

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ

ІВАНЮК АННА МИХАЙЛІВНА

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТИПОВОГО
АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ НА БАЗІ
ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ З ТЕПЛИЧНИМ
ГОСПОДАРСТВОМ

Спеціальність 8.05070108 – Енергетичний менеджмент

Автореферат магістерської роботи

Запоріжжя – 2016

Дипломна робота на кафедрі «Ефективності енергозабезпечення»

Науковий керівник: к.е.н., доц. каф. ЕЕЗ Братковська Катерина Олександрівна

Рецензент:

Захист відбудеться _____

Дипломну роботу наведено до захисту _____

Завідувач кафедри _____

Ю.Г. Качан

Декан факультету _____

О.І. Чепрасов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. На 2015 рік агропромисловий комплекс забезпечує 14 % ВВП і є основною експортною галуззю країни, в той час як державна підтримка аграрного сектора порівняно з країнами Європейського Союзу, США, Канадою та Японією майже відсутня. Тому одним з варіантів збереження конкурентоспроможності підприємств агропромислового комплексу на внутрішньому та зовнішньому ринках є пошук шляхів зниження витрат.

Стрімке зростання цін на енергоресурси в умовах непроголошеної війни з Росією, можливість переорієнтації на вирощування культур, які переробляються на біопаливо, або використання продуктів життєдіяльності великої рогатої худоби та сільськогосподарських рослинних відходів для автономного енергозабезпечення підштовхують до пошуку шляхів зниження витрат підприємств АПК у частині витрат на паливно-енергетичні ресурси.

Недостатньо розглянутим залишається питання оптимізації енергозабезпечення та енергозбереження, які тісно взаємопов'язані і спричиняють протилежні за економічною суттю наслідки. Тому для сільськогосподарських підприємств доцільним є пошук оптимальної комбінації енергозберігаючих заходів та джерел енергозабезпечення, що супроводжуватимуться мінімальними витратами на паливно-енергетичні ресурси.

Актуальність і важливість питань комплексного підходу до енергозбереження та енергозабезпечення сільськогосподарських підприємств обумовили вибір теми, мету і послідовність викладення матеріалу дипломної роботи магістра.

Мета магістерської роботи – обґрунтування методології вибору варіанта зниження витрат на енергетичні ресурси підприємства агропромислового комплексу з урахуванням: можливостей використання відходів тваринницького та природного походження для забезпечення власних енергетичних потреб; зниження енергоспоживання за рахунок використання сучасних

енергоефективних технологій; забезпечення найбільшого ККД енергетичних установок при зниженні енерговикористання в результаті впровадження енергозберігаючих заходів.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні задачі:

- систематизувати енергозберігаючі заходи для сільськогосподарських підприємств та обґрунтувати можливості використання відходів тваринницького та природного походження для забезпечення власних енергетичних потреб;
- сформулювати цільову функції та обмеження для задачі оптимізації варіантів енергозбереження та енергозабезпечення підприємства;
- розробити алгоритм вибору варіанту енергозбереження та енергозабезпечення підприємства;
- визначити оптимальний варіант енергозабезпечення підприємства з використанням відходів рослинного походження та продуктів життєдіяльності великої рогатої худоби та доцільний комплекс енергозберігаючих заходів, а також економічну ефективність такого варіанта.

Об'єктом дослідження є процеси виробництва та споживання енергії тваринницької ферми з тепличним господарством.

Предмет дослідження – тенденції енергозбереження та енергозабезпечення підприємств агропромислового комплексу з використанням продуктів життєдіяльності великої рогатої худоби та сільськогосподарських рослинних відходів.

Методи дослідження – спостереження, моделювання, абстрагування, порівняння, аналіз і синтез, метод системного підходу.

Публікації. Основні результати магістерської роботи опубліковано в 2 друкованих працях, з них одна стаття на тему «Комплексний підхід до зниження витрат на енергоресурси на прикладі тваринницької ферми з тепличним господарством» Братковська К.О., Іванюк А.М. у науково-практичному журналі «Агросвіт» №21 за листопад 2015 року с. 15-21, та тезові доповіді у збірнику «Матеріали XX науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів ЗДІА».

