

**Сердюк В. Р.**

*д.т.н., професор, професор кафедри інженерних систем у будівництві  
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна*

**Франишина С. Ю.**

*аспірант кафедри інженерних систем у будівництві  
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна*

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ В АСПЕКТИ ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ**

В умовах підвищення цін та тарифів на енергетичні ресурси, більшість господарюючих суб'єктів здійснюють переорієнтацію свого енергетичного господарства, намагаючись знизити свою залежність від дорогих енергоносіїв. Проте в умовах функціонування українського бізнесу процеси, пов'язані із реалізацією енергозбереження та підвищення рівня енергетичної ефективності, відбуваються без будь-якої державної підтримки. За офіційними статистичними даними, найбільш поширеним джерелом фінансування заходів в основний капітал на вітчизняних підприємствах залишаються власні кошти (прибуток, амортизаційні відрахування) – 65% від загального обсягу інвестиційних ресурсів. А надалі ситуація ускладнюється тим, що близько 48% промислових вітчизняних підприємств функціонують із негативним фінансовим результатом, що практично унеможливорює рефінансування технічного розвитку власного виробництва, ступінь зносу основного обладнання на яких перевищує 76% [1, с.248].

Такі явища дуже гостро суперечать світовому досвіду державної підтримки, активізації процесів енергозбереження та методів забезпечення енергетичної ефективності промислового сектору. Державна політика, що характерна більшості розвинених країн, підтверджує необхідність застосування стимулювання та мотивації. Так, в цих країнах одночасно із податковим стимулюванням здійснюється масштабна інвестиційно-кредитна підтримка

внутрішнього виробника за рахунок надання дешевих державних позик і проведення політики дешевих і доступних комерційних кредитів[2, с. 8].

Євроінтеграційні процеси економіки України створюють передумови та визначають необхідність ощадливого споживання паливно-енергетичних ресурсів. Запровадження зони вільної торгівлі між Україною та ЄС з 01.01.2016 року вимагає від вітчизняного виробника якісно нового підходу до ведення господарської діяльності, рівня організації виробничих відносин та зміни відношення до використання ресурсів в напрямку підвищення їх раціонального та ощадливого споживання. І навіть за умови відсутності експортноорієнтованої маркетингової стратегії в діяльності окремого підприємства, необхідність якісного коригування зумовлено адаптацією та гармонізацією сфери технічного регулювання національного законодавства зі стандартами ЄС [3, с.85].

Технічно-можливий ресурс, з яким український виробник вливається в європейський, а отже і світовий економічний простір, вимірюється сьогодні значним розривом та суттєвим технологічним відставанням. А тому і потенціал підвищення енергетичної ефективності, використання вторинних енергетичних ресурсів, альтернативних та відновлювальних джерел на вітчизняних підприємствах – колосальний. Ефективність проведення заходів, пов'язаних із технічним переоснащенням, модернізацією, оновленням основного парку обладнання на об'єкті здійснюється з урахуванням мультиплікативного ефекту, сформованого в напрямку покращення екологічного, технічного, енергетичного та економічного рівнів господарювання.

Проблематика енергозбереження найбільш важливим чином стосується реалізації основних напрямків зниження енергетичних витрат на виконання основних технологічних процесів, робіт, операцій. Для цього на кожному рівні управління необхідно мати відповідну інформацію про можливі резерви на усіх ланках виробництва, зокрема дані, що стосуються роботи та енергетичної потреби устаткування, агрегатів, технологічних ланок, окремих технологічних операцій.

Вивчення та детальний аналіз технологічної схеми виробництва основної продукції на підприємстві із деталізацією процесів та операцій за окремими структурними підрозділами, переліком обладнання, машин, механізмів, дозволить провести комплексну діагностику рівня енергетичної ефективності, визначити основних споживачів за окремими видами паливно-енергетичних ресурсів.

