УДК 621.78.012:631.11

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ З ВИКОРИСТАННЯ ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

М. Луценко д-р с.-г. наук, проф., **О. Тонковид,**
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Розглянуто техніко-технологічні рішення ефективного застосування біомаси та перспективних технологій з накопичення, перетворення і використання низькопотенційної теплової енергії для енергозабезпечення сільськогосподарських виробничих процесів.

Ключові слова: *енергозабезпечення, поновлювані джерела енергії, енергія біомаси, низькопотенційна теплова енергія.*

Суть проблеми та аналіз досліджень і публікацій

Україна є однією з енерго-дефіцитних країн, яка може задовольнити свої потреби в паливно-енергетичних ресурсах за рахунок власного видобутку майже на 50 %. У той же час, ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів в Україні дуже низька, а енергоємність валового внутрішнього продукту в три-п’ять разів вища, ніж у розвинених країнах світу.

Особливо актуальною є проблема енергозабезпечення агропромислового комплексу (АПК), який є не лише вагомим споживачем енергоносіїв, а також виробником біомаси в процесі застосування традиційних сільськогосподарських технологій.

У нинішній ситуації дефіциту та зростання цін на традиційні види палив головними чинниками ефективного розвитку сільськогосподарського виробництва повинні бути розроблення і впровадження енергоощадних технологій виробництва сільськогосподарської продукції та використання в технологічних процесах поновлюваних джерел енергії (ПДЕ), і в першу чергу – енергії біомаси, яка є результатом природного процесу сезонного накопичення сонячної енергії завдяки фотосинтезу.

Найбільш поширеними методами використання біомаси для енергозабезпечення сільськогосподарських технологічних процесів є пряме спалювання сухої біомаси, анаеробна ферментація вологої біомаси і відходів тваринницва для отримання біогазу, а також конверсія біомаси в рідкі і газоподібні біопалива, які можуть бути ефективно використані для отримання теплової, механічної та електричної енергії.

Приведені технології використання біомаси для енергозабезпечення сільськогосподарських виробничих процесів мають як позитивні так і негативні аспекти в застосуванні.

Найпростіше біомаса та продукти її переробки – пресована солома, деревні гранули, брикети та інше може бути використано для отримання теплової енергії. Однак з погляду підготовки і перероблення біомаси в інші джерела енергії (палива) у багатьох випадках може бути доцільним її використання для отримання біогазу, біоетанолу та окису вуглецю. У даний час найбільш розповсюдженими споживачами цих видів палива для виробництва механічної енергії є теплові двигуни внутрішнього згорання.

Біогазові технології дозволяють найраціональніше і ефективно перетворювати енергію хімічних зв'язків органічних відходів сільськогосподарського виробництва в енергію хімічних зв'язків газоподібних палив та ефективних органічних добрив. Основна частка потенціалу біомаси зконцентрована у відходах тваринництва (до 80 %).

Енергетичний чинник при утилізації відходів тваринництва характеризується такими показниками: В процесі ферментації 1 тонни органічної речовини можна отримати 350 - 500 м^3 біогазу з теплотою згорання 4300 - 6000 ккал/нм^3, що еквівалентно 0,6 - 0,8 тонн умовного палива.

Такаж відомо, що одним з найбільш ефективних шляхів використання біогазу є його когенерація у електричну і теплову енергію. Для комбінованого виробництва теплової і електричної енергії використовується когенераційне устаткування з газовим двигуном і електрогенератором змінного струму. Під час охолодження двигуна і його вихлопних газів отримується теплова енергія. Співвідношення теплової і електричної енергії теоретично досягає 2:1. При комбінованому виробництві теплової і електричної енергії може бути досягнута найвища ефективність перетворення енергії біогазу. Загальний коефіцієнт корисної дії когенераційного устаткування знаходиться в межах 85-90 % за використанням енергії біогазу.

Залишаються також актуальними інші техніко-технологічних рішення щодо підвищення ефективності енергозабезпечення основних сільськогосподарських технологічних процесів. Так, на даному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва майже не використовуються палива з біомаси – біодизель, біоетанол, а також піролізний газ за наявності відпрацюваних технологій їх виробництва.

Проте, використання поновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві має цілу низку особливостей, які в свою чергу обумовлюють прийнятні та перспективні напрямки подальшого розвитку енергозабезпечення на основі ПДЕ. Так, наприклад, зростання обсягів використання енергії біомаси на часткове забезпечення енергетичних потреб суспільства вже сьогодні призвело до цілої низки екологічних і соціально-економічних

проблем глобального масштабу. Використання значних площ ріллі для вирощування олійних культур, зокрема ріпаку, викликало зменшення площ під традиційні харчові культури, що, в свою чергу, призвело до зменшення обсягів виробництва продуктів харчування та їх подорожчання на світовому ринку на 10-50 %. Вирощування біомаси тополиних на енергетичні потреби на півдні Франції та Іспанії призвело до зменшення виробництва продукції виноградарства та значного падіння родючості ґрунтів (більше 10 % за один п'ятирічний цикл вирощування тополі). Неконтрольоване використання рослинної біомаси для виробництва біогазу в побутових біогазових установках у південних провінціях Китаю призвело до значного підвищення ерозії ґрунтів і, як наслідок, до зменшення їх родючості.