Структура і об'єм магістерської роботи:

Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань. Робота викладена на 94 сторінках комп'ютерного тексту, включає 16 таблиць, 14 рисунків, 32 джерела.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність і значення теми, визначено мету і завдання кваліфікаційної роботи магістра.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ

У першому розділі розкрито загальну характеристику об'єкта дослідження, запропоновано задачу оптимізації варіантів енергозбереження та енергозабезпечення досліджуваного підприємства та алгоритм її використання.

Енергозабезпечення та енергозбереження як процеси тісно взаємопов'язані між собою, проте спричиняють протилежні за економічною суттю наслідки: підвищення ефективності процесів виробництва енергії знижує її собівартість, робить менш ефективними заходи з енергозбереження, і навпаки, реалізація енергозберігаючого потенціалу підприємства призводить до зниження обсягів енергоспоживання, при цьому падає ККД енергогенеруючого обладнання, і зростає собівартість виробництва енергії.

Підбір обладнання недостатньої потужності може спричинити дефіцит енергії для підприємства, що відповідає принципам обмеження енерговикористання, а не енергоефективності. Натомість неповна реалізація енергозберігаючого потенціалу (часткове впровадження заходів) викликає додаткові поточні витрати, які зростатимуть одночасно з підвищенням вартості енергоресурсів.

Виходячи з цього систематизовано заходи підвищення енергоефективності тваринницької ферми з тепличним господарством, що приведено на рисунку 1.

