

УДК 504.064.4

*Пічугін С. Ф., д. т. н., професор, Оксененко К. О., аспірант,  
Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка»,  
м. Полтава, Україна*

## **ПЕРСПЕКТИВНЕ РІШЕННЯ ФЕРМЕНТЕРІВ У СКЛАДІ ВИРОБНИЦТВ БІОЕТАНОЛА**

У реаліях сьогодення, агропромисловий комплекс України зазнає значних втрат за умов воєнного стану. За даними на травень 2022 р Україна вже втратила майже 13 млн т елеваторних потужностей, частина зерноскладів повністю зруйнована, частина опинилася на окупованих територіях. Це призвело до великого дефіциту ємкостей зберігання сільськогосподарських культур. Одним із рішень цієї проблеми є запозичення досвіду США, а саме перехід до малих елеваторів та використання мобільних споруд, що дозволить фермерам зберігати агропродукцію у власних господарствах та упорядкувати її реалізацію [1]. Однак залишається питання зі зберіганням зернових залишків та неякісного зерна, яке надходить із полів. У цій ситуації, поруч із потужностями зберігання збіжжя, перспективною стає переробка сільськогосподарських культур та їх відходів. Закордонний досвід показує, що неякісне зерно краще переробити на біоетанол. Враховуючи паливну кризу, така переробка стає все більш актуальною [2].

Біоетанол – це звичайний етиловий (винний) спирт, отримуваний під час перероблення рослинної сировини, головним чином заради використання його як палива. Історія рідкого біопалива почалася ще в дев'ятнадцятому столітті. Етанол, синтезований з біомаси, вважається паливом для автомобілів з тих пір, як була започаткована автомобільна промисловість. Одним із перших винахідників був Семюель Морі, який у 1826 році розробив модель двигуна, що міг працювати на спирті і скипидарі. В 1876 німецький винахідник Ніколас Отто створив перший у світі чотирьохтактний двигун внутрішнього згоряння, який працював на біоетанолі. Переваги біоетанолу оцінили ще в 1908 р., коли Генрі Форд випустив свою знамениту «Модель Т», двигун якої працював на етанолі. Форд вважав використання спирту вигідним не тільки з технічної, але і з економічної точки зору.

Переваги біоетанолу як автомобільного палива:

– зменшення утворення нагару і зниження кількості шкідливих речовин;

– біоетанол є поновлюваним ресурсом і практично нейтральним як джерело парникових газів. Під час отримання й наступного згоряння біоетанолу виділяється стільки ж CO<sub>2</sub>, скільки було вилучено з атмосфери використаними для його виробництва рослинами.;

– зниження токсичність вихлопу на 21%;

– присутній в етанолі кисень дозволяє повніше спалювати вуглеводні палива;

– 10% етанолу в бензині дозволяють скоротити викиди твердих частинок на 50%, CO<sub>2</sub> – на 30%. За наявного виробництва спиртового палива це еквівалентно зникненню з доріг 1 млн автомобілів щорічно;

– біоетанол є біологічно розкладаваним, він не забруднює природні водні системи.

Сьогодні більшу частку біоетанолу виробляють із кукурудзи (США) і цукрової тростини (Бразилія), хоча сировиною для його одержання можуть бути будь-які сільськогосподарські культури з великим змістом крохмалю чи цукру: рис, сорго, ячмінь, картопля, цукрові буряки, батат. Великий потенціал має маниока, яку у великій кількості виробляють Китай, Нігерія, Таїланд.

Найбільш затребуваними для виробництва біоетанолу зерновими культурами є: кукурудза (410 л/т), пшениця (375 л/т), ячмінь (330 л/т), жито (357 л/т), в дужках вказано кількість отримання біоетанолу в літрах з тони продукції [3].

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал біоетанолу в Україні є еквівалентним 606 тис. т. н. е. Найбільший його потенціал зосереджений у Вінницькій, Сумській, Чернігівській, Полтавській областях, де він становить понад 250 тис. т. н. е./рік [4].

Концепція виробництва біоетанолу в Україні може включати кілька напрямків: реконструкцію існуючих спиртових заводів; дооснащення існуючих цукрових заводів технологічними лініями; спорудження нових технологічних ліній великої та малої потужності.

