

УДК 620.95:631.17

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА І ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВ

Голуб Г.А., д.т.н.,
Віршовка В.О., інж.,
Чуба В.В. інж.
ІНЦ “ІМЕСГ” НААН України
Кучик Н.Г., асп.
НУБіП

Анотація - приведено інженерні проблеми виробництва і використання біопалив в АПК, виконано аналіз ефективності та напрямки їх використання. Визначено шляхи та способи розв’язання цих проблем.

Ключові слова – біологічне паливо, біомаса, солома, біодизельн пальне, моделювання

Постановка проблеми. Введення в енергетичний баланс України біологічних видів палива, які за своєю природою є поновлюваними ресурсами акумульованої сонячної енергії – одне з актуальних завдань сьогодення. Це дасть змогу зменшити використання викопних неоновлюваних джерел енергії, забруднення природного середовища токсичними речовинами та парниковими газами. Поширення використання біологічних видів палива зумовлює необхідність збалансування харчових, сировинних та енергетичних потреб суспільства з можливостями агроценозів при одночасному акумулюванні сонячної енергії у вигляді гумусу та утриманні й розширенні біологічного різноманіття біоценозів

Аналіз останніх досліджень.. Інститутом рослинництва ім. В.Я. Юр’єва спільно з іншими установами НААНУ виконується науково-технічна програма “Біосировина”, яка передбачає розробку теоретичних основ селекції, вдосконалення технологій селекційного процесу та розробку зональних технологій вирощування польових культур, що використовуються як біосировина. Це надзвичайно важливий напрям робіт, однак без розробки сучасного технічного забезпечення реалізацію виробництва і використання біопалив у промислових масштабах реалізувати неможливо [1, 2].

Україна виробляє теплогенератори з повітряним теплоносієм

для спалювання соломи, які можна агрегатувати з сушарками та використовувати для опалення теплиць й виробничих приміщень (теплогенератори типу ТГС виробництва ВАТ “Бриг” Миколаївської обл.), водонагрівальні котли для обігріву виробничих приміщень та соціально-культурних об’єктів (котли типу RAU виробництва ВАТ “Південтеплоенергомаш” Рівненської обл., що випускаються по ліцензії датської фірми “Passot Energi”), котли-теплогенератори для спалювання відходів деревообробки (теплогенератори типу ТГУ виробництва АТ “Макагротех” Київської обл. та типу “Дракон” виробництва ТОВ “Українські технологічні системи” Тернопільської області). Іншим напрямом використання рослинної біомаси як енергоносія є спалювання її в ущільненому стані у вигляді гранул чи брикетів, що робить процес спалювання більш повільним (у 5-6 разів порівняно з подрібненою та ущільненою масою) і контрольованим щодо викиду летких сполук і димових газів в атмосферу.

Враховуючи, що промисловістю України освоєно випуск пресового та спеціального технологічного обладнання (завод “Пресмаш” м. Івано-Франківськ, ЗАТ “Черкаселеватормаш” м. Черкаси) стає можливою реалізація пілотних проектів міні-заводів з виробництва брикетів чи гранул зі збагаченої паливної біомаси теплотворною здатністю 18 – 30 МДж/кг безпосередньо на місці накопичення сировини та її реалізації при незначних транспортних витратах. В Україні виробляють обладнання для отримання рослинних олій на харчові цілі, яке також може бути використано в процесі виробництва біопалива. Промисловістю України освоєно випуск обладнання для одержання та фільтрації рослинних олій (ЗАТ УкрЕкспоПроцес, м. Київ, ВАТ РОСС м. Харків, НВП “EXTRUDER” м. Харків, ТАН м. Чернігів). Також в Україні існує ряд підприємств (НВП “ТРЕНД”, ТОВ “Елерон”, ТОВ “УкрБіоЕнергія”, ЗАТ “ПОРЦЕЛАКІНВЕСТ”, ТОВ “Інженерно-технологічний центр “ТЕКМАШ” у м. Києві, ЗАТ “Лубенський ремонтний завод” у м. Лубни, “ТАН” у м. Чернігів, BIODIESEL DNEPR у м. Дніпропетровську, ЗАТ “ТЕПЛОДАР” у м. Полтаві та ін.) з виготовлення обладнання для отримання метилових ефірів, а також продажу зарубіжного обладнання. В існуючих комплектах обладнання, зазвичай, використовуються вертикальні змішувачі та відстійники періодичної дії.