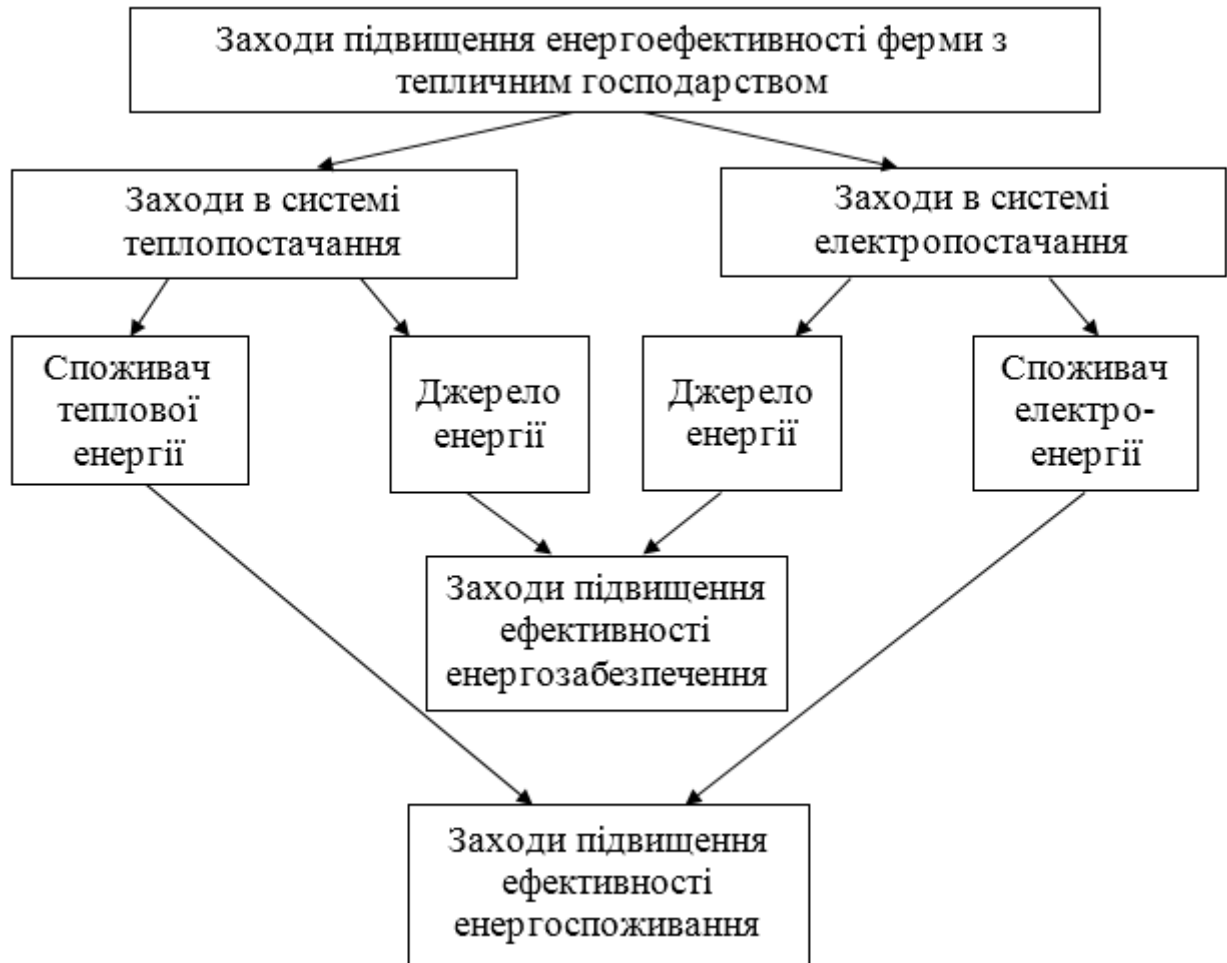


Рисунок 1 – Шляхи підвищення енергоефективності агропромислового комплексу на базі тваринницької ферми з тепличним господарством

Для пошуку оптимального варіанта енергозабезпечення підприємства та впровадження енергозберігаючих заходів запропоновано задачу оптимізації з цільовою функцією, що відповідає мінімальним енерговитратам, з обмеженнями щодо реалізації програми енергозбереження та запропонованих джерел енергозабезпечення досліджуваного підприємства.

Витрати на споживання енергоресурсів дорівнюють сумі добутків собівартостей Z_{ij} на величини енергії, що виробляються X_{ij} .

Під час формулювання обмежень задачі оптимізації враховуємо неможливість одночасної реалізації альтернативних проектів щодо джерел енергозабезпечення, реалізацію програми енергозбереження в повному обсязі або частково, а також використання біогазової установки як джерела енергії

моно- або бівалентно з іншим джерелом шляхом введення додаткових умовних змінних.

$$\left\{ \begin{array}{l}
 Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p \sum_{f=1}^g T_{npuej} \cdot y_{ik} \cdot y_{jf} (Z_{ij} \cdot X_{ij} \cdot -C_{W(Q)} \cdot (A_i - B_j)) \rightarrow \min ; \\
 \sum_{j=1..m} X_{ij} = A_{ij} ; \\
 \sum_{i=1..n} X_{ij} = B_{ij} ; \\
 X_{ij} \geq 0 ; \\
 X_{ij} = 0 ; \\
 \sum_{f=1}^g y_{jf} = 1 ; \\
 \sum_{k=1}^p y_{ik} = 1 .
 \end{array} \right.$$

де X_{ij} - потужність i -го обладнання, яка буде задовольняти потреби в енергії j -го споживача; Z_{ij} - собівартість виробництва енергії; T_{npue} - приведена кількість годин споживання енергії при максимальній потужності обладнання; $k=1..p$ - альтернатива вибору генеруючого обладнання для кожного джерела енергоспоживання; $f=1..g$ - комбінації впровадження енергозберігаючих заходів для кожного об'єкта енергоспоживання; $C_{W(Q)}$ - ціна продажу електричної (теплової) енергії; A_i - потужність кожного джерела з n ; B_j - потужність кожного з m споживача.

Розроблено алгоритм використання задачі оптимізації джерел енергозабезпечення підприємства, який наведено на рисунку 2.

