

О.С. Синиця, аспірант\*

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

## КОМПЛЕКСНЕ ВИРІШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОБЛЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

**Постановка проблеми.** Ринковий розвиток агровиробництва потребує нових підходів в економічних відносинах з сферою забезпечення його енергоресурсами. Значний негативний вплив на такі відносини здійснює сучасний кризовий стан в економіці України. Так, з року в рік скорочуються обсяги забезпечення сільського господарства енергоресурсами. Економічні взаємовідносини між аграрними товаровиробниками та постачальниками енергетичних ресурсів будуються переважно на монополізмі останніх. Такий механізм взаємовідносин вимагає перебудови вертикальних і горизонтальних зв'язків з виробництвом. Система економічних відносин із приводу забезпечення енергетичними ресурсами сільського господарства не відповідає сучасним вимогам ринкової економіки. Зокрема, не вирішено ряд методологічних питань, пов'язаних із застосуванням перспективних організаційних форм в енергозабезпеченні. Науково-теоретична та практична значимість вказаних проблем обумовлює актуальність наукового дослідження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання розвитку економічних взаємовідносин в енергозабезпеченні сільського господарства завжди були в полі зору науковців, спеціалістів та практиків і одержали належне відображення у наукових працях багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених-економістів: О.А. Бугуцького, П.І. Гайдуцького, Дж. Долана, Д. Ліндсея, В.В. Ковриги, В.І. Перебийноса, П.Т. Саблука, В.Й. Шияна, В.В. Юрчишина.

**Формулювання цілей статті.** Загострення економічних проблем внаслідок вичерпності запасів викопних енергетичних копалин актуалізує використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Найбільш ефективним та економічно виправданим є їх використання в комбінованих системах енергозабезпечення внаслідок взаємної компенсації сильних і слабких сторін. Однак, таке поєднання ВДЕ потребує розробки методичного підходу для узгодження структури системи енергозабезпечення з господарськими потребами і технічно та економічно доступним

---

\* Науковий керівник – канд. екон. наук, доцент Шелудько Р.М.

енергетичним потенціалом.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Комплексне вирішення енергетичних проблем сучасних сільськогосподарських підприємств, згідно сформульованої нами концепції енергоресурсного самозабезпечення (КЕРС), передбачає створення повноцінної інфраструктури для задоволення максимальної кількості потреб підприємств-учасників шляхом взаємовигідного поєднання наявних ресурсів та компетенцій, взаємного збагачення переваг і компенсації недоліків технологій на етапі їх комерційного впровадження, а також симбіотичної взаємодії суміжних галузей [1]. Практична реалізація та побудова КЕРС передбачає розробку типового проекту, що поєднує технології, галузі, ресурси. Даний проект передбачає створення на основі біогазового виробництва енергетичного центру, що включає: безпосереднє виробництво біогазу (БГ); створення інфраструктури зрідження і постачання газового пального на основі БГ очищеного до рівня біометану (БМ); генерацію електричної та теплової енергії з надлишкового БГ за допомогою когенераційного обладнання; виробництво цінних органічних добрив; утилізацію органічних відходів; виробництво біодизельного палива (БД), з метою забезпечення максимальної енергетичної автономності підприємств-учасників.