В умовах вирішення проблем ефективного і екологічно безпечного енергозабезпечення сільськогосподарського виробництва на особливу увагу заслуговують перспективні техніко-технологічні рішення використання первинного джерела енергії на Землі – сонячного випромінювання. З точки зору мінімального впливу на біосферу перспективними є технології прямої конверсії сонячного випромінювання в інші види потенційної енергії, яка може бути використана в необхідний період часу. Такими перспективними технологіями на даний час є застосування сонячних теплових колекторів, фотоелектричних перетворювачів і сорбційних теплових насосів з акумуляторами і рекуператорами теплової енергії, які можуть значно підвищити енергоефективність сільськогосподарських технологічних процесів (до 30 %) в системах комбінованого і автономного енергозабезпечення.

Тому дослідження ефективності енергозабезпечення основних сільськогосподарських технологічних процесів на основі впровадження перспективних техніко-технологічних рішень з використанням ПДЕ та технічних засобів з когенерації, тригенерації, рекуперації і акумулювання енергії мають вагоме техніко-економічне та екологічне значення.

Мета досліджень – оцінити ефективність енергозабезпечення основних сільськогосподарських технологічних процесів на основі викорис-тання поновлюваних джерел енергії і перспективних технологій з накопичення, перетворення і використання низькопотенційної теплової енергії.

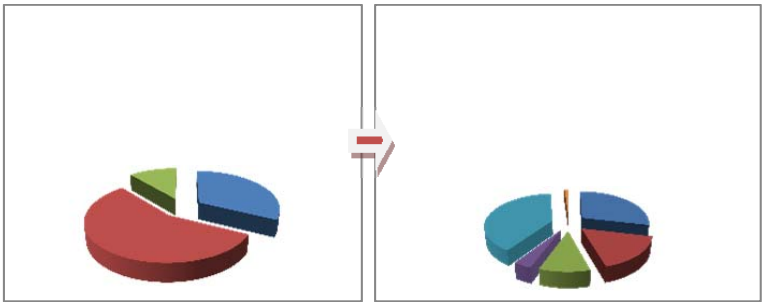
Результати досліджень

Аналіз енергозабезпечення технологічних процесів у сільськогосподарському виробництві надав можливість визначення структури та обсягів використання основних енергетичних ресурсів під час виробництва сільськогосподарської продукції і розробки пропозицій з енергозбереження на основі впровадження нових технологічних рішень з використання біомаси тригенерації, рекуперації і акумулювання енергії.

Об'єкт досліджень – основні технологічні процеси в тваринництві з виробництва молока – біотехнологічний комплекс, що фукціонує за рахунок впровадження сучасних технічних рішень з конверсії відходів тваринництва в біогаз і застосуванням когенерації його енергії.

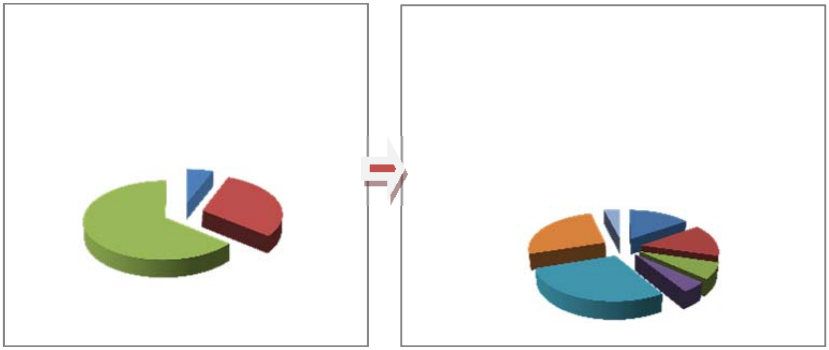
Основною особливістю енергозабезпечення технологічних процесів з виробництва молока є переробка біологічних відходів тваринництва (гною великої рогатої худоби – ВРХ) в біогаз, який використовується в когенераційному устаткуванні, що виробляє електричну і теплову енергію для технологічних потреб.

За даними використання енергоресурсів в технологічних процесах з виробництва молока побудовані діаграми енергобалансів технології з використанням традиційних видів енергії і з переробкою відходів ВРХ в біогаз та його подальше використання на енергетичні потреби виробництва молока (рис. 1, 2).