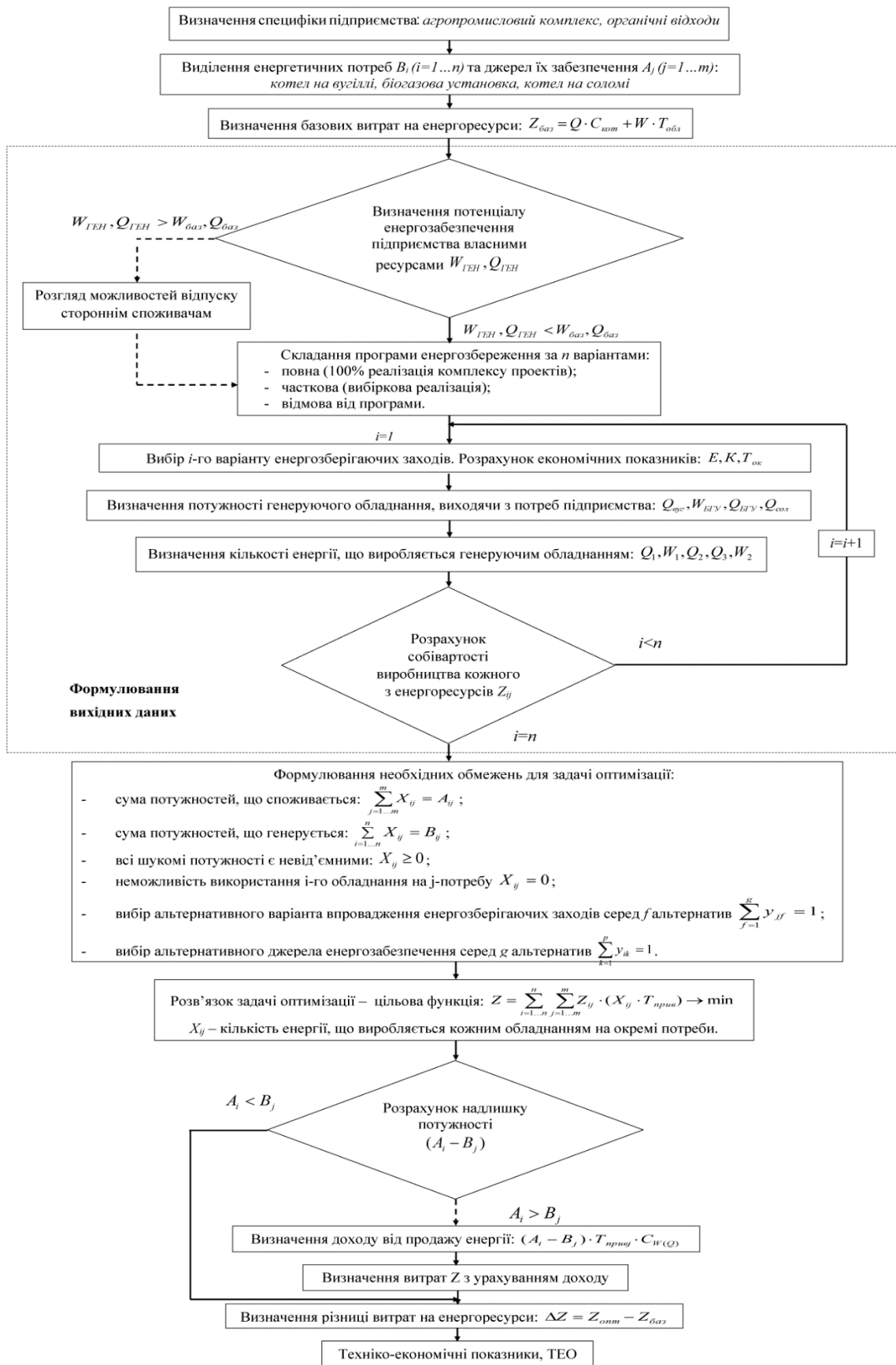


Рисунок 2 – Алгоритм використання задачі оптимізації джерел енергозабезпечення досліджуваного підприємства

**РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА В ПРОЦЕСАХ
ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГІЇ ТА ЇЇ СПОЖИВАННЯ**

У другому розділі проаналізовано енергоспоживання тваринницької ферми з тепличним господарством та підібрано енергогенеруюче обладнання, виходячи з потреб та потенціалу тваринницької ферми.

