний ефект біогазового виробництва полягає в екологічно безпечній переробці органічних відходів та побічних продуктів тваринного походження, не призначених для споживання людиною, за рахунок зброджування.

Застосування біогазових установок можливе на тих підприємствах, де є достатня кількість субстрату (органічних відходів): відходи бойні на м'ясопереробних підприємствах (кров, жир, кишки); на підприємствах з виробництва пива (пивна дробина); буряковий жом при виробництві цукру; рослинні відходи, силос, зіпріле чи підгниле зерно, та інші відходи харчової промисловості. Харчові відходи заслуговують на увагу, оскільки є енергетичними ресурсами, що сприяють зниженню вартості утилізації, а також захисту навколишнього середовища. Харчові відходи утворюються постійно, їх не потрібно спеціально культивувати і можна ефективно використовувати, оскільки вони є високоенергетичною сировиною для виробництва енергії [6]. Також сировиною для виробництва біогазу є гній великої рогатої худоби і свиней, пташиний послід.



На сьогодні у ЄС забезпечено понад 210 тис. робочих місць у біогазовому та біометановому виробництві. Обидва сектори в сукупності створюють в цілому близько 420 тис. робочих місць до 2030 року і більше мільйона робочих місць до 2050 року [1].

Технологічне рішення щодо підключення біометанового заводу це достатньо нова сфера бізнесу для України і тут відчувається дефіцит кваліфікованих кадрів. Якщо говорити про технологічні рішення для підключення біометанових заводів, то тут також є складнощі із спеціалістами, які зможуть не тільки запропонувати таке технологічне рішення, а й в подальшому обслуговувати його – для цього необхідно мати відповідні знання, досвід та доступ до технологій. [1].

Безпечна експлуатація, пожежо- та вибухозахист біогазової установки є одним із найважливіших способів захисту працівників та навколишнього середовища від серйозного впливу цих факторів. За останні десятиліття активного використання біогазових установок було накопичено значний досвід у забезпеченні надійності та їх безпечної експлуатації. Працівники, які працюють на виробництві біогазової продукції повинні проходити: медичний огляд, навчання та інструктажі з охорони праці та дотримуватися всіх правил, що зазначені в інструкції з охорони праці на робочому місці.

Існує ризик виникнення небезпечної або аварійної ситуації через електричні пристрої, обертові частини, труби та обладнання, що працює під тиском. При проектуванні біогазових установок повинні бути розроблені заходи безпеки виробничого персоналу при роботі з пристроями, автоматичними та спеціалізованими пристроями згідно чинного законодавства України з охорони праці.

Біогазова установка повинна мати датчики аварійного відключення за параметрами: зниження тиску газу нижче мінімального значення; підвищення тиску газу вище максимально допустимого значення; включення датчика обмеження температури; включення датчика аварійного відключення; підключення датчика пожежі або оповіщення газу; контроль роботи системи вентиляції; системи визначення температури, контроль повітря в приміщенні. При витокі газу спрацьовує спеціальний датчик, після цього включається система сповіщення персоналу (звукова або світлова сигналізація) і відбувається аварійне відключення системи біогазової установки.

Біогазові установки можуть у багатьох випадках виступати джерелом небезпеки так як біогаз включає такі елементи: сірководень (H_2S) – безбарвний отруйний газ нервової дії, горючий із неприємним запахом; щільність 1,539 г/л при $0^{\circ}C$ та тиску 760 мм рт. ст., викликає параліч дихання вже за концентрації 1 г/м³, ступінь токсичності – 2, сірководень важчий за повітря і може накопичуватися в підвальних приміщеннях, шахтах, колодязях; вуглекислий газ (CO_2) – безбарвний, інертний, негорючий газ, важчий за повітря, щільність 1,977 г/л при $0^{\circ}C$ при тиску 760 мм рт. ст., накопичується в нижніх ділянках поверхні, підвалах, тунелях, ступінь токсичності – 4, при великих концентраціях викликає кисневе голодування, при отруєнні викликає сонливість, розлади координації руху, втрату свідомості.



Біогаз (суміш газів) – безбарвний горючий газ, щільність 1,2 г/л при 0°C та тиску 760 мм рт. ст., має серйозну небезпеку при ремонтних роботах у підвальних приміщеннях, шахтах, колодязях.

Проходження газу необхідно контролювати рідинним гідрозатвором. Під час експлуатації місця витоку газу необхідно шукати тільки за допомогою піноутворюючих розчинів.

Неочищений біогаз є дуже отруйною речовиною для працівника через наявність у ньому сірководню, який має сильну токсичну дію і викликає задишку. Біогаз навіть після обробки без сірки може призвести до смерті через нестачу кисню [4]. Газ метан, у свою чергу, негативно впливає на центральну нервову систему, пригнічує її роботу і координацію рухів. Він небезпечний при концентрації більше 5%.

Токсичність біогазу і вибухонебезпечність – це два фактори, які повинні враховуватися експлуатації біогазових установок. Ризик вибуху метану, при змішуванні метану з повітрям у пропорції 5-15% об'єму.

Суміш газу з повітрям, що має вибуховість у певних межах, вибухає при зовнішньому джерелі енергії (вогнь, електрична іскра) певної потужності, вище температури самозаймання газ починає окислюватися, і цей процес набуває вибухового характеру (табл. 1).

