

Міжгалузеві технології, що здатні підвищити енергоефективність українських промислових підприємств



Зміст

.....

Передмова	6
I. Енергоефективні пальники та котли	8
II. Теплоізоляція виробничого обладнання та елементів теплових мереж	15
III. Рекуперація тепла	24
IV. Оптимізація систем виробництва та розподілу стисненого повітря	29
V. Застосування енергоефективних електроприводів	38
VI. Енергоефективні джерела світла та освітлювальні прилади	46
VII. Енергетичний менеджмент	54

.....

Видавець:

Проект «Консультавання підприємств щодо енергоефективності»
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

За дорученням:

Федерального міністерства економічного
співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ)

Місце знаходження видавця:

вул. Антоновича, 16-Б
м. Київ, Україна, 01004
+38 044 594 07 60
<https://www.giz.de/ukraine-ua>

Загальне управління проектом: Рікардо Кюльхайм

Автори: Дірк Кьовенер, Бруно Вільгельм

За участі:

Анатолій Чернявський, Павло Пертко, Світлана Чеботарьова,
Ганна Боднар, Аліна Рекрутяк

Дизайн: Анна Димарська

Фото: The Gate Agency

GIZ несе відповідальність за зміст цієї публікації.

© GIZ 2021

Передмова

Ефективність використання енергії в різних її формах (електроенергія, тепло, холод, стиснене повітря тощо) завжди суттєво впливала на ефективність виробництва продукції як для підприємств України, так і всього світу. В Україні показник енергоємності промислового виробництва (питоме споживання енергії на одиницю продукції) учетверо перевищує відповідний середній показник Європейського Союзу. Це одна з причин того, що швидко зростаючі ціни на енергію в країні роблять

енергоспоживання суттєвим чинником собівартості виробництва продукції для місцевих підприємств. Керівники підприємств починають усвідомлювати, що більше не можуть витрачати енергію на неефективні виробничі процеси та подекуди застаріле обладнання. Відповідно, застосування енергоефективних технологій стає питанням економічного виживання та конкурентоспроможності для дедалі більшої кількості підприємств країни.

З 2017 року Федеральне міністерство економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ) надає Україні підтримку у підвищенні енергоефективності у промисловості. Проєкт «Консультавання підприємств щодо енергоефективності» виконується компанією Deutsche Gesellschaft the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH спільно з Міністерством економіки України. У рамках співпраці було

проведено енергоаудити для 65 українських промислових підприємств. Висновки та рекомендації енергоаудитів допомогли підприємствам визначити та впровадити технічно та економічно доцільні заходи з енергоефективності. Результати практичної реалізації енергоефективних проєктів на українських підприємствах наведено як приклади до кожного розділу цієї брошури.

У цій брошурі наведено огляд найбільш поширених енергоефективних технологій, які можна застосовувати практично у всіх галузях промисловості з метою зменшення енергетичних втрат та підвищення енергоефективності підприємства. Йдеться, зокрема, про:

I застосування енергоефективних пальників та котлів

II поліпшення теплової ізоляції виробничого обладнання та елементів теплових мереж