Близько 90 % потреб в паливно-енергетичних ресурсах (ПЕР) досліджуваних підприємств складає дизельне пальне (ДП). Така залежність створює серйозні економічні проблеми. Виходом з даної ситуації, на нашу думку, є переведення існуючого парку автотракторної техніки господарств на газомоторне пальне. Дизельні двигуни потребують переобладнання шляхом створення двопаливної системи, що працює по газодизельному циклу. Суттєвою перевагою такої системи є відсутність кардинальної перебудови двигуна. До недоліків газодизелю можна віднести те, що виключити повністю використання рідкого нафтового палива не вдасться. В середньому ступінь заміщення складає 70 %. Традиційно газомоторним паливом виступає природний газ (ПГ) – метан. Його використання на транспорті можливе у стисненому вигляді – компримований ПГ (КПГ) або зрідженому вигляді – зріджений ПГ (ЗПГ). Стимує розвиток таких систем: необхідність значних капітальних інвестицій на розгортання інфраструктури, відсутність єдиного власника виробництва і споживача ЗПГ, а також стрімке підвищення цін на імпортований ПГ. У зв'язку з відсутністю в Україні значних інвестиційних ресурсів для створення централізованої інфраструктури ЗПГ, варто орієнтуватися на місцеву. Саме така модель лежить в основі КЕРС. Доставку ЗПГ доцільно вести через стаціонарні та пересувні газозаправні станції з оптимальним радіусом дії в 50 км [2]. Досліджувані підприємства Оріхівського району Запорізької області було обрано із врахуванням даного параметру. Зважаючи на склад

автотракторного парку, було відібрано техніку, придатну для експлуатації на газомоторному паливі.

Користуючись публічною інформацією про переобладнання, було розраховано потребу в капітальних інвестиціях на рівні 29 338 тис. грн [3]. Наявний автотракторний парк формує основну потребу в ПЕР, крім того, варто враховувати обсяг ПГ, що використовується підприємствами. Загалом в рамках КЕРС споживається майже 7000 т. у. п. План заміщення основних видів ПЕР за допомогою БМ та БД власного виробництва наведено в табл. 1. Сукупна потреба у БМ, як базовій одиниці енергоспоживання в КЕРС, складає 3 886 238 м<sup>3</sup>. Варто відмітити, що використання основних видів ПЕР в досліджуваних підприємствах відбувається нерівномірно. Так, пік споживання ДП та бензинів припадає на липень, в той же час більшість ПГ спалюється у зимово-весняний період. Така нерівномірність створює чималі організаційні проблеми. Проте, якщо рідке пальне досить просто зберігати у нафтосховищах, а розвинена інфраструктура дозволяє забезпечити будь-які потреби, то організація КЕРС, заснована на виробництві БМ, потребує вирішення всіх проблем самостійно підприємствами.

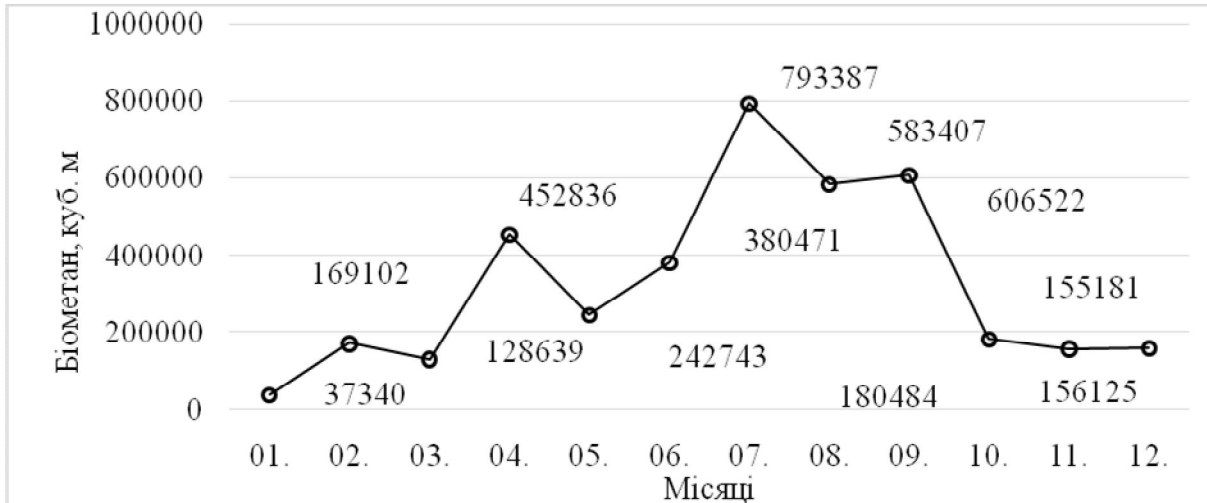
### 1. Розрахунок потреби в альтернативних видах палива для досліджуваних підприємств в рамках КЕРС