Надходження енергії (4055 ГДж) Витрати енергії (4055 ГДж)

Рисунок 1 – **Енергобаланс технології виробництва молока з використанням традиційних видів енергії**



Надходження енергії (7628 ГДж) Витрати енергії (7628 ГДж)

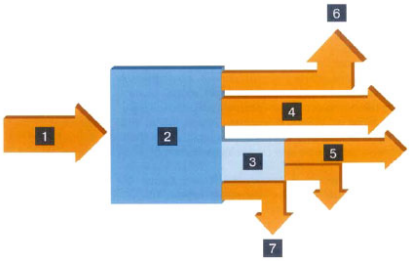
Рисунок 2 – **Енергобаланс технології виробництва молока з виробництвом біогазу на енергетичні потреби**

Примітка: Під час виробництва електроенергії синхронним генератором у складі когенераційного устаткування використовується режим компенсації реактивної потужності, що дозволяє понизити втрати електроенергії. Тому у витратній частині енергобалансу (рис. 2) втрати електроенергії відсутні.

Таким чином, дослідження технології виробництва молока з переробкою відходів ВРХ в біогаз та виробленням теплової і електричної енергії, включаючи витрати енергії на їх виробництво 886 ГДж, показали, що загальні витрати енергії за рік на виробництво молока зростають до 3145 ГДж (41 %), втрати енергії (рис 2) також зростають до 2188 ГДж (29 %), а надлишки енергії досягають 2295 ГДж, що становить 30 % від загального надходження енергії 7628 ГДж. При цьому показник ефективності використання енергії в технології виробництва молока знижується до 41,2 % за рахунок невикористаних надлишків енергії – 2295 ГДж, з яких 1990 ГДж – теплова енергія з температурним потенціалом від +75 до +80 ˚С. У разі використання цієї енергії для енергозабезпечення технологічних процесів виробництва молока з коефіцієнтом перетворення 0,8 загальна енергоефективність технології з використанням біогазу може досягати значення 54,3 %.

Технологічні рішення з енергозбереження

З метою раціонального використання енергії розглянутої біогазової автономної енергосистеми і технологічного устаткування тваринницького біотехнологічного комплексу можлива оптимізація режимів їхньої роботи на основі впровадження системи тригенерації (комбіноване виробництво тепла, холоду і електроенергії), що є найбільш раціональним і ефективним способом використання як традиційних, так і поновлюваних джерел енергії в технологічних процесах.



1 – паливо (біогаз); 2 – тригенерація; 3 – тепло; 4 – електроенергія; 5 – холод; 6 – втрати тепла; 7 – втрати енергії під час передачі

Рисунок 3 – **Схема утворення трьох форм енергії в процесі тригенерації**

Виграш від впровадження систем тригенерації полягає, головним чином, в економії енергоресурсів і, як наслідок, – у скороченні викидів в атмосферу забруднюючих речовин. У порівнянні з іншими технологіями загальна ефективність систем тригенерації набагато вища, тому економія енергоресурсів з їх використанням може досяти 60 %. Наприклад, у такого об’єкта, як молочна ферма, є одночасна і постійна потреба в істотних обсягах електричної енергії, енергії для охолодження молока і теплової енергії для опалювання приміщень та підігріву води. Кращі моделі систем тригенерації

при випробуваннях показали високу загальну продуктивність – до 86 %, частина з якої – 42 % використовується на електричну енергію.

Зокрема, реалізація систем тригенерації на основі поєднання когенерації з холодильними агрегатами типу абсорбції є вдалим виходом з ситуації, коли необхідно забезпечити регенерацію і перетворення надмірного тепла в енергію охолодження, що, як правило, спостерігається в технологічному процесі виробництва молока.

На рис. 4 наведено просту схему типового водоаміачного холодильного устаткування абсорбції NH_3 періодичної дії. Дане устаткування працює в трьох режимах: зарядка; зберігання; розрядка.

У режимі зарядки теплова енергія, що надходить від різних поновлюваних джерел (біогаз, когенераційне устаткування і т. п.), підсумовується і передається абсорберу з розчиненим у воді аміаком.