Структура споживання енергії та грошові витрати на енергоресурси для досліджуваного підприємства наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Річне споживання енергії за об'єктами ферми

Об'єкт	Теплова енергія Q , Гкал	Електрична енергія W , тис. кВт·год	Витрати на теплову енергію, тис. грн.	Витрати на електричну енергію, тис. грн.	Сумарні витрати, тис. грн.
Теплиця	1010	1236	2090,5	1829,5	3920
Корівник	79	294	156,4	433,8	590,2
Охолодження молока	-	256	-	364,2	364,2
Будівлі	12	20	3,6	22,3	25,9
Всього	1101	1806	2250,5	2649,8	4900,3

Досліджуване підприємство являє собою тваринницьку ферму з тепличним господарством, який працює з виробництвом молочного скота та молока на 2000 голів худоби, а також 10000 м² теплиці із різноманітними сільськогосподарськими культурами.

Враховуючи високі операційні витрати та витрати на забезпечення енергією головних об'єктів ферми (корівник, теплиця, адміністративні та складські приміщення), виділено ключові технічні рішення з енергозбереження агропромислового комплексу та розраховано їх параметри. Для досліджуваного

підприємства виділяється декілька альтернативних варіантів впровадження енергозберігаючих технологій:

- базовий варіант без енергозбереження;
- часткова реалізація енергозберігаючих заходів (теплоізоляція конструкції теплиці, ізоляція паропроводу від котлів, система зашторювання теплиці, двоступенева система охолодження з теплоутилізацією, автоматизація системи вентиляції, оновлення склопакетів);
- реалізація 100% енергозберігаючого потенціалу (додатково до обраних вище теплоізоляція конструкції теплиці, зовнішня теплоізоляція адміністративних будівель).

Головним методом підвищення енергоефективності в сільському господарстві є забезпечення виробництва власним незалежним джерелом електричної енергії, яка виробляється завдяки переробки органічних відходів, які в повному обсязі мають в своєму розпорядженні тваринницькі ферми. Визначено, що тваринницька ферма при утриманні великої рогатої худоби у кількості 2000 голів, виробляє приблизно 25000 тонн органічних відходів з вологістю 85%. При їх переробці можливо отримати 4200 м³ біогазу, що еквівалентно 2562 м³ природного газу.

Вибір потужності обладнання здійснюється окремо для трьох варіантів впровадження енергозберігаючих заходів (реалізація 100% енергозберігаючого потенціалу, часткова реалізація енергозберігаючих заходів та варіант без енергозбереження).

Тому запропоновано встановлення біопаливного котла для забезпечення тепловою енергією теплиці та біогазової установки для виробництва електричної енергії для задоволення потреб всіх споживачів електричної енергії та забезпечення тепловою енергією корівника та адміністративних будівель.

У таблиці 2 наведено вибір потужності генеруючого обладнання відносно впровадження програми енергозбереження.

Таблиця 2 – Результати вибору потужності генеруючого обладнання

Потужність генеруючого обладнання відносно впровадження програми енергозбереження, кВт		Повна реалізація програми енергозбереження	Часткова реалізація програми енергозбереження	Відсутня реалізація програми енергозбереження
Вугільна котельня		600	1200	1800
Біопаливна котельня		600	1000	1800
Біогазова установка	Теплова	187		
	Електрична	288		

У таблиці 2 приведено вибір потужності біопаливної котельні за потребами досліджуваного підприємства у тепловій енергії, а біогазової установки за потенціалом виробництва енергії.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ

У третьому розділі розглянуто доцільність оптимізації енергозбереження та енергозабезпечення з критерієм мінімальних витрат на паливно-енергетичні ресурси на прикладі тваринницької ферми з тепличним господарством.