Показник	Пропан і бутан скраплені, т	Газ природний, тис. м <sup>3</sup>	Бензин моторний, т	Дизпаливо, т
Обсяг споживання ПЕР	35,3	138,8	210,5	4136,4
Ступінь заміщення БМ, %	100,00	100,00	100,00	70,00
Необхідна кількість БМ, м <sup>3</sup>	46691,0	138800,0	257912,0	3442834,0
Необхідна кількість БД, т	-	-	-	1327,8
Загальна потреба в БМ, м <sup>3</sup>	3886238,0			

Джерело: розраховано автором.

Як видно з рис. 1, піковим є період з липня по вересень. Максимальна потреба в липні місяці складає 793 387 м<sup>3</sup> БМ, що становить більш ніж 1/5 від загального споживання. Враховуючи, що джерело БГ, а відповідно і БМ – біогазова установка (БГУ) має працювати у монотонному режимі без значних коливань дана ситуація створює економічну дилему типу: «виробляти більше чи зберігати». Складність даної проблеми полягає у накопиченні достатнього парку резервуарів для зберігання зрідженого БМ, висока вартість яких створює техніко-економічну проблему при проектуванні КЕРС. Імобілізація капітальних інвестицій у ємності, що з економічної точки зору являються пасивною

частиною основних засобів є негативним явищем, проте нарощування загальної потужності БГУ також призводить до значного зростання кошторису проекту. Враховуючи зазначені обставини, нами було вирішено застосувати методику лінійного програмування з метою оптимізації проекту та здійснення комплексних розрахунків в частині інвестиційного аналізу.



### Річна динаміка потреби у біометані досліджуваних підприємств в рамках КЕРС

Джерело: розраховано та побудовано автором за даними ф 4-мпт.

Варто відмітити, що наявність розвиненого тваринництва створює додаткову сировинну базу для БГУ та дозволяє вирішити екологічні проблеми галузі. Загалом тваринницька галузь в рамках КЕРС за рік продукує 11825 т органічних відходів, що дозволяє отримати 820 097 мЗБГ, що еквівалентно 497 135 мЗБМ. Надходження даного коферменту є досить рівномірним, а середньодобовий вихід БМ досягає 1380,9 мЗ. Це важливий показник, який дає змогу скоротити потребу БГУ в рослинній сировині. Крім того, утилізація органічних відходів дозволяє господарствам зекономити на екологічних платежах 26 015 грн [4].

Біодизельне пальне – це вид біопалива, який одержують із жирів рослинного і тваринного походження та використовують для заміни нафтового ДП. Основною сировиною виробництва БД є ріпакова олія. Однією з проблем при виробництві БД є реалізація побічної продукції: ріпакової макухи та сирого гліцерину. Ринок даних продуктів ще не сформований, тому важливо знайти шляхи їх використання. Треба відмітити, що сирий гліцерин та ріпакова макуха є дуже цінними