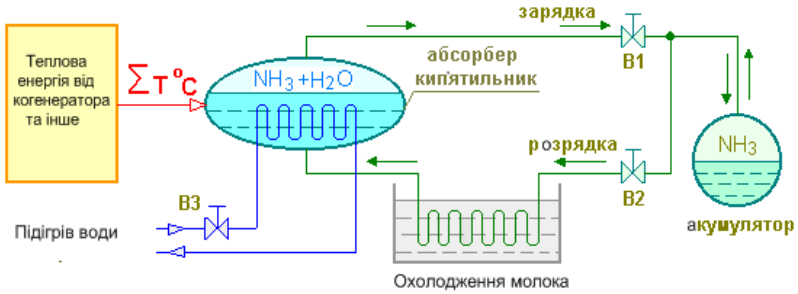


Рисунок 4 – **Типове водоаміачне холодильне устаткування періодичної дії на основі абсорбції NH_3**

Сумарна теплова енергія в абсорбері (кип'ятильнику) випаровує аміак і він через вентиль В1 починає надходити в герметичну ємність (акумулятор). Вентиль В2 в режимі зарядки закритий. Кип'ятильник при нагріванні працює як компресор і нагнітає аміак. У одному літрі води може знаходитися до 1170 літрів аміаку, досягнувши тиску близько 10 атмосфер за температури 20 ˚С аміак починає зріджуватися. Отже, при достатньо компактному кип'ятильнику і акумуляторі можна запастися досить великою кількістю енергії.

У режимі зберігання обидва вентилі закрито. Енергія, отримана від згорання біогазу, роботи когенераційного устаткування і т. п., може зберігатися в акумуляторі у вигляді рідкого газу (NH_3) під тиском достатньо довго.

У режимі розрядки потрібно відкрити вентиль В3, холодна водопровідна вода починає охолоджувати абсорбер і при цьому її температура зростає. Одночасно потрібно відкрити і вентиль В2, через який аміак почне надходити назад в абсорбер і розчинятися в охолодженій воді. Аміак кипить при

температурі мінус 35 ˚С, а отже, таке кипіння доцільне при охолодженні молока. Підігріту абсорбером воду можна використовувати на потреби тварин.

У наведеній пропозиції доцільно застосувати систему автоматичного керування циклічним режимом роботи даного устаткування. Таке устаткування може охолоджувати не лише молоко, а й повітря, і тим самим працювати як кондиціонер. Якщо на шляху киплячого аміаку встановити пневмодвигун з водяним насосом, то в режимі розрядки можна подавати підігріту воду на технологічні потреби тваринництва без використання електроенергії.

Таким чином, система потрійної дії – тригенерація є ефективним технічним рішенням для виконання вимог енергозбереження в технологічних процесах виробництва молока з ефективним використанням електричної, теплової та енергії охолодження.

Висновки

Енергоефективність сільськогосподарських технологічних процесів залежить від стану енергозбереження, ефективності використання поновлюваних джерел енергії, наявності технологій переробки відходів виробництва на енергетичні потреби та технічних рішень з оптимізації сумісного (комбінованого) використання різних видів енергії.

Технологія виробництва молока з переробкою відходів виробництва в біогаз надає можливість значної економії традиційних видів енергії (електроенергії – до 100 %).

Істотним чинником, який негативно впливає на енергоефективність технології виробництва молока, є низький коефіцієнт використання енергії дизельного палива мобільними енергозасобами, що не перевищує 30 %.

Підвищення енергоефективності технології виробництва молока вище 55,7 % можливе завдяки впровадженню системи тригенерації та рекуперації енергії на основі сорбційних перетворювачів, що є ефективним технічним рішенням для виконання вимог енергозбереження та ефективного використання різних видів енергії.

Література

1. Розробка наукових засад формування комбінованої системи використання поновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві: Звіт НДР, УДК 63:621.548:621.471:622.761, КП 74.10.14 № держреєстрації 0109U009104, УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – с 75.

2. Обгрунтування, розробка і впровадження енергетично збалансованого і екологічно безпечного технологічного комплексу з виробництва молока: Звіт НДР, УДК 637.02, КП 73.10.14 № держреєстрації 0109U006436, УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – с 201.

3. Розробка методологічних основ і процедур енергоаудиту в АПК: Звіт НДР, УДК 631.171.004.18, КП 74.10.14 № держреєстрації 0110U004899, УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – с 79.

4. Протокол державних інформаційних випробувань біогазової установки з реактором **LIPP-KomBio** № 1209/126-01-09 від 26 листопада 2009 р., УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – с 12.

5. ДСТУ 4714:2007 Енергозбереження. Палівно-енергетичні баланси промислових підприємств. Методика побудови та аналізу.

6. ДСТУ 3755–98 Енергозбереження. Номенклатура показників енергоефективності та порядок їхнього внесення у нормативну документацію.

7. Інтернет-ресурс: http://energy-tek.ru/trigeneraciya/

Аннотация

Рассмотрены технико-технологические решения эффективного применения биомассы и перспективных технологий накопления, превращения и использования низькопотенциальной тепловой энергии для энергообеспечения сельскохозяйственных производственных процессов.

Summary

The technical and technological solutions for effective application of advanced technologies and biomass accumulation, transformation and use of energy for thermal energy of agricultural productive processes.