У таблиці 3 представлено результат розрахунку собівартості енергії для альтернативних варіантів енергозабезпечення при різних значеннях потужності, що споживається об'єктом, в результаті повного або часткового впровадження енергозберігаючих заходів.

Біогазова установка виробляє електричну енергію з собівартістю нижче діючого тарифу, а найменшу собівартість теплової енергії забезпечує

біопаливний котел, в той час як від діючої котельні на вугіллі варто відмовитися, оскільки при впровадженні енергозберігаючих технологій за рахунок зниження ККД при падінні обсягів енергоспоживання собівартість виробництва енергії зросте на 20%.

Таблиця 3 – Собівартість енергоресурсів, грн/кВт·год

Собівартість виробництва енергії від i -го джерела для j -го споживача, грн/кВт·год			Потужність споживача V_j , кВт									
			W	$Q_{тепліці}$			$Q_{корівника}$			$Q_{будівлі}$		
				$P=208$	$N_{T1=}$ 1640	$N_{T2=}$ 950	$N_{T3=}$ 505	$N_{K1=}$ 125	$N_{K2=}$ 71	$N_{K3=}$ 40	$N_{B1=}$ 25	$N_{B2=}$ 14
Потужність джерела A_i , кВт	Діюча котельня (вугілля)	$N=1800$	-	0,688	0,781	0,87	0,688	0,781	0,87	0,688	0,781	0,87
	Біогазова установка	$P=288$	0,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		$N=187$	-	0,804	0,784	0,762	0,745	0,72	0,705	0,68	0,671	0,663
	Котел на біопаливі (солома)	$N_{BK3}=1800$	-	0,324	-	-	0,324	-	-	0,324	-	-
		$N_{BK2}=1000$	-	-	0,39	-	-	0,39	-	-	0,39	-
		$N_{BK1}=600$	-	-	-	0,451	-	-	0,451	-	-	0,451
	Електрична мережа	$P=\infty$	1,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Розв'язано задачу оптимізації за допомогою програми Microsoft Excel пошуку рішень еволюційним методом відносно потреб в енергоресурсах на підприємстві та джерел їх забезпечення.

У таблиці 4 наведено показники оптимального варіанта енергозбереження та енергозабезпечення тваринницької ферми з тепличним господарством, обраного програмою.

Таблиця 4 – Показники оптимального рішення енергозбереження та енергозабезпечення підприємства

Собівартість виробництва енергії від i -го джерела для j -го споживача, грн/кВт·год			Потужність споживача B_j , кВт				
			W	$Q_{теплиці}$	$Q_{корівника}$	$Q_{будівель}$	
			208	505	71	14	
Потужність джерела A_i ,	Біопаливна котельня		600	-	0,451	0,39	0,39
	Біогазова установка	Теплова	187	-	0,762	0,72	0,671
		Електрична	288	0,63	-	-	-

Оптимальним рішенням є впровадження програми енергозбереження: для теплиці – повна реалізація програми, для корівника та адміністративних будівель – часткова. За рахунок впровадження енергозберігаючих рішень для теплиці запропоновано встановити котел на соломі потужністю 600 кВт, енергозабезпечення корівника та допоміжних будівель здійснюється від біогазової установки, яка також повністю покриває потреби в електричній енергії.

Проведено техніко-економічне обґрунтування впровадження заходів з енергозбереження та джерел енергозабезпечення на підприємстві, що наведено у таблиці 5.

Таблиця 5 – Техніко-економічні показники заходів з енергозбереження та енергозабезпечення ферми

Заходи	Капітальні вкладення K , тис. грн	Економічний ефект E , тис. грн	Термін окупності T , років
1	2	3	4
Програма енергозбереження			
Теплоізоляція конструкції теплиці	1680,8	311,3	5,4
Ізоляція паропроводу від котлів	48	26,7	1,8

Продовження таблиці 5

1	2	3	4
Система зашторювання теплиці	64,8	20,3	3,2
Двоступенева система охолодження з теплоутилізацією	2400	324,3	7,4
Автоматизація системи вентиляції	619,2	93,8	6,6
Оновлення склопакетів	820	167,3	4,9
Всього	5632,8	953,7	5,2
Джерела енергозабезпечення			
Біогазова установка	25036,8	4470,9	5,6
Біопаливний котел	2472	772,5	3,2
Всього	33141,6	4564,2	4,4

У таблиці 6 наведено порівняльну характеристику основних показників оптимального варіанту енергозбереження та енергозабезпечення досліджуваного підприємства з базовим варіантом.