коферментами для біогазового виробництва. Так, вихід БМ з 1 т складає близько 400 та 300 м<sup>3</sup>/т. Проте їх надходження недостатньо, тому основним компонентом субстрату виступає зелена маса та силос енергетичних культур. Серед широкого розмаїття рослин уваги заслуговують найбільш поширені (жито, кукурудза, сорго цукрове) та перспективні (сильфій пронизанолистий, козлятник східний). Останні є багаторічними та формують урожай лише на другий рік вегетації. В зв'язку з цим планування надходження сировини треба здійснювати окремо для першого та другого (і всіх наступних) років проекту. Характерно, що БГУ функціонує незалежно від сезону, а тому потребує рівномірного забезпечення протягом року. Рішенням даної проблеми є силосування зеленої маси. Поява додаткової операції призводить до нарощування витрат. В зв'язку з цим, враховуючи досвід кормовиробництва, пріоритетним є розширення періоду скошування зеленої маси та організації роботи, так званого, «зеленого конвеєру». Грамотний підбір культур за часом їх збирання дозволяє забезпечити БГУ сировиною, без її силосування, протягом 150-210 днів. Також варто враховувати технологічні показники культур, які визначають економічну ефективність роботи БГУ та проекту загалом. Вирішення вищенаведених проблем вимагає ретельного підбору культур та оптимізації зайнятих ними площ. Для цього нами було застосовано метод лінійного програмування та, відповідно, визначено набір обмежень (табл. 2) економіко-математичної моделі комплексу.

## 2. Обмеження економіко-математичної моделі з оптимізації роботи БГУ

Умови	Змінні	Обмеження	
		Тип	Обсяг
Обсяг виробництва БМ за рік в розрахунку за піковим періодом споживання, м <sup>3</sup>	$a_n \cdot x_{kn} + a_n \cdot x_n$	$\geq$	8013180
Середньодобове виробництво БМ за кожною з культур, м <sup>3</sup>	$x_{kn}$	$\leq$	22258,83
Максимально можлива площа посіву, га	$\sum_{n=1}^N a_n \cdot x_{kn} / m_n \cdot 10^3 / \sigma_n \cdot 0.1 / v / ur_n$	$\leq$	2200
Потреба у БМ в період максимального споживання, м <sup>3</sup>	$a \cdot x_{kn} + a \cdot 30x_n + V_{sd} \cdot x_2$	$\geq$	667765
Загальна потреба у БМ, м <sup>3</sup>	$x_3$	$=$	3254875
Обсяг ПГ, що заміщується, м <sup>3</sup>	$x_4$	$=$	138800
Обсяг бензину, що заміщується, тонн	$x_5$	$=$	210,5
Обсяг ДП, що заміщується, тонн	$x_6$	$=$	3220,7

Обсяг скрапленого пропану і бутану, що заміщується, тонн	$x_7$	=	35,3
Заробітна плата, грн	$x_8$	=	3110400
Потреба у БМ в період мінімального споживання, м <sup>3</sup>	$x_9$	=	37152
Об'єм мобільного резервуару для БМ (пересувного автогазозаправника (ПАГЗ)), м <sup>3</sup> метану за нормальних умов	$x_{10}$	≥	42000
Середньодобове виробництво БМ з органічних відходів тваринного походження (гній), м <sup>3</sup> /добу	$x_{11}$	≤	1380,929
Середньодобове виробництво БМ з сирого гліцерину, м <sup>3</sup> /добу	$x_{12}$	≤	187,87
Середньодобове виробництво БМ з ріпакової макухи, м <sup>3</sup> /добу	$x_{13}$	≤	1256,06

Джерело: розроблено автором на підставі даних [5].

Примітка:  $a$  – кількість днів у місяці;  $m_n$  – частка метану в сирому біогазі, %;  $n_n$  – вихід біогазу з розрахунку на 1 кг органічної сухої речовини, л;  $o_n$  – вміст органічної сухої речовини у коферменті, %;  $v$  - коефіцієнт врахування 5%-х втрат при силосуванні;  $ur_n$  – урожайність енергетичних рослин (за видами), т/га;  $V_{sd}$  – максимальна потреба в біометані у піковому періоді, м<sup>3</sup>.