Одним з напрямів забезпечення сільськогосподарських підприємств горючим газом є впровадження сучасних біогазових установок. Зарубіжний досвід експлуатації біогазових установок, яких у Європейському Союзі функціонує більше 4 тис. шт., підтвердив їх істотний внесок в енергозабезпечення агропромислового виробництва. Нині в Україні діють дві біогазових установки в Дніпропетровській і Запорі-

зькій областях. Їх продуктивність становить 4 тис. м³ біогазу за добу, що забезпечує потреби лише господарств, в яких вони змонтовані.

Результати досліджень. Загальновідомо, що зернові культури, які є основними продуцентами вегетативної маси, традиційно займають у структурі посівів від 40 до 55 %. Нами були отриманні емпіричні залежності для визначення теплоти згоряння різних видів соломи. Однак, для обґрунтування використання рослинної біомаси для окремого регіону або держави в цілому, теплоту згорання соломи доцільно визначати із урахуванням вагомості обсягів соломи конкретного виду. Однак, у практиці застосування соломи як палива, отримати розрахунковий рівень теплоти згоряння, як правило, не вдається, що обумовлено, в основному, втратою летких сполук з димовими газами. Умови спалювання соломи визначають коефіцієнтом корисної дії, який для існуючих топків котлів і теплогенераторів, що випускаються в Україні становить від 0,75 до 0,84 відн. од. Із урахуванням цього, кількість тепла, отриманого при спалюванні соломи, буде меншою приблизно у 2 рази, ніж при спалюванні кам'яного вугілля та у 3 рази, ніж при спалюванні природного газу. Частина соломи під час збирання зернових втрачається на полях (стерня та втрачена солома). Зібрана ж солома повинна бути у першу чергу направлена на кормові цілі та на підстилку для отримання органічних добрив. Інша частина соломи та стебел має бути направлена на підтримання родючості ґрунтів (шляхом залишення у подрібненому вигляді на полях або виробництва компостів), а вже її залишок – на теплові потреби. Тому серйозною проблемою є визначення обсягів рослинної біомаси, яка може бути задіяна на теплові потреби без шкоди для відтворення родючості ґрунтів. Загалом існують методики, що дозволяють розрахувати баланс гумусу в сівозміні. Рівень оцінки обсягів рослинної біомаси для теплових потреб згідно даних методик може коливатися від 30 до 100 % від загальної кількості. Це пов'язано із невизначеністю показників мінералізації гумусу культурами сівозміни, показників виходу сухої маси кореневих решток та сухої біомаси польових культур, які згідно літературних джерел змінюються у досить широких межах. Слід відзначити, що із зменшенням поголів'я тварин витрати соломи на кормові цілі та підстилку зменшувалися, а надлишок соломи спалювався на полях (рис. 1). Використання соломи в існуючих обсягах дозволило б зекономити природний газ у межах від 4,5 до 14,3 млрд. м³. Нами спільно із ННЦ “Інститут аграрної економіки” проведені розрахунки ефективності спалювання соломи на основі порівняння із варіантом отримання тепла за рахунок спалювання природного газу.