На досліджуваному підприємстві з виробництва залізобетонної продукції визначались напрямки розробки заходів підвищення енергетичної ефективності та реалізації енергозберігаючої діяльності. Відповідно на початковому етапі діагностування, встановлено основні види енергетичних ресурсів, що забезпечують виробничо-технологічний процес на об'єкті. На основі даних звітності, журналів обліку, відомостей оперативного контролю споживання паливно-енергетичних ресурсів за окремими структурними підрозділами визначено структурних споживачів з найбільшим обсягом використання окремих видів паливно-енергетичних ресурсів (рис. 1).

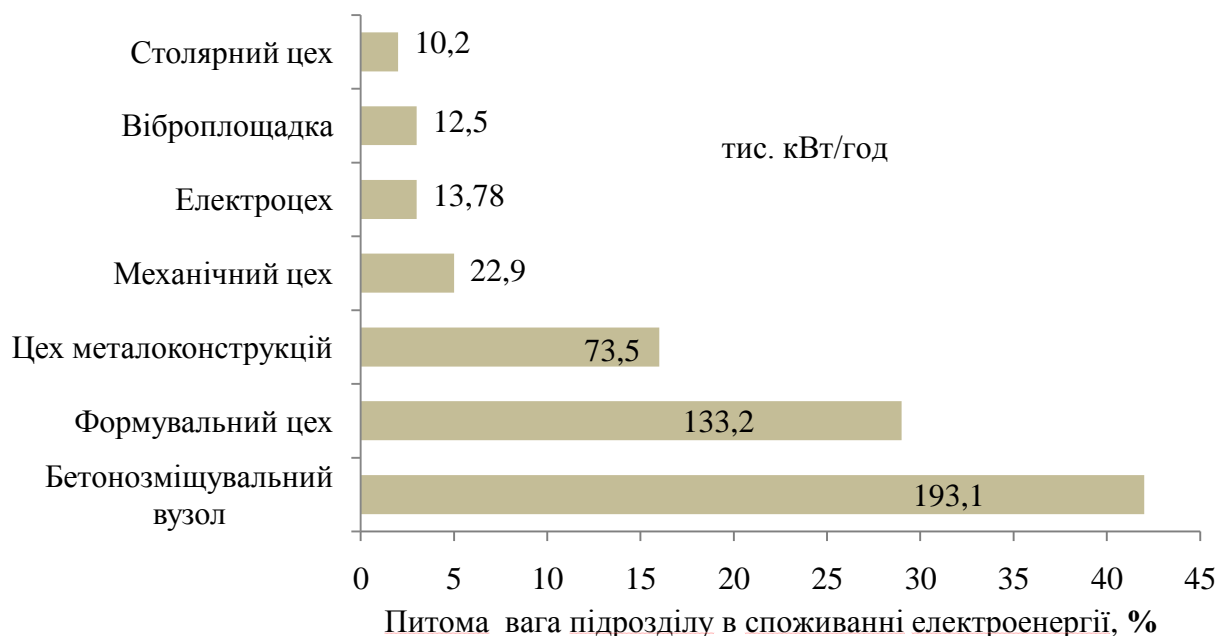


Рис. 1. Річне споживання електроенергії окремими структурними підрозділами залізобетонного виробництва

Джерело: розраховано авторами

За даними рис.1 встановлено, що найбільший обсяг споживання електроенергії припадає на бетонозмішувальний вузол близько 193,1 тис. кВт/год., або майже 42% річного загальнопромислового споживання. Детальний аналіз технологічної схеми приготування бетонних сумішей та розчинів, експлуатаційних особливостей роботи енергогенеруючого обладнання, режимів завантаження із зазначенням встановленої потужності дозволив визначити основних споживачів електричної енергії даним структурним підрозділом. В результаті аналізу здійснено ранжування основних об'єктів енергетичного господарства за встановленою потужністю (табл.1). Деталізація укомплектованості окремого структурного підрозділу дозволить реалізувати об'єктний підхід до управління енергетичною ефективністю.