### 3. Базові рівняння для визначення витратної частини проекту в середовищі оптимізаційної задачі

Елементи витрат	Вираз
Собівартість коферменту з енергетичних рослин, у т. ч.: що не силосується	$\sum_{n=1}^N a \cdot x_n / m_n \cdot 100 - i \cdot 1000 / n_n / o_n \cdot 0,1 \cdot p_n$
що силосується	$\sum_{n=1}^N (a \cdot x_n / m_n \cdot 100 - i \cdot 1000 / n_n / o_n \cdot 0,1 / v \cdot (p_n + u))$
Собівартість коферменту з органічних відходів, сирого гліцерину та ріпакової макухи	$a \cdot x_n / m_n \cdot 100 - i \cdot 1000 / n_n / o_n \cdot 0,1 \cdot p_n$
Вартість електричної енергії, витраченої на власні потреби БГУ	$\sum_{n=1}^N (a \cdot x_{kn} / m_n \cdot 100 + a \cdot x_n / m_n \cdot 100) \cdot i \cdot a \cdot 0,01 \cdot b_g$
Вартість теплової енергії, витраченої на власні потреби БГУ	$\sum_{n=1}^N (a \cdot x_{kn} / m_n \cdot 100 + a \cdot x_n / m_n \cdot 100) \cdot i \cdot a \cdot b_y$
Вартість електричної енергії, витраченої для очищення БГ до рівня БМ	$\sum_{n=1}^N (0,1 \cdot x_p / m_n \cdot 100) \cdot a \cdot d \cdot 0,01 \cdot b_g$
Вартість електричної енергії, потрібної для зрідження БМ	$a \cdot c \cdot x_2 \cdot 0,01 \cdot b_g$

Собівартість ферментації	$\sum_{n=1}^N (a \cdot x_{kn} / m_n \cdot 100 - i \cdot 1000 / n_n / o_n - 0,1 \cdot af \cdot ag) +$ $+ \sum_{n=1}^N (a \cdot x_{kn} / m_n \cdot 100 - i \cdot 1000 / n_n / o_n \cdot 0,1 / kn \cdot pkn \cdot s) + x_{\text{Б}}$
Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання БГУ	$\sum_{n=1}^N (a \cdot x_{kn} / m_n \cdot 100 + a \cdot x_n / m_n \cdot 100) \cdot i \cdot t_0$

Джерело: розроблено автором на підставі даних [5].

Примітка:  $i$  – кількість місяців у році;  $p_n$  – собівартість вирощування, грн/т;  $u$  – собівартість силосування, грн/т;  $aa$  – затрати електричної енергії на власні потреби БГУ, кВт·год/м<sup>3</sup>;  $ab$  – затрати теплової енергії на власні потреби БГУ, кВт·год/м<sup>3</sup>;  $ac$  – затрати електричної енергії на зрідження біометану, кВт·год/м<sup>3</sup>;  $ad$  – затрати електричної енергії на очищення біогазу до рівня біометану, кВт·год/м<sup>3</sup> біогазу;  $af$  – затрати води в процесі ферментації, (м<sup>3</sup>/т коферменту);  $ag$  – ціна води, грн/м<sup>3</sup>;  $bg$  – загальний тариф на електроенергію для споживачів II категорії, коп/кВт·год;  $kn$  – продуктивність колісного навантажувача, т/год;  $pkn$  – витрати пального навантажувачем, кг/год;  $s$  – вартість дизельного пального, грн/кг;  $t_0$  – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання БГУ, грн/м<sup>3</sup> біогазу;  $y$  – вартість 1 кВт·год теплової енергії грн/кВт·год.

Загальна модель біогазового виробництва формується шляхом збирання елементів витрат, вигод та капітальних інвестицій за проектом. Критерієм оптимальності було обрано найбільш поширений у інвестиційному аналізі показник – чистий дисконтований дохід, який передбачає визначення сальдо грошового потоку за кожний рік проекту з наступним його дисконтуванням. Таким чином, цільова функція набуває вигляду:

$$Y_{\max} = \sum_{n=1}^N x_n(x_{kn}) : (1 + r)^n - \sum_{n=1}^N x_n(x_{kn}),$$

$\text{dехn}(x_{kn})$  – середньодобове виробництво БМ з біомаси енергетичних культур, відходів тваринництва та переробних виробництв (за видами), фактори виробництва;  $r$  – ставка дисконтування.