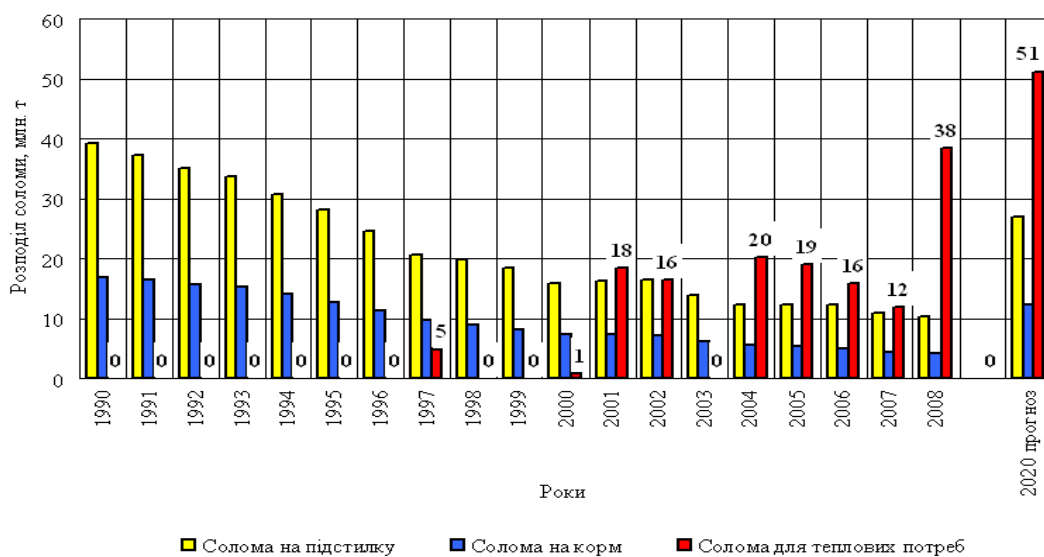


Рис. 1. Розподіл соломи за напрямками використання по роках

Встановлено залежність ефективності виробництва тепла із соломи у порівнянні з газовим опаленням при зміні вартості соломи (рис. 2).

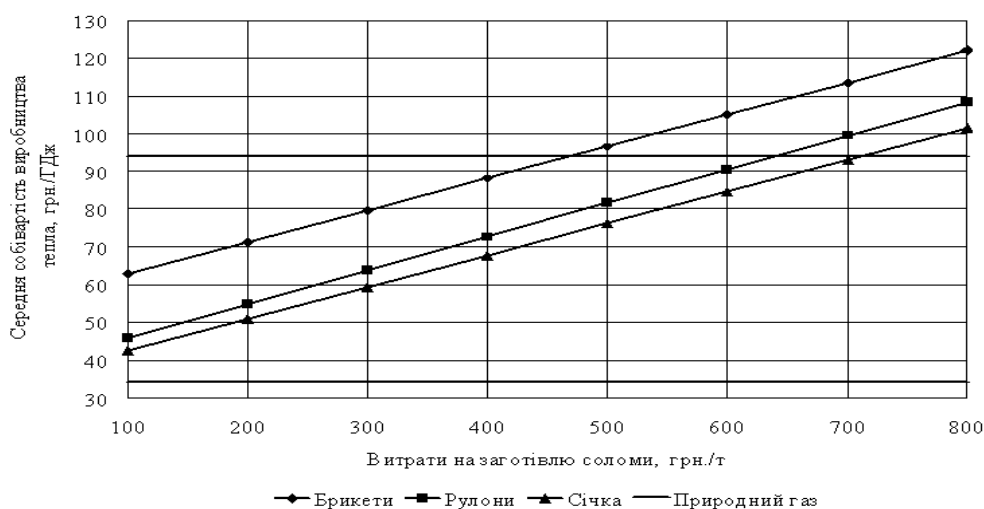


Рис. 2. Ефективності виробництва тепла із соломи у порівнянні з газовим опаленням при зміні вартості соломи

За нашими оцінками, при річному об'ємі спалювання соломи в 30 млн. т загальна кількість вивільненого природного газу становитиме 10,9 млрд. м³. У даних умовах додаткові капіталовкладення на підготовку та спалювання соломи становитимуть 14,6 млрд. грн., а їх термін окупності становитиме від 1,2 до 1,3 років.

У нашому центрі проводиться відпрацювання системи опалення адміністративних корпусів на базі рулонів і тюків соломи. На основі досвіду експлуатації цієї системи нами будуть розроблені рекомендації для інститутів НААНУ стосовно використання соломи для опалення із

повним алгоритмом реалізації такої системи. Розрахункова річна економія витрат у порівнянні із системою опалення на природному газі, при економії газу в обсязі 300 тис. м³ за опалювальний сезон, становить від 400 до 500 тис. грн., а її термін окупності не перевищує 2 роки (таблиця 1). Дослідне господарство центру в повній мірі здатне забезпечити соломом для роботи котла (близько 1 тис. т).