III рекуперацію тепла

IV оптимізацію систем виробництва та розподілу стисненого повітря

V застосування енергоефективних електроприводів

VI застосування відновлюваних джерел енергії

VII енергоменеджмент



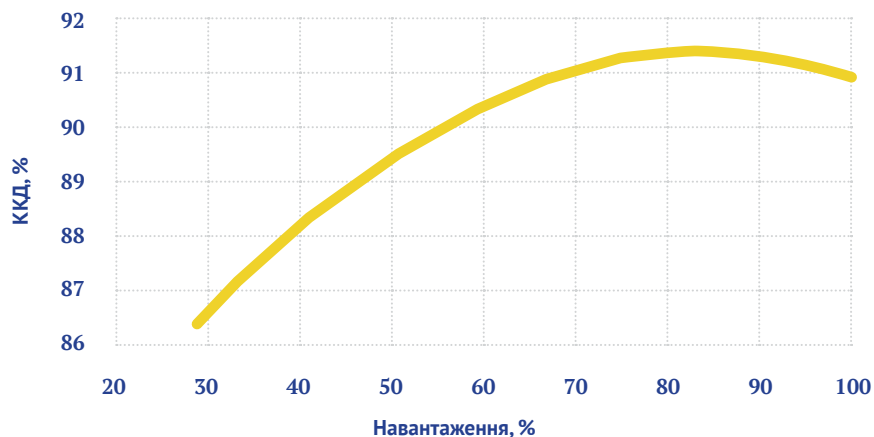
I. Енергоефективні пальники та котли

Сучасні парові котли мають показник енергоефективності на рівні 90–95 %. Натомість ККД існуючих (нерідко застарілих) котлів, що досі використовуються на українських підприємствах, зазвичай знаходиться у межах 70–80 %. Заміна котла може забезпечити до 25 % економії енергії. За поточних цін на енергоносії в Україні період окупності капіталовкладень у нові котли є зазвичай меншим за 4 роки.

Ідеальний режим експлуатації парових котлів передбачає їхню роботу на рівні 70–90 % номінальної потужності. Однак

виробництво нерідко зазнає добових чи сезонних коливань. У періоди зниження обсягів виробництва старі котли працюють у режимі часткового навантаження. Модульна конструкція нових котельних блоків дозволяє вимикати частину загальної потужності котла у період зниженого обсягу виробництва, постійно утримуючи решту потужності котла в оптимальному режимі експлуатації. Залежно від інтенсивності та періодичності коливань обсягів виробництва на певному підприємстві чи у галузі, котельня відповідної модульної конструкції здатна заощадити 5–10 % енергії.

Типова крива ККД парових котлів



Загальна енергоефективність котлів значною мірою залежить від якості пальників та систем управління ними. Нові пальники мають обладнуватися цифровою системою контролю, що дозволяє здійснювати моніторинг усіх основних параметрів роботи пальника та котла (наприклад, факела та димових газів). Також така система дозволяє в реальному часі оптимізувати роботу котла і підтримувати режим дистанційної діагностики та обслуговування пальника. Це дозволяє скоротити споживання та вартість енергії, а також загальні операційні та експлуатаційні видатки.

Для оптимальної енергоефективності пальники мають працювати не менше 2200 годин на рік. Завеликі пальники, які постійно доводиться вмикати та вимикати, спричиняють значні втрати тепла. Зменшення розміру пальникової форсунки може сприяти зменшенню кількості циклів.

У випадку встановлення нових котлів постійному підвищенню енергоефективності на виробництві можуть сприяти регулярне технічне обслуговування та постійна оптимізація системи опалення. До найбільш поширених заходів належать:

Щорічна перевірка, очистка та технічне обслуговування компонентів системи

Теплоізоляція та гідравлічне балансування розподільчої системи

Регулярна заміна автоматичних засобів контролю опалення та випускних засувок

Роз'єднання та послідовне увімкнення модульних котельних систем

Оптимізація температури теплоносія

Серед інших можливих заходів з енергоефективності котельного господарства можна виділити:

- Гідравлічне балансування: фахівець регулює компоненти системи розподілу теплоносія таким чином, що кожний споживач отримує саме ту кількість тепла, якої він потребує.