Визначення поточних витрат за проектом в умовах економіко-математичного моделювання виражається у вигляді базових рівнянь витрат за елементами, наведених в табл. 3. У зв'язку з наявністю в Україні можливості реалізації електричної енергії, виробленої на основі біогазу, за так званим «зеленим тарифом» (151,75 коп. за кВт·год), що перевищує загальний тариф (123,35 коп. за кВт·год), доцільно вироблену БГУ електроенергію реалізовувати на сторону, а не використовувати на власні потреби. Тому в розрахунках електрична енергія на власні потреби БГУ відноситься до витрат, а не зменшує обсяг генерації.

**4. Окремі вигоди від утилізації надлишкового біогазу та органічних решток**

Вигода	Вираз
Від реалізації електроенергії за «зеленим тарифом»	$\left[ \sum_{n=1}^N \left( (a \cdot i \cdot x k_n - 0,1 \cdot x_3) / m_n \cdot 100 \right) + \sum_{n=1}^N (a \cdot x_n / m_n \cdot 100) \cdot i \right] \cdot w \cdot z / 100$
Від утилізації тепла когенераційної установки	$\left[ \sum_{n=1}^N \left( (a \cdot i \cdot x k_n - 0,1 \cdot x_3) / m_n \cdot 100 \right) + \sum_{n=1}^N (a \cdot x_n / m_n \cdot 100) \cdot i \right] \cdot x y$
Від заміщення мінеральних добрив	$a \cdot x k_n / m_n \cdot 100 \cdot i \cdot 1000 / n_n \cdot o_n \cdot 0,1 \cdot a h \cdot a j \cdot a p$

Джерело: розроблено автором на підставі даних [5].

Примітка:  $w$  – кількість місяців у році;  $z$  – собівартість вирощування, грн/т;  $x$  – вихід теплової енергії з  $1\text{м}^3$  біогазу при його спалюванні у когенераційній установці, кВт·год;  $ah$  – вихід добрив твердої (рідкої) фракції з розрахунку на 1т субстрату, т;  $aj$  – вміст діючої речовини (NPK) в 1т добрив твердої (рідкої) фракції, т;  $ap$  – ціна 1т діючої речовини добрив станом на 2014 р., грн/т.

Аналогічно розраховуються вигоди інвестиційного проекту. Так, визначення вигод від заміщення основних видів ПЕР має вигляд суми добутків обсягу відповідного ПЕР та його ціни. Базові рівняння окремих вигод від утилізації надлишкового біогазу наведені в табл. 4. Варто відмітити, що вигода від заміщення мінеральних добрив органічними рештками після зброджування розраховується відповідно до вмісту діючої речовини кожного з видів (NPK), окремо для різних фракцій, отримуваних органічних відходів та типів коферменту [6].

**5. Базові рівняння для визначення капіталовкладень за проектом в середовищі оптимізаційної задачі**

Капіталовкладення	Вираз
Вартість силосного пресу	$\left[ \sum_{n=1}^N (a \cdot x k_n / m_n \cdot 100 \cdot i \cdot 1000 / n_n \cdot o_n \cdot 0,1) \right] / (a \cdot a s) \cdot a u$
Вартість колісного фронтального навантажувача	$\left[ \sum_{n=1}^N (a \cdot x k_n / m_n \cdot 100 \cdot i \cdot 1000 / n_n \cdot o_n \cdot 0,1) \right] / (a \cdot i \cdot h / 3) \cdot m n$
Вартість біогазової установки (БГУ)	$\left[ \sum_{n=1}^N (a \cdot x k_n / m_n \cdot 100 \cdot i \cdot 1000 / n_n \cdot o_n \cdot 0,1) \right] / (a \cdot i) \cdot a v$
Вартість когенераційного обладнання	$\left[ \sum_{n=1}^N \left( (x k_n - 0,1 \cdot x_n / a) / m_n \cdot 100 \right) + \sum_{n=1}^N (x_n / m_n \cdot 100) \right] / k \cdot w \cdot a v$