Таблиця 1 - Розрахункова річна економія витрат у порівнянні із системою опалення на природному газі

Витрати на заготівлю соломи та оплату природного газу			
Параметри	Од. виміру	Значення	
Витрати на підбір та ущільнення соломи у рулони	грн./т	27,53	
Витрати на перевезення соломи та рулонів на край поля	грн./т	17,05	
Відстань перевезення рулонів до місця скиртування	км	27	
Витрати на перевезення рулонів	грн./т	249,97	Вартість газу
Витрати на скиртування рулонів	грн./т	14,77	грн./ тис.м ³
Витрати на заготівлю соломи та вартість природного газу	грн./т	336,31	2610,78
Вартість соломи та природного газу в перерахунку на тепло	грн./ГДж	29,00	82,50
Оцінка економічної ефективності використання соломи на теплові потреби			
Теплоносій	-	Солома	Газ
Витрати на виробництво тепла	грн./ГДж	23,51	11,30
Собівартість виробництва тепла	грн./ГДж	52,51	93,81
Ефективність виробництва тепла із соломи	грн./ГДж	41,30	
Додаткові питомі капіталовкладення у спалювання соломи	грн./ГДж	82,12	
Термін окупності обладнання для спалювання соломи	років	1,99	
Річна теплопродуктивність	ГДж	9685,14	
Річний економічний ефект	тис. грн.	400,00	

Що стосується проблем виробництва і використання дизельного біопалива, то слід зауважити наступне. Собівартість виробництва зерна ріпаку знаходиться в межах від 800 до 1200 грн./т. В Україні існують підприємства, які виробляють і продають обладнання для виробництва дизельного біопалива або просто продають імпортне обладнання різної продуктивності із застосуванням автоматизації і без неї, а також використовують дешеві чи дорогі матеріали, що впливає на вартість обладнання. Розрахована нами структура собівартості виробництва дизельного біопалива приведена на рис. 3. Середні експлуатаційні затрати на виробництво олії становлять $C_o=330...340$ грн./т. При значеннях коефіцієнта виходу олії із насіння (співвідношення маси олії та насіння, із якого вона отримана) $k_o=0,33$ відн. од. та співвідношенні вартості шроту і собівартості насіння (доцільно визначати із врахуванням поживної цінності насіння та шроту, отриманого на його основі) $k_{ш}=0,5$ відн. од., повні витрати на виробництво олії становлять від 1900 до 2600 грн./т.

Середні експлуатаційні затрати на виробництво дизельного біопалива становлять $C_{БДП}=940...950$ грн./т. При значеннях вартості метилового спирту $B_{МС}=5000$ грн./т, вартості каталізатора (гідроокису калію) $B_{КОН}=17800$ грн./т, вартості отриманого гліцеринового осаду $B_{ГО}=1000$ грн./т, коефіцієнті виходу біодизельного пального із олії (співвідношення маси біодизельного пального та олії, яка витрачена на його виробництво) $k_{БДП}=0,95$ відн. од., повні витрати на виробництво біодизельного пального становлять від 3700 до 4500 грн./т.

При вартості дизельного пального $C_{ДП}=7386$ грн./т (6,50 грн./л) гранична собівартість насіння, при якій витрати на виробництво біодизельного пального будуть дорівнювати вартості дизельного палива, становить $C_H=2200...2300$ грн./т. Фактична собівартість виробництва насіння в 2 рази нижча за отримане граничне значення собівартості насіння. Нерідко це призводить до невірної висновку про те, що виробництво біодизельного пального в умовах сільськогосподарського виробництва є економічно доцільним, оскільки витрати на виробництво біодизельного пального нижчі ніж на придбання дизельного пального. Однак, з іншого боку, економічний ефект від продажу насіння, як різниця ціни реалізації насіння та собівартості його виробництва, перевищує економічний ефект від виробництва біодизельного пального.