- Енергоефективні (частотно-регульовані) циркуляційні насоси: вартість заощадженої електроенергії може окупити інвестиції на реалізацію заходу упродовж 2–3 років, або навіть і швидше. Це залежить від фактичних коливань навантажень на підприємстві. Більш детально про застосування частотно-регульованих приводів (ЧРП) йдеться у VI розділі брошури.
- Заміна пошкодженої та монтаж відсутньої теплоізоляції на трубах систем гарячого водопостачання та опалення, а також на підвідних трубопроводах котельної допоможе скоротити теплові втрати та підвищити загальну енергоефективність. Про це більш детально розказано у II розділі.
- завеликі розміри котлів (теплопродуктивність перевищує теплове навантаження);
- палиникам або котлам понад 10 років;
- пальники працюють циклічно з короткими інтервалами;
- пальники досі не обладнані електронними засобами керування;
- прострочений термін режимно-наладжувальних випробувань котлів та пальників;
- циркуляційні насоси працюють у безперервному режимі;
- через відсутність або недостатнє постачання тепла від котлів на потреби опалення доводиться використовувати електричні нагрівачі чи системи кондиціонування повітря (електроенергія є найдорожчим видом енергії для обігріву).

Трапляється, що керівництво компанії може спочатку не мати бажання платити за комплексні енергоаудити котлів і пальників. Навіть у цьому випадку є декілька спрощених індикаторів, застосування яких дозволить на місці оцінити наявність потенціалу підвищення енергоефективності систем, пов'язаних з використанням теплової енергії. Сюди можна віднести:

Якщо наявний хоча б один із цих індикаторів, то капіталовкладення у встановлення енергоефективних котлів і пальників у більшості випадків повертаються завдяки енергозаощадженням. Наведені заходи можна поширити також на промислові печі, що працюють на традиційних видах палива.

ПРИКЛАД ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

Налаштування пальників котлів

на ТОВ «ЗОЛОТИЙ КОРОВАЙ»



Про компанію

ТОВ «ЗОЛОТИЙ КОРОВАЙ» – хлібопекарське підприємство, основною продукцією якого є хліб, хлібобулочні та кондитерські вироби. Компанія є однією з найбільших пекарень Житомирської області.



Рік заснування	1981
Галузь	Хлібопекарська
Кількість цехів	3
Кількість робочих змін	2
Тривалість робочих змін	11,5 год
Кількість працівників	614
Виробництво продукції	9 994 т/рік
Проектна потужність	120 т/добу
Фактична потужність	50 т/добу

Енергоефективні кроки

Для виробничих процесів переважно використовуються електрична енергія та природний газ. Оскільки котельне обладнання та печі є основними споживачами природного газу, вони стали відправною точкою енергоефективної модернізації підприємства.

Для підвищення рівня енергоефективності компанія «ЗОЛОТИЙ КОРОВАЙ» взяла участь у проєкті «Консультавання підприємств щодо енергоефективності».

За результатами енергоаудиту було виявлено, що у печах і котлах підприємства коефіцієнт надлишку повітря в середньому складав близько 2,4 при

допустимих значеннях 1,05 – 1,15. Відповідно, найоптимальнішим рішенням було провести приладове налаштування пальників котлів та печей.

Оскільки компанія не володіла необхідними технічними ресурсами для реалізації даного заходу, було вирішено залучити зовнішнього виконавця. Налаштування 12 пальників, 4 котлів та 8 печей тривало протягом 3 місяців. Для перевірки ефективності даного заходу було прийнято рішення впровадити систему моніторингу. Даний проєкт забезпечив підрозділи, в яких розташовані котельне обладнання та печі, власними лічильниками енергії.



Переваги для бізнесу

Впровадження цього заходу в комплексі зі встановленням детальної системи обліку споживання енергетичних ресурсів дозволило досягти значного скорочення споживання природного газу та заощадити кошти.

Супутні переваги, що були отримані від впровадження цих заходів:

- ✓ Покращення режиму горіння природного газу в топках котлів та печей
- ✓ Нормалізація температури та складу відхідних газів
- ✓ Підвищення обізнаності працівників компанії про переваги впровадження заходів з енергоефективності



Щоб досягти поставлених цілей, потрібно точно та детально вимірювати необхідні показники.