*Таблиця 1*

***Перелік обладнання та характеристика встановленої потужності бетонозмішувального вузла***

№	Перелік обладнання	Характеристика		Загальна потужність, кВт
		Встановлена потужність, кВт	Кількість, одн.	
1	Повітряні компресори	132	1	132
2	Транспортери, в тому числі: - підземна галерея - проміжна галерея - перехідна галерея - наклонна галерея	30 35 30 35	1 1 1 1	130
3	Бетонозмішувачі примусової дії	32	4	128
4	Пневмоциліндри на затворках	7,5	4	30
5	Насоси: - водяні	10	3	30
6	Система аспірації, фільтрації	15	2	30
7	Шнеки подачі мінерального в'язучого	20	2	40
8	Вагові дозатори інертних наповнювачів та мінерального в'язучого	1,1	2	2,2

*Джерело: розраховано авторами*

Як відомо, найбільш енергоємною виробничою системою, що характеризується високим рівнем споживання стисненого повітря є

компресорні установки та станції. Процес стиснення повітря супроводжується значним виділенням тепла.

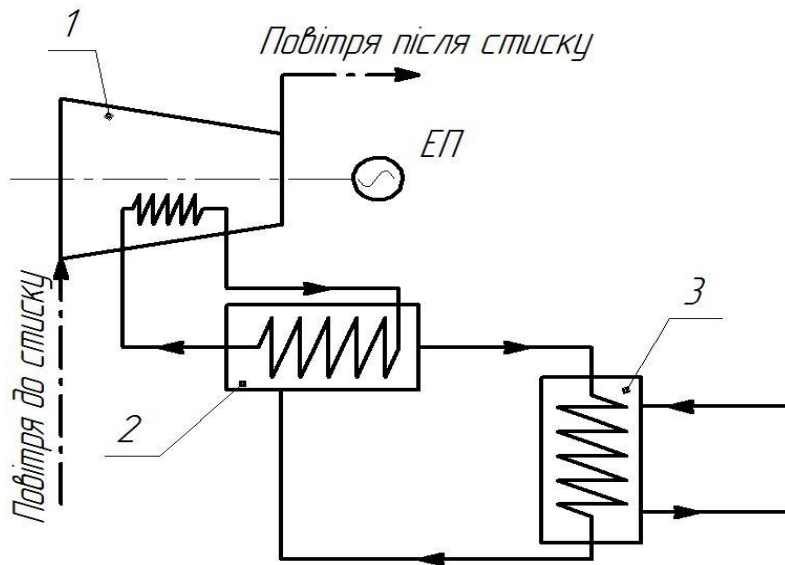
Підприємства з виробництва залізобетонної продукції для транспортування та подачі мінерального в'язучого та інертних матеріалів використовують потужні повітряні компресори, що виявляються чи не найбільшими споживачами електроенергії бетонозмішувального вузла на підприємстві. Коефіцієнт корисної дії самого технологічного процесу виробництва стисненого повітря не перевищує 40%. Більше того, виробництво стисненого повітря характеризується низькою ефективністю, так як лише близько 15% корисної енергії залишається в стисненому повітрі, а решта теплової енергії фактично втрачається та надходить в навколишнє середовище[4]. Тому корисне використання теплової енергії, згенерованої внаслідок охолодження мастильного матеріалу роботи компресора один із основних напрямків використання вторинних енергетичних ресурсів.

Компресор потужністю 132 кВт та продуктивністю 0,45 м<sup>3</sup>/с стисненого повітря продукує втрати теплової енергії, що можуть бути корисно використані на потреби підприємства. Тому на досліджуваному об'єкті проведені роботи, пов'язані з удосконаленням системи виробництва стисненого повітря шляхом встановлення системи рекуперації теплової енергії (рис.2). Наразі підприємство використовує компресорну установку із рекуператором для акумуляції теплоти масла для потреб гарячого водопостачання та частково на опалення цеху.

Постає завдання комплексної оцінки основних показників ефективності удосконаленої компресорної установки, розрахунку ККД такої установки, обсягу корисно утилізованої енергії та економічної ефективності від такого впровадження. Оцінці підлягають технічний, енергетичний, екологічний ефекти, що безумовно матимуть місце, але й показники економічної ефективності, що актуально та необхідно в умовах обмеженості фінансових ресурсів, особливо за умови потреби в зовнішньому фінансуванні.