При ринковій вартості насіння ріпаку $C_H=3000$ грн./т та собівартості його виробництва $C_H=1122$ грн./т. (Кримський ін-т АПВ) гранична вартість дизельного пального становитиме $C_{ДП}=11500$ грн./т (10 грн./л), що у 1,5 разів перевищує існуючі ринкові ціни на дизельне пальне.

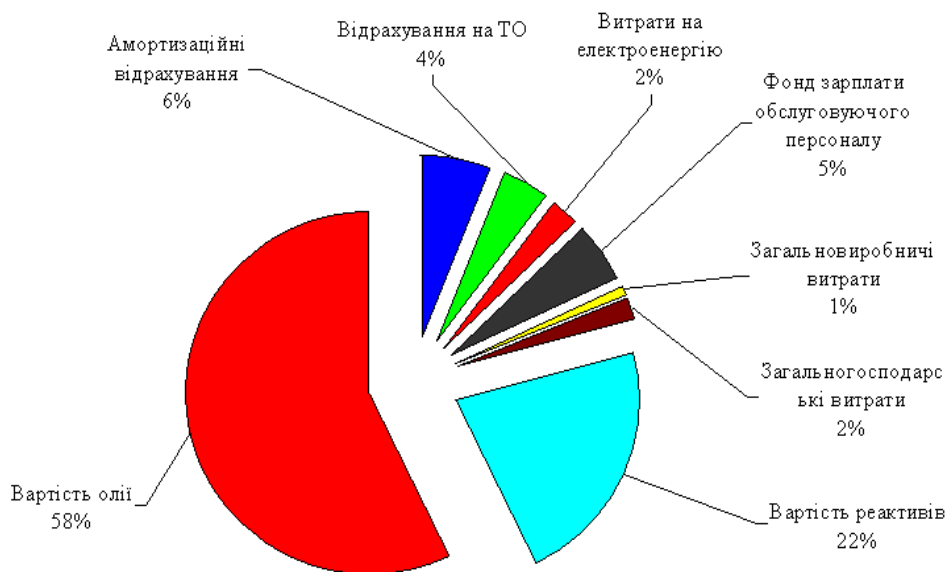


Рис. 3. Структура собівартості виробництва біодизельного пального

Перехід на часткове споживання дизельного біопалива у суміші із дизельним, як це робиться у країнах Європейського Союзу, неможливий без політичних рішень, обумовлених необхідністю збереження та покращення існуючого стану природного середовища. Найбільш доцільним у даній ситуації є заборона продавати дизельне пальне без додавання біопалива, як це прийнято у країнах Європейського Союзу. У такій ситуації виробники дизельного пального будуть інвестувати кошти у виробництво дизельного біопалива. Створення мережі заводів по виробництву дизельного біопалива має бути організоване таким чином, щоб виробництво олії проводилося в умовах сільськогосподарського виробництва, що забезпечить використання макухи на кормові потреби та сприятиме розвитку кормової бази тваринництва. У той же час виробництво дизельного біопалива в умовах сільськогосподарського виробництва потребує техніко-економічного обґрунтування у порівнянні з базовим варіантом, який передбачає безпосередню реалізацію насіння. Можливості забезпечення сільськогосподарського виробництва дизельним біопаливом приведені в таблиці 2. У ННЦ “ІМЕСГ” НААНУ розроблена експериментальна та дослідна установка для виробництва дизельного біопалива безперервної дії.

Таблиця 2 - Потреба в площах для вирощування ріпаку та можливості забезпечення сільськогосподарського виробництва біодизельним паливом

Урожайність олійної культури, т/га	Потреба в площах, тис. га при використанні в с.-г. Україні у 2008 році 1540 тис. т ДП			
	БДП 100 %	БДП 75 %	БДП 50 %	БДП 25 %
	ДП 0 %	ДП 25 %	ДП 50 %	ДП 75 %
1	4912	3684	2456	1228
1,5	3275	2456	1637	819
2	2456	1842	1228	614
2,5	1965	1474	982	491
3	1637	1228	819	409
3,5	1404	1053	702	351
Фактична площа посівів ріпаку у 2008 році, тис га				1379,6

При використанні дизельного біопалива потужність, яку розвиває двигун Д-65Н практично не відрізняється від потужності при застосуванні дизельного пального, проте годинна витрата пального підвищується на 6,5-10,5 % в залежності від завантаження двигуна, зменшуються викиди в атмосферу оксидів азоту та відсутні викиди діоксиду сірки. Нами розроблено систему двостадійного підігріву дизельного біо-

палива для розширення температурного діапазону його використання та покращення екологічних показників роботи двигуна (рис.4).