Вербицький Олександр
Заступник директора

Техніко-економічні показники

Захід з енергоефективності	Налаштування пальників котлів
Період впровадження	Квітень – серпень 2019
Вартість впровадження	62 060 грн
Період окупності	5 місяців
Річна економія витрат на енергію	161 000 грн
Річна економія енергії	237 МВт•год
Поліпшення енергоефективності	1,9 %
Річне скорочення викидів $\text{tCO}_{2\text{екв}}$	47,9

II. Теплоізоляція виробничого обладнання та елементів теплових мереж

Зазвичай температурні режими виробничих процесів знаходяться у межах від $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ до більш ніж $600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Відповідно, втрати енергії через недостатню теплоізоляцію виробничого обладнання та елементів теплових мереж значно перевищують втрати від поганої теплоізоляції у, наприклад, типових адміністративних приміщеннях. Теплоізоляційні матеріали призначені для зменшення втрат тепла трубопроводами та обладнанням теплових мереж, підтримання заданої температури теплоносія та температури на поверхні трубопроводів та обладнання. Теплоізоляція лише відкритих арматурних вузлів і трубопроводів може зменшити втрати тепла на 20 % і більше.

Існує велика кількість теплоізоляційних матеріалів. Найчастіше для теплоізоляції елементів теплових мереж використовують мінеральну вату, скловату, пінополіуретан, спінений каучук, пінопластову ізоляцію. Ці матеріали можуть бути як у вигляді рулонів різної товщини та довжини, так і у вигляді теплоізоляційних оболонок – шаралуп для різних зовнішніх діаметрів трубопроводів, різної товщини та з можливим металізованим покриттям.

Порівняльний аналіз фізичних властивостей основних матеріалів теплоізоляції елементів теплових мереж наведено в таблиці нижче.

Вид теплоізоляції труб	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м*К)	Щільність, кг/м ³	Діапазон робочих температур, °С	Пористість	Термін експлуатації, років
ППУ жорсткий	0,19–0,040	60–160	–150...+145	закрита	30
Пінополістирол	0,043–0,064	15–35	–80...+80	відкрита	15
Мінеральна вата	0,052–0,058	55–150	–40...+120	відкрита	5
Керамзит	0,120–0,180	200–250	–	відкрита	15
Коркова плита	0,050–0,060	220–240	–30...+90	закрита	3

Крім того, існують знімні теплоізоляційні виробни, так звані термочохли та термобокси, які встановлюються на трубопровідні фітинги для зменшення втрат тепла та дають змогу проводити періодичний огляд та (або) технічне обслуговування. Приклад застосування такого термочохла показано на фото нижче.



Відповідно до вимог ДБН В.2.5-39:2008¹ «теплову ізоляцію слід передбачати для трубопроводів теплових мереж, запірно-регульовальної арматури, фланцевих з'єднань, компенсаторів та опор труб незалежно від температури теплоносія і місця прокладання. При цьому, матеріали теплової ізоляції та покривного шару теплопроводів повинні відповідати вимогам нормативної документації, нормам пожежної безпеки і вибиратися за-

лежно від конкретних умов та способів прокладання згідно зі СНиП 2.04.14.²»

Мабуть, найбільш поширеним теплоізоляційним матеріалом на промислових об'єктах є мінеральна вата – неорганічний ізоляційний матеріал, що виробляється з мінеральної сировини й може містити органічні складові в якості в'язучих або плавильних агентів. Розрізняють два основні види цього матеріалу – скловату та кам'яну вату. Верхня температурна межа для кам'яної вати складає близько $700\text{ }^{\circ}\text{C}$, для скловати – $400\text{ }^{\circ}\text{C}$, для оболонки – $250\text{--}500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати, як правило, знаходиться у межах від 0,035 до 0,050 Вт/(м*К).

Відповідно до рекомендацій ДБН В.2.5-67:2013³ «товщину шару теплоізоляції трубопроводів систем опалення, внутрішнього тепlopостачання, охолодження, внутрішнього холодopостачання, холодного та гарячого водopостачання (окрім побутового) слід приймати не менше від мінімального значення згідно з таблицею Б.1». Фрагмент цієї таблиці показано нижче.