Технічний, як і енергетичний ефекти від модернізації системи охолодження масла компресорної установки, базуються на розв'язанні

математичної задачі, із формуванням відповідної математичної моделі, як інструменту вибору оптимального напрямку інвестування та прийняття управлінських рішень в поліваріантному середовищі.



1 – компресор; 2 – рекуператор; 3 – нагрівник;

Рис. 2 Принципова теплова схема роботи компресорної установки з рекуператором

Розрахунок ККД компресорної установки можна здійснити на основі підбору параметрів та показників роботи її складових компонентів[5, с.231; 6, с.66-69; 7, с.4], зокрема:

- масова витрата повітря, кг/с;

$$G_n = V_n * \rho \quad (1)$$

де,  $V_n$  - продуктивність компресора м<sup>3</sup>/с.;  $\rho$  - густина повітря кг/ м<sup>3</sup>;

- питома робота компресора, кДж/кг;

$$l = \frac{n * R * T_1}{(n-1) \left( 1 - \lambda^{\frac{(n-1)}{n}} \right)} \quad (2)$$

де,  $n$  - показник політропи;  $R$  - газова стала повітря, кДж/(кг\*К);

$T_1$  – абсолютна температура повітря на вході в компресор, К;  $\lambda$  - міра підвищення тиску;

- потужність, затрачена на стиск повітря, кВт;

$$L = l * G_n \quad (3)$$

- ККД компресора;

$$\eta = \frac{L}{N_e} \quad (4)$$

де,  $N_e$  - встановлена потужність компресора кВт;

- ККД компресорної установки;

$$\eta_{ky} = \frac{L + \sum Q_n}{N_e} \quad (5)$$

де,  $\sum Q_n$  - загальна потужність нагрівника кВт ;

- обсяг економії енергетичного ресурсу, м<sup>3</sup>/с

$$E_n = \frac{\sum Q_n}{Q_n^p * \eta_{кот}} \quad (6)$$

де,  $Q_n^p$  - для природного газу прийнято на рівні 30 МДж/м<sup>3</sup>;  $\eta_{кот}$  - коефіцієнт корисної дії газового котла визначено на рівні 0,9.

За експериментальними даними та результатами вимірювань отримана загальна потужність нагрівника  $\sum Q_n$ , що складає 11,2 кВт.

Результати енергетичних, технічних розрахунків роботи компресорної установки з урахуванням показників економічної ефективності інвестиційних витрат [8, 83-92] наведено в табл. 2. Безумовно, на обсяг зрекуперованої теплової енергії впливає низка показників, таких як виробнича завантаженість підприємства і, як наслідок, час корисної роботи компресорної установки, режим експлуатації тощо.

**Техніко-економічні показники ефективності  
рекуперації теплової енергії компресорної установки**

№	Показник	Один. вим.	Значення
1	Масова витрата повітря	кг/с	0,54
2	Питома робота компресора	кДж/кг	-118,6
3	Потужність, затрачена на стиск повітря	кВт	64,31
4	ККД компресора	-	0,49
5	ККД компресорної установки	-	0,57
6	Обсяг економії енергетичного ресурсу внаслідок рекуперації	м <sup>3</sup> /с	0,00042
7	Річний обсяг економії природного газу	м <sup>3</sup>	1995,84
8	Обсяг річна економії (вартість природного газу прийнято на рівні 10757,52 грн/тис. м <sup>3</sup> , для промислових споживачів від 01.03.2018 р.)	грн.	21475,24
9	Простий термін окупності (інвестиційні витрати 185 тис. грн.)	роки	8,6
10	Індекс прибутковості	-	0,12

*Джерело: розраховано авторами*

Вивчення режиму роботи компресорної установки дозволило встановити середню тривалість її роботи на рівні 5 годин на добу. Наразі підприємству вдається корисно утилізувати лише близько 10% тепла, проте резервні можливості оцінюються на рівні 40%. Більшість із цих факторів негативно вплинули на термін окупності інвестиційних вкладень та індекс прибутковості проведених заходів.