Вартість системи з очистки БГ до рівня БМ	$\sum_{n=1}^N (x_{kn}/m_n \cdot 100 + x_n/m_n \cdot 100) \cdot ax$
Вартість обладнання для зрідження біометану	$\sum_{n=1}^N (x_{kn} + x_n) / n \cdot ay$
Вартість резервуарів для зберігання зрідженого БМ	$(b/a \cdot x_2 - x_{10}) \cdot ba$
Вартість мобільних резервуарів типу «контейнер-цистерна» для зберігання зрідженого БМ	$x_{10} \cdot bb$
Вартість резервуарів для зберігання рідкої фракції органічних решток після зброджування	$\sum_{n=1}^N (a \cdot xk_n/m_n \cdot 100 + 1000/n_n/o_n \cdot 0,1) \cdot ah \cdot rv$

Джерело: розроблено автором на підставі даних [5].

Примітка:  $ai$  – питома вартість силосного пресу з розрахунку на продуктивність, грн/т/год;  $h$  – кількість годин на добу, год;  $m$  – питома вартість колісного фронтального навантажувача, грн/т/год;  $av$  – питома вартість БГУ з розрахунку на продуктивність по субстрату, грн/т/добу;  $aw$  – питома вартість когенераційного обладнання з розрахунку на потужність, грн/кВт·год;  $ax$  – питома вартість системи з очистки БГ до рівня БМ з розрахунку на потужність, грн/м<sup>3</sup>/добу;  $ay$  – питома вартість обладнання для зрідження БМ в розрахунку на потужність, грн/м<sup>3</sup>/год;  $ba$  – питома вартість стаціонарного криогенного резервуара для зрідженого БМ, грн/м<sup>3</sup>;  $bb$  – питома вартість мобільного криогенного резервуара (контейнер-цистерна) для зрідженого БМ, грн/м<sup>3</sup>;  $rv$  – питома вартість резервуару для рідкої фракції органічних решток, грн/м<sup>3</sup>.

Створення КЕРС сільськогосподарських підприємств передбачає здійснення ряду капіталовкладень. Так, для забезпечення БГУ коферментами на основі енергетичних культур необхідний кормозбиральний комбайн. Витрати на придбання кормозбирального комбайну відповідної потужності було визначено пропорційно до годинної продуктивності. Алгоритм даного розрахунку представлено виразом:

$$\left[ \sum_{n=1}^N (a \cdot xk_n/m_n \cdot 100 + 1000/n_n/o_n \cdot 0,1) + \sum_{n=1}^N (a \cdot xk_n/m_n \cdot 100 + 1000/n_n/o_n \cdot 0,1/v) \right] / (a \cdot as) \cdot at,$$

де  $as$  – тривалість робочого дня на механізованих роботах, год;  $at$  – питома вартість кормозбирального комбайну з розрахунку на продуктивність, грн/т/год.

Силосування зеленої маси було вирішено здійснювати за технологією, що не потребує значних капітальних вкладень на будівництво силосних споруд. Альтернативою є технологія силосування в полімерних рукавах, яка потребує придбання силосного пресу відповідної потужності. Стабільна робота БГУ потребує постійного забезпечення свіжим коферментом для

збагачення субстрату. На практиці це потребує переміщення значного обсягу органічних відходів тваринництва, силосу, зеленої маси та їх завантаження у ферментер за допомогою навантажувача. Потужність БГУ та об'єм резервуарів для зберігання рідкої фракції органічних решток після зброджування, а отже і їх вартість залежать від обсягу коферментів, що переробляються протягом календарного року. Розрахунок необхідного обсягу капіталовкладень в рамках побудови оптимізаційної моделі наведено в табл. 5.