1 ДБН В.2.5-39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі.

2 СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.

3 ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

Номер з/п	Трубопровід	Мінімальна товщина шару теплоізоляції теплопровідністю 0,035 Вт/(м*К) при перепаді температури 40 °С
-----------	-------------	--

1. Базові показники товщини шару теплоізоляції трубопроводу

1.1	Трубопровід із внутрішнім діаметром до 22 мм	20 мм
1.2	Трубопровід із внутрішнім діаметром від 22 мм до 35 мм	30 мм
1.3	Трубопровід із внутрішнім діаметром від 35 мм до 100 мм	Дорівнює внутрішньому діаметру
1.4	Трубопровід із внутрішнім діаметром більше ніж 100 мм	100 мм

Подібні вимоги застосовуються також в європейській практиці. Однак, зазвичай ці вимоги є більш жорсткими. Так, наприклад, корисні рекомендації щодо товщини теплоізоляційного шару для

зовнішніх трубопроводів з урахуванням коефіцієнту теплопровідності мінеральної вати можна знайти у німецькому регламенті щодо енергозбереження від 2014 року (ENEV 2014).

Внутрішній діаметр труби	Мінімальна товщина ізоляції з теплопровідністю 0,035 Вт/(м*К)
До 22 мм	40 мм
Від 22 мм до 35 мм	60 мм
Від 35 мм до 100 мм	2 × внутрішній діаметр
Більше 100 мм	200 мм

Джерело: ENEV 2014.

Якщо порівняти ці вимоги з вимогами, що діють в Україні, то можна побачити, що німецькі нормативи вимагають товщину ізоляційного шару в двічі більшу.

У наступній таблиці представлені орієнтовні обсяги заощаджень у грошовому еквіваленті після теплоізоляції раніше

неізольованих трубопроводів ізоляційним матеріалом мінімальної товщини (за наступних параметрів: температура теплоносія у трубі – 55 °С; середня зовнішня температура – 15 °С; річна тривалість експлуатації – 6 000 год.; вартість генерації тепла – 2,5 грн/кВт*год).

Внутрішній діаметр труби	Обсяг заощаджень у грн/рік на 1 м труби
20 мм	230 грн
40 мм	520 грн
50 мм	670 грн
65 мм	880 грн
80 мм	1057 грн

Джерело: www.klimaschutz.ag і власні розрахунки авторів.

.....

Утеплення трубопроводів та засувок

у ТОВ «Молочна компанія «Галичина»



Про компанію

ТОВ «Молочна компанія «Галичина» — одне з найбільших молочних підприємств в Україні та беззаперечний лідер із виробництва кисломолочної продукції.

Рік заснування	1998
Галузь	Молокопереробна
Кількість цехів	13
Тривалість робочих змін	12/8 год
Кількість працівників	500
Виробництво продукції	80 000 т/рік

Енергоефективні кроки

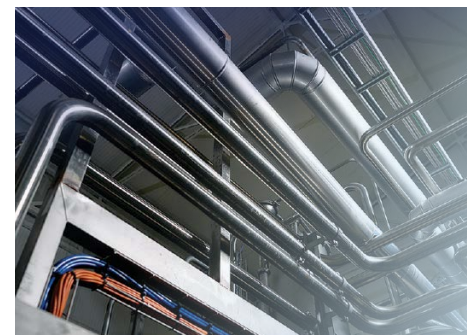
Керівництво компанії постійно шукає можливості підвищення рівня енергоефективності свого виробництва. Інформацію щодо таких можливостей надав проєкт «Консультавання підприємств щодо енергоефективності», який впроваджується компанією Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH у політичному партнерстві з Міністерством розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України.