Таблиця 1 – Характеристика вибухо- та пожежонебезпечних газів

№	Назва газу	Характеристика вибухо-та пожежонебезпечки
1	Водень	Найбільшу вибухонебезпечність водень має при об'ємному відношенні водню і кисню 2:1, або водню та повітря приблизно 2:5, оскільки в повітрі міститься приблизно 21 % кисню. Також водень пожежонебезпечний. Рідкий водень при потраплянні на шкіру може викликати сильне обмороження
2	Метан	З повітрям метан утворює вибухові суміші. При вмісті в повітрі до 5...6 % метан горить біля джерела тепла (температура запалення 650...750 °С), при вмісті 5...15,2 (16)% – вибухає, понад 16 % – може горіти при припливі кисню, зниження при цьому концентрації метану вибухонебезпечне.
3	Сірководень	Горючий газ, межі спалахування 4,3%...45,5%, температура самозаймання – 290°C. Пари в замкнених об'ємах утворюють вибухонебезпечні концентрації.

При виконанні робіт, що спрямовані на охорону праці персоналу біогазових комплексів необхідно дотримуватися норм безпеки роботи на підприємствах відповідно до НПАОП 01.0-1.02-18 "Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві", а також – передбачені правилами техніки безпеки експлуатації біогазових установок.

Розміщення ферментаторів та інших споруд на плані підприємства повинні відповідати вимогам ДБН Б.2.2-12:2019 "Планування і забудова територій", ДБН В.2.5-20-2018 "Газопостачання" та ВНТП-АПК-09.06 "Система видалення, обробки, підготовки та використання гною".

Щоб гарантувати безпеку персоналу необхідно встановлювати обладнання, що сповіщає про небезпеку вибуху газів.

На видних місцях необхідно встановити первинні засоби пожежогасіння, що призначені для певних категорій приміщень за вибухопожежною та пожежною безпекою згідно ДБН В.1.1-7:2016 та ДСТУ Б В.1.1-4, а саме: ферментатор – В; резервуари з/б – Д; технічні приміщення – Д.



Вибухонебезпечні зони: територія в радіусі 1,0 метра навколо газової системи, горловини вивідного трубопроводу і на відстані 5,0 метрів від накопичувача газу (газгольдера) і резервуара для бродіння (ферментатора), вважаються вибухонебезпечними.

В межах цих зон все електрообладнання та техніка виконуються в вибухозахищеному варіанті.

У разі виникнення аварійних ситуацій, необхідно передбачити протипожежні заходи згідно вимог ДБН В.2.5-74:2013.

Висновки.

На основі проведеного аналізу, з метою мінімізації ризику виникнення аварійних ситуацій і аварій у ході експлуатації об'єктів з виробництва біогазу необхідно передбачити ряд організаційно-технічних заходів з безпеки праці: проводити систематичну діагностику стану обладнання із застосуванням сучасних технічних засобів; проводити щорічне планування робіт щодо підвищення промислової безпеки (покращення умов праці працівників, оснащення їх сучасними й безпечними засобами праці, підтримання в відповідному стані потенційно небезпечні зони робочих ділянок); проводити планування засобів щодо забезпечення пожежної безпеки; впровадження заходів щодо забезпечення безаварійної й безпечної роботи в несприятливих погодних умовах; проводити розробку і своєчасне коригування планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій, графіків учбових тренувань з опрацюванням дій на випадок аварійної ситуації (аварії); проводити систематичне навчання персоналу методам, способам, засобам забезпечення безпеки виробничого процесу і безпечних умов праці (в тому числі підвищення кваліфікації й перепідготовка кадрів) з обов'язковою перевіркою знань. У випадку аварійної ситуації для максимального зменшення збитків необхідно: оперативно виявити джерело забруднення навколишнього природного середовища; знайти можливість як найшвидшого усунення аварійної ситуації і недопущення переходу в катастрофічну.

Література:

1. Гоцик І. Біометан – європейський досвід та українські реалії. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ua.interfax.com.ua/news/blog/783840.html>
2. Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2021 р. № 1803-р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1803-2021-%D1%80#Text>.
3. Директива Європейського парламенту і ради 2012/27/ЄС від 25 жовтня 2012 року. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_017-12#n89
4. Эдэр, Б. Биогазовые установки. Практическое пособие / Б. Эдэр, Х. Шульц. – Германия: Издательство им. И. А. Реддиха, – 2011. – с. 268.
5. Kovalenko V. The methodology of determining the efficiency of using biogas mixtures in industrial furnace installations / V. Kovalenko, A. Cheilytko // Polish



journal of science. Warszawa, Poland, 2019. – №19 (VOL. 1). – P. 39 – 42.

6. Токарчук Д. М. Перспективи використання відходів рослинництва на виробництво біогазу в Україні / Д. М. Токарчук, Н. В. Пришляк, Я. В. Паламаренко// Агросвіт, 2020, – № 22, – С. 51-57.

Abstract. *The article considers the dangerous factors that can pose risks in the event of accidents and accidents during the operation of industrial facilities for biogas production. It has been established that biogas plants can in many cases be a source of danger for workers, as biogas includes harmful and hazardous factors. Organizational and technical measures aimed at safe operation of biogas plants are proposed, which is one of the most important ways to protect workers and the environment while minimizing the risk of emergencies.*

Key words: *biogas plants, safety, labor, explosion hazard, food production.*

Стаття відправлена: 23.01.2022 р.

© Сірик А.О., Євтушенко О.В., Мальцева А.В.