Сучасна промислова технологія отримання етилового спирту з харчової сировини складається з таких стадій:

– підготовки й подрібнення сировини;

– ферментування;

– ректифікування браги.

Ферментування сировини є одним із найважливіших процесів виробництва біоетанолу. Тому до конструкцій, в яких відбуваються ці процеси, висуваються жорсткі вимоги щодо надійності та міцності.

Ферментери являють собою залізобетонні або металеві резервуари з теплоізоляційним покриттям. Резервуари можуть бути циліндричними з конусним днищем і конічним або сферичним перекриттям, а також можуть

бути кулястої, яйцевидної форми. Часто, для кращої теплоізоляції, ферментери влаштовують заглибленими в землю або обволікають землею [5, 6].

Перспективним рішенням легкої та герметичної ємності ферментера є металеві резервуари спірально-фальцевого типу. Спірально-фальцевий резервуар має циліндричний корпус, який являє собою систему спірального з'єднання сталевих стрічки шляхом подвійного вальцювання. Монтаж конструкції відбувається за допомогою автоматизованої формувальної установки, за технологією німецької компанії Lipp GmbH [7].

Наприкінці 1980-х років був створений перший ферментер спірально-фальцевого типу. З того часу компанія невпинно удосконалює свої конструкції в сфері біоенергетики.

Однією з останніх розробок є ферментер із зовнішнім нагрівом та центральним перемішувачем. Об'єм конструкції варіюється від 100 м<sup>3</sup> до 7000 м<sup>3</sup>. Основна частина резервуару виконана з нержавіючої сталі (Verinox) та оснащена центральною мішалкою. Гладкі внутрішні стінки також зменшують утворення відкладень у конструкції. Особливістю цього резервуару є мембранний дах із нержавіючої сталі, який не має болтів. Конструкція даху щільно прилягає до краю резервуару за допомогою спеціального профілю, не вимагаючи болтових з'єднань. При необхідності, ззовні ферментера можна встановити обігрів та ізоляцію, що підвищує енергоефективність.



Рисунок 1 – Ферментер спірально-фальцевого типу

**Висновки.** В реаліях сьогодення, агропромисловий комплекс України зазнає змін. Стратегія розвитку галузі зберігання зерна в воєнний та післявоєнний період – перехід до будівництва малих елеваторів, використання мобільних елеваторів. Ефективним рішенням для неякісного зерна є не зберігання, а переробка його на біоетанол. Саме спорудження

нових технологічних ліній малої потужності на фермерських угіддях, є перспективним напрямом у виробництві біоетанолу.

Перспективним рішенням легкої та герметичної ємності ферментера є металевий резервуар спіраль-но-фальцевого типу.

### **Використані інформаційні джерела:**

1. Пічугін С. Ф., Оксененко К. О. Модульний склад шатрового типу для тимчасового зберігання зерна. Тези 74-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Том 1.: Зб. матеріалів, м. Полтава, 25 квіт. – 21 трав. 2022 р. С. 106–107.

2. Agravery [Інтернет ресурс]. –Режим доступу – <https://agravery.com>.

3. Колосов О. Є., Рябцев Г. Л., Сівецький В. І., Сідоров Д. Е., Пристайлов С. О. Високоєфективні засоби приготування біопалива. К. : Січкара, 2010. 152 с.

4. Біоенергетика: Курс лекцій. Частина 1 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: М. О. Будько. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 109 с.

5. Пічугін С., Оксененко К., Сталеві спіраль-но-фальцеві конструкції у складі біоенергетичних комплексів. Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022: колективна монографія Полтава – Львів : НУПП імені Юрія Кондратюка, НУ «Львівська політехніка». Дніпро, 470–484 (2022).

6. Пічугін С., Оксененко К. Метантенк – металевий спіраль-но-фальцевий резервуар – у складі біоенергетичних об'єктів. Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022: зб. матеріалів I міжнародної науково-практичної конференції: м. Полтава – Львів, 26–27 трав. 2022 р. Полтава, 2022. С. 483–485.

7. Xaver Lipp [ Інтернет ресурс ]. – Режим доступу – <https://xaver-lipp.com/>.