Узагальнення вищенаведених показників дозволяє сформулювати модель розрахунку чистого дисконтованого доходу за проектом:

$$y_{max} = \sum_{n=1}^N (x_{in} + x_{on}) / (1+r)^{1...25} - \left[ \sum_{n=1}^N (x_{in} + x_{on}) + \sum_{n=1}^N (x_{in} + x_{on}) / (1+r)^{12} \right].$$

Тривалість проекту встановлена на рівні строку експлуатації найбільш довговічного елемента комплексу – метантенків, і становить 25 років.

**Висновки.** Проект організації КЕРС сільськогосподарських підприємств базується на біогазовому виробництві та передбачає інтеграцію супутніх технологій з виробництва біодизельного пального і створення інфраструктури з постачання газомоторного палива. Запропонований методичний підхід спрямований на формалізацію прийняття інвестиційних рішень за допомогою економіко-математичного моделювання. Розроблений інструментарій представляє собою наскрізну модель комплексу, що враховує господарські потреби, наявний енергетичний потенціал та дозволяє вирішувати організаційно-економічні проблеми: балансування виробництва та зберігання біогазу і зрідженого біометану, оптимізації набору енергетичних культур, способів їх застосування та енергетичної утилізації вторинних ресурсів агровиробництва (органічних відходів і супутньої продукції). Технічно модель виконана у вигляді функції чистого дисконтованого доходу, що максимізується, та являє собою сукупність базових рівнянь з визначення набору інвестиційних вигод, капітальних вкладень, собівартості сировини і робочих операцій згідно технологічних характеристик та деталей проекту.

**Бібліографічний список:** 1. Синиця О.С. Місце та перспективи аграрної енергетики в структурі конкурентного потенціалу сільського господарства / О.С. Синиця // Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Економічні науки». – Хмельницький, 2014. – № 2. Т. 1. – С. 78-87. 2. Набок В. Про переваги газодизельного трактора. Газодизель: то же топливо, но дешевле / В. Набок // Зерно. – 2011. – №10. – С. 183-188. 3. Газодизель // [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://bigaz.com.ua/gasdiesel>. 4. Тулуш Л. Доходи з відходів / Л. Тулуш // Вісник. Право знати все про податки і збори. – 2013. – № 8. – С. 45-49. 5. Эдер Б. Биогазовые установки. Практическое пособие / Б. Эдер, Х. Щульц // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas\\_plants\\_Practics.pdf](http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf). 6. Петров В.М. Методичні підходи до формування собівартості сільськогосподарської продукції та її вплив на ефективність виробництва / В. Петров, А. Токар // Економіка АПК. – 2008. – № 10. – С. 55–60.

**Синица А.С. Комплексное решение энергетических проблем сельскохозяйственных предприятий.** Рассмотрены пути практической реализации концепции энергоресурсного самообеспечения (КЭРС) аграрных предприятий. Предложен способ организации КЭРС в виде комплекса, включающего: производство биогаза; создание обслуживающей энергетической инфраструктуры для обеспечения предприятий сжиженным газовым топливом; генерацию электрической и тепловой энергии с избыточного биогаза; производство органических удобрений; утилизацию органических отходов; производство биодизельного топлива с целью максимизации энергетической автономности предприятий-участников. Разработан методический подход технико-экономического обоснования проекта КЭРС, направленный на оптимизацию проекта и осуществления комплексных расчетов в части инвестиционного анализа с помощью экономико-математического моделирования.

**Synytsia O. A Comprehensive Solution to the Energy Problems of Agricultural Enterprises.** The work describes the ways of implementation of the concept of energy self-sufficiency (CESS) for agricultural enterprises. We suggest organizing CESS as a complex comprising of: biogas production; establishment of a serving energy infrastructure to provide enterprises with liquefied gas fuel; generation of electricity and heat from excess biogas; production of organic fertilizers; recycling of organic waste; biodiesel production in order to maximize energy autonomy of participating enterprises. We developed a methodical approach to the feasibility study of the CESS project aimed at optimizing the design and implementation of complex calculations in terms of investment analysis using economic and mathematical modeling.