У рамках проєкту для підприємства було проведено енергоаудит згідно зі стандартом ISO 50002, тип 2. Було виявлено, що встановлена на підприємстві система розподілу тепла має значний потенціал економії енергії. Тепловізійна зйомка, виконана в ході аудиту, продемонструвала присутність значних втрат при транспортуванні тепла на підприємстві. Проведені розрахунки встановили, що поточні втрати тепла сягають 1059,2 МВт·год на рік, або 7,5 %



від загального споживання тепла. Аудитори запропонували провести утеплення неізольованих трубопроводів та засувок ізоляційним матеріалом. У зв'язку з високою температурою теплоносія було вирішено використати для утеплення мінераловатні циліндри з теплопровідністю 0,04 Вт/мК (при 25 °С), щільністю 80–100 кг/м³, з робочою температурою до 250 °С.

Оскільки компанія не володіла необхідними технічними ресурсами для реалізації даного заходу, було вирішено залучити зовнішнього виконавця, який у другому кварталі 2019 року провів утеплення понад 300 м трубопроводів та всіх засувок. За рахунок впровадження даного заходу втрати тепла при транспортуванні були скорочені на 40,7 %.



Також, будучи членом «Мережі енергоефективних підприємств Львівщини», компанія «Галичина» поділилася своїм успішним досвідом проведення теплоізоляції трубопроводів та засувок з іншими учасниками мережі.



Нашою метою є енергозбереження. Ми прагнемо підвищити нашу енергоефективність і, як наслідок, конкурентноспроможність.



Міщенко Світлана
Заступник директора з виробництва

Переваги для бізнесу

Результатами реалізації заходу з утеплення трубопроводів та засувок стали як енергетичні переваги, так і неенергетичні, а саме:

- ☑ Покращення режиму горіння природного газу в топках котлів та печей
- ☑ Нормалізація температури та складу відхідних газів
- ☑ Підвищення обізнаності працівників компанії про переваги впровадження енергозберігаючих заходів

Техніко-економічні показники

Захід з енергоефективності	Утеплення трубопроводів та засувок
Період впровадження	Червень–серпень 2019 року
Вартість впровадження	191 000 грн
Період окупності	8 місяців
Річна економія витрат на енергію	293 000 грн
Річна економія енергії	431,1 МВт•год
Поліпшення енергоефективності	40,7 %
Річне скорочення викидів тСО _{2 екв.}	87,1

III. Рекуперація тепла

Тепло – дорогий ресурс, якого потребують ледь не всі процеси промислового виробництва. Як і будь-який інший виробничий ресурс, тепло має використовуватись ефективно. На теплові процеси припадає в середньому близько 70 % загального енергоспоживання промислових підприємств, причому до 50 % цієї енергії зрештою йде у теплові скиди. Найчастіше носіями теплових скидів на підприємстві є повітря всередині виробничих приміщень, димові гази від згорання палива та викиди виробничих процесів, повітряні потоки у вентиляційних системах, охолоджуюча вода, стічні води та інші рідкі побічні продукти виробництва.

Тому для будь-якого промислового підприємства першочерговою задачею має бути скорочення обсягів теплових скидів, перелічених вище. Для цього підприємства можуть оптимізувати роботу технологічного обладнання залежно від потреби, застосовувати ефективну теплоізоляцію та використовувати у виробництві більш енергоефективні елементи, які даватимуть менше відходів і викидів, використовуватимуть менше води й, відповідно, здійснюватимуть менше теплових скидів. Окрім зменшення енерговитрат, це також нерідко призводить до підвищення якості продукції,

зменшення зносу обладнання, вищої безпеки праці та загального підвищення ефективності виробництва. Серед конкретних заходів зменшення теплових скидів на виробництві є, наприклад, такі:

- тимчасове призупинення процесів під час роботи обладнання у режимі холодного ходу;
- рециркуляція повітря та рідких носіїв (за можливості) для прямого повторного використання нагрітого середовища;
- застосування датчиків та засобів управління для оптимізації процесів обігріву, вентиляції, сушіння та охолодження виробничих приміщень, перероблених матеріалів та готової продукції на мінімально необхідному рівні (для забезпечення якості продукції, здоров'я персоналу та безпеки праці на робочому місці);
- зменшення теплових втрат від випромінювання нагрітого обладнання шляхом встановлення кожухів, теплоізоляції поверхонь та ізоляції відкритих трубопроводів;
- обмеження інтенсивності вентиляції на робочому місці до рівнів, визначених законодавчими та нормативними вимогами, міркуваннями безпеки працівників тощо.