Таблиця 6 – Порівняльна характеристика енергозабезпечення тваринницької ферми

Показник		Базовий варіант	Оптимальний варіант
1	2	3	4
Споживання енергії, тис кВт·год	теплової	7673	2374
	електричної	1806	1806
Витрати на енергію, тис грн	теплову	5278,3	1122,6
	електричну	2672,9	2260,4
	всього	7951,2	3387

Продовження таблиці 6

1	2	3	4
Надлишок потужності, кВт (енергії, тис кВт·год)	теплової	-	233 (998)
	електричної	-	80(280÷400)
Доходи від продажу енергії, тис грн	теплової	-	1161÷1742
	електричної	-	830÷1180
	всього	-	1991÷2922

При капітальних вкладеннях у проект підвищення енергоефективності підприємства, що включає всі обрані за оптимальним варіантом заходи, близько 30 млн. грн щорічний грошовий потік становить 6555÷7486 млн. грн і забезпечує термін окупності 4÷4,5 років залежно від обсягів виробництва та продажу енергії, розміру тарифів на енергоресурси, що є доволі прийнятним для інвесторів показником.

ВИСНОВКИ

У висновках коротко викладено найважливіші наукові та практичні результати. Виконані наступні завдання:

1. Енергозберігаючі заходи можна систематизувати за видом енергії та за процесом, в якому енергія приймає участь. Підвищення енергоефективності можна досягти як за рахунок зниження споживання енергії, так і за рахунок зниження собівартості її виробництва. Для сільськогосподарських підприємств потреби в енергії можна задовольнити за рахунок відходів тваринницького та природного походження; для об'єкту дослідження - 100% потреби гарячого водопостачання і 70% теплової енергії на опалення, 90% потреби в електричній потужності.

2. Велика кількість альтернативних варіантів енергозберігаючих заходів та заходів енергозабезпечення підприємства зумовлює використання задачі

оптимізації. Обрана цільова функція відповідає мінімальним витратам підприємства на енергоресурси. Визначені обмеження за обсягами енергії, що споживається окремими споживачами та виробляється певним генеруючим обладнанням з урахуванням альтернативних варіантів енергозбереження та енергозабезпечення підприємства. Для зниження витрат підприємства на енергоресурси враховується можливість продажу надлишку електричної енергії за «зеленим тарифом» та теплової - стороннім споживачам.

3. Розроблено алгоритм, в якому передбачено визначення потенціалу енергозабезпечення підприємства за рахунок утилізації відходів великої рогатої худоби, складання різних варіантів програми енергозбереження, формулювання вихідних даних задачі оптимізації, розрахунок витрат на енергоресурси з урахування доходів від продажу енергії та визначення техніко-економічних показників оптимального рішення.

4. Для об'єкта дослідження - тваринницької ферми на 2000 голів та теплиці на 10000 м² оптимальним рішенням є:

- 1) повна реалізація програми енергозбереження для теплиці;
- 2) часткова - для корівника та адміністративних будівель;
- 3) обрані потужності біопаливного котла - 600 кВт та біогазової установки 288 кВт електричної та 187 кВт теплової потужності повністю покривають потреби підприємства в енергоресурсах.

Капітальні витрати комплексного проекту 33,1 млн. грн. Витрати на паливно-енергетичні ресурси порівняно з базовим варіантом знизились на 57%. Річний економічний ефект з урахуванням продажу надлишку енергії 7,5 млн. грн. Термін окупності 4,4 роки.