Важливим складовим елементом комплексної оцінки ефективності споживання паливно-енергетичних ресурсів на підприємстві є зниження екологічного навантаження та теплового забруднення довкілля внаслідок корисної утилізації теплової енергії. Зменшення викидів парникових газів від скорочення обсягів споживання 1 тис. м<sup>3</sup> природного газу становить: оксиду азоту – на 2,5 кг, оксиду вуглецю – на 8 кг[9,10].

Цілеспрямовано організувати ефективну експлуатацію основного виробничого обладнання з метою виявлення резервів можливої економії



енергетичних ресурсів на підприємстві – важлива задача стратегічного управління. Проте, організація процесів підвищення енергетичної ефективності в реальних умовах господарювання не проста практична задача. Підприємства функціонують за умови відкритої системи, де процеси відбуваються під впливом цілої сукупності як внутрішніх, так і зовнішніх факторів, тож отримані результати впровадження енергозберігаючого проекту можуть мати значні відхилення від очікуваних, та тих, що відбуваються в закритих системах за умов ідеальної роботи енергетичного обладнання.

Неналежна якість менеджменту та інвестиційного планування, брак достатнього практичного досвіду в реалізації проектів з енергозбереження в інженерно-технічному персоналі виробничих підприємств, відсутність повного та детального розрахунку техніко-економічних показників, проектно-конструкторських рішень – фактори, що негативно впливають на результативність впроваджуваних заходів.

Відсутність механізмів державної підтримки та інструментів стимулювання активізації процесів підвищення енергетичної ефективності вітчизняного промислового товаровиробника фактично паралізує інвестиційну активність та блокує стратегічну спрямованість фінансового ресурсу в енергоощадність, комплексну технічну модернізацію та технологічне переоснащення реального сектору економіки. Натомість агресивна цінова та тарифна політика на енергоносії хоча і має певний вплив на стимулювання енергозбереження, сприяє зростанню частки тіньового виробництва, збільшенню кількості підприємств, що втрачають конкурентоспроможність в таких умовах.

### **Список використаних джерел**

1. Статистичний щорічник України за 2016 рік. Державна служба статистики України / за редакцією І. Є. Вернера – Київ. – 2017. – 611с.
2. Кіндзерський Ю. В. Деструктиви промислової політики в Україні та можливості їх подолання. – Економіка України. – 2012. – №12. – С. 4-16.

3. Сердюк Т. В. Організаційно-управлінське забезпечення процесу підвищення енергетичної ефективності виробництва [Текст] / Т. В. Сердюк, С. Ю. Франишина // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Будівельне виробництво». Науково-дослідний інститут будівельного виробництва. Київ : КНУБА. – 2017. – №62/1. – 127с. – С. 82-87.

4. Сердюк В. Р. Ефективність використання вторинних енергетичних ресурсів на підприємствах залізобетонного виробництва //В. Р. Сердюк, С. Ю. Франишина // Матеріали науково-технічної конференції ВНТУ. – Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2018/paper/view/4495>

5. Буляндра О. Ф Технічна термодинаміка: Підруч. для студентів енерг. спец. вищ. навч. закладів. – К.: Техніка, 2001. – 320 с.

6. Ткаченко С. Й. Технічна термодинаміка в прикладах і задачах /С. Й. Ткаченко, М. М. Чепурний. – Навчальний посібник. Вінниця, ВНТУ, 2005. – 133 с.

7. Ткаченко С. Й. Підбір параметрів енергетичного обладнання для переробного підприємства / С. Й. Ткаченко, Д. І. Денесяк. – Електронний ресурс. – Режим доступу: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2016/paper/view/588/820>.

8. Сердюк Т. В. Бізнес-план інвестиційного проекту. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ. – 2002. – 135 с.

9. Герасимов Г. Г. Енергоощадність в теплоенергетиці. Навчальний посібник. – Рівне: Червінко А. В., 2015. –382 с.

10. Варламов Г. Б. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії / Г. Б. Варламов, Г.М. Любчик, В. А. Маляренко // Підручник. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”. – 2003. – 232 с.