Частина залишкових теплових скидів може повторно використовуватися у процесах нагрівання, охолодження чи енергозабезпечення виробництва залежно від обсягів та температури придатного для рекуперації залишкового тепла. Концепції та плани рекуперації теплових скидів мають ґрунтуватися на систематичних обстеженнях існуючих джерел та поглиначів теплових скидів з метою комплексної інвентаризації теплових потоків та вибору відповідних технічних рішень для попередження, рекуперації та використання теплових скидів від зазначених теплових потоків. Серед найбільш важливих параметрів:

- загальний об'єм теплових скидів, придатних до рекуперації (на виробничий цикл, на добу тощо);
- графік навантаження теплових скидів (безперервно чи з інтервалами, постійний чи змінний об'єм);

- рівень температури теплових скидів (температурний діапазон, постійний чи змінний);
- розташування потенціальних теплових скидів на підприємстві відносно місць їхнього повторного використання (варто уникати довгих відстаней);
- властивості носія/середовища переносу теплових скидів (агрегатний стан (рідкий/газоподібний/твердий), температура, тиск (для рідкого та газоподібного станів), об'єм скидів, наявність забруднень), які визначають, серед іншого, чи можна використовувати тепловий скид напряму або через теплообмінник, а також чи потрібна будь-яка попередня обробка носія/середовища переносу теплової енергії.

Огляд типових рівнів температури теплових скидів від окремих джерел та поглиначів наведений на діаграмі нижче:

Температурні діапазони типових джерел і поглиначів тепла



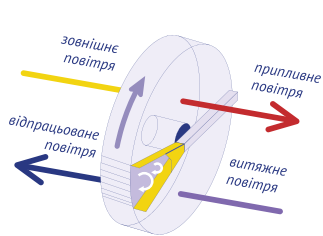
Найбільш поширеними технологіями рекуперації та повторного використання теплових скидів є наступні:

- теплообмінники;
- теплові насоси.

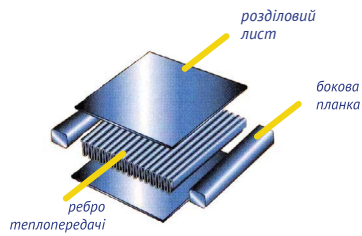
Теплообмінники забезпечують перенесення теплоти від носія з вищою температурою до носія з нижчою температурою без контакту чи змішування між ними. Існують різні теплообмінні технології, пристосовані до різних потреб – наприклад, ротаційні, обрєбрені, пластинчасті та трубчасті теплообмінники. Теплообмінники димових газів зазвичай мають трубчасту форму й дозволяють забирати теплову енергію гарячих димових газів для підігріву живильної води, технологічної води чи повітря для горіння. Ротаційні теплообмінники підходять для рекуперації тепла від систем вентиляції та кондиціонування повітря, якщо використане повітря не містить забруднюючих речовин. Для цієї мети також придатні обрєбрені чи пластинчасті теплообмінники. Трубчасті або пластинчасті теплообмінники також можуть застосовуватися для відбору тепла від стічних вод або інших рідких стоків, що утворюються виробничими процесами. Остаточний вибір типу теплообмінника залежить від виду теплоносія, його об'ємів та температури, а також від різниці температур між гарячим і холодним потоками. Періоди окупності для теплообмінників

можуть відрізнятися залежно від обраного типу, вартості палива, характеристик потоку теплових скидів та потреби у теплі. За умови ретельного підбору типу теплообмінника та його правильного монтажу у теплові потоки на місці період окупності може складати декілька місяців.

Низьку температуру теплових скидів можна підвищити до придатної для використання за допомогою теплових насосів. Найбільш поширеними є механічні теплові насоси. Їхній принцип роботи базується на стисканні та розширенні робочої рідини (холодоагенту). Конструктивно вони складаються з чотирьох основних вузлів: випаровувача, компресора, конденсатора та розширювального клапана. Робочою рідиною, яка проходить через усі ці вузли, є холодоагент. Для роботи теплового насоса перш за все потрібно зібрати скидне тепло. У випаровувачі відбувається процес поглинання тепла холодоагентом, і він змінює свій стан з рідкого на газоподібний. Далі, щоб підвищити температуру холодоагента, він у вигляді газу стискається в компресорі. Для приведення в дію компресора споживається електроенергія. Під час передавання холодоагентом тепла споживачу (наприклад, в систему опалення або гарячого водопостачання), він поступово охолоджується і знову конденсується в рідину. Це відбувається в другому теплообміннику – конденсато



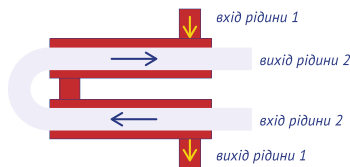
Ротаційний теплообмінник
повітря ↔ повітря



Обребнений теплообмінник
повітря ↔ повітря повітря ↔ рідина



Пластинастий теплообмінник
рідина ↔ рідина
газ ↔ газ газ ↔ рідина

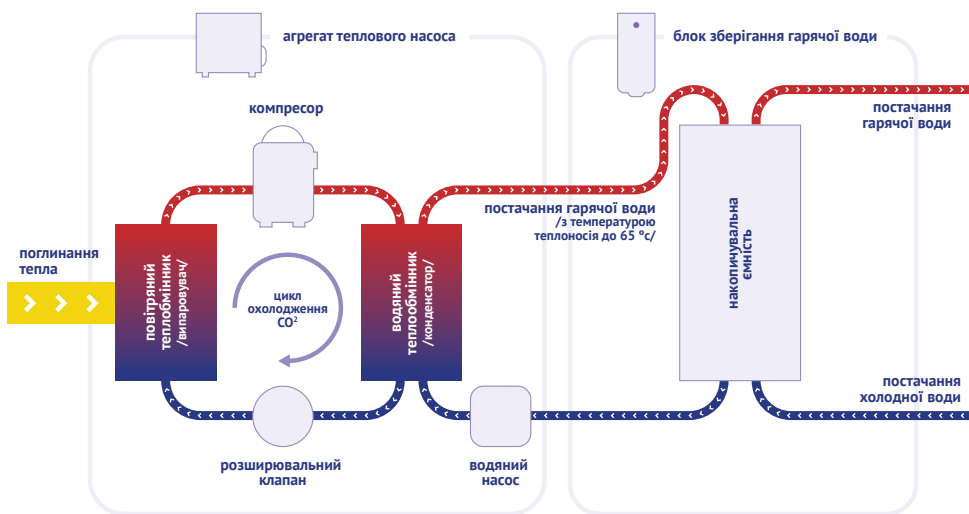


Трубчастий теплообмінник
рідина ↔ рідина
газ ↔ газ газ ↔ рідина

рі. Коли холодоагент повністю охолоне, він проходить через розширювальний

клапан, де тиск рідини знижується, і вона повертається у випарник, щоб знову повторити весь цикл спочатку.

Приклад компоновки основних елементів теплового насоса



Ефективність використання теплового насоса залежить від його коефіцієнту перетворення (англ. COP – скорочення від coefficient of performance), який визначається відношенням кількості тепла, отриманого від теплового насоса, до витрат енергії