Рис. 4. Трактор ПМЗ-6АКЛ дообладнаний системою температурної підготовки дизельного біопалива

Використання біогазових установок у сільськогосподарському виробництві обумовлено трьома основними факторами. Це виробництво поновлюваної енергії, екологічно чистих органічних добрив та покращення санітарно-епідеміологічного стану довкілля.

У світовій практиці створення біогазових установок існують два основних варіанти технологічних процесів і конструктивних рішень біогазових установок – екстенсивний, коли біомасу зброджують у мезофільному режимі з використанням вертикальних реакторів робочим об'ємом 1000 м³ і більше та інтенсивний, коли біомасу зброджують у термофільному режимі з використанням модульних реакторів робочим об'ємом до 120 м³. У першому варіанті вартість анаеробного реактора відносно невелика при спрощеній схемі технологічного процесу. У той же час, відсутня можливість забезпечити необхідну експозицію по всьому об'єму субстрату та відсутні засоби усунення баластування реакторів органічною та мінеральною складовими субстрату, а виведення біореактрів на робочі технологічні параметри при їх розгоні є досить складним.

У другому варіанті, незважаючи на ускладнення технологічного процесу та обладнання, експозиція процесу метаногенезу і знезараження біомаси в 2-3 рази менша, ніж при екстенсивному методі зброджування, відсутнє баластування біореакторів органічною та мінеральною складовими субстрату, забезпечується необхідна експозиція по всьому об'єму субстрату в реакторі, спрощується застосування інокуляції органічної маси, крім того при аварійних ситуаціях кількість токсично та інфекційно небезпечної біомаси на об'єкті піддається контролю. Наявного гною та посліду у даний час достатньо для забезпе-

ченні потреб сільськогосподарського виробництва в горючому газі. У ННЦ “ІМЕСГ” УААН розроблено і запатентовано модульну біогазову установку, зацікавленість у виготовленні якої проявляє ряд крупних машинобудівних заводів України. У даний час ведуться переговори щодо розробки документації та дослідного зразка такої установки.

Висновок. Вирішення інженерних проблем щодо виробництва і використання біопалив дозволить отримати практичний досвід, наукові напрацювання та закономірності для визначення конструктивно-технологічних параметрів машин та обладнання, зменшити закупівлі непоновлюваних викопних видів палива, підвищити рівень зайнятості сільського населення за рахунок створення додаткових робочих місць для виробництва біологічних видів палива, покращити екологічний стан природного середовища шляхом зменшення викидів токсичних речовин та парникових газів. В остаточному підсумку це буде поштовхом у забезпеченні енергетичної автономності сільськогосподарського виробництва.

Література

1. Голуб Г.А. Енергетична автономність агросистем / Г.А. Голуб // Вісник аграрної науки. – 2010. – № 3. – С. 50-54.
2. Голуб Г.А. Інженерні проблеми виробництва і використання біопалив в АПК // Г.А. Голуб, В.О. Дубровін // Вісник аграрної науки. – 2010. – Спеціальний випуск, травень. – С. 82-87.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТОПЛИВ

Г.А. Голуб, М.И. Вирёвка, В.В. Чуба, Н.Г. Кучик.

Аннотация – Приведены инженерные проблемы производства и использования биотоплив в АПК, выполнен анализ эффективности и направления их использования. Определены пути и способы решения этих проблем.

DESIGN OF PROCESSES OF PRODUCTION AND USE OF BIOLOGICAL FUELS

G. Golub, M. Virovka, V. Tchuba, N. Kuchyuk.

Summary

The engineering problems of production and use of biological fuels are resulted in AIC, the analysis of efficiency and direction of their use is executed. Certainly ways and methods of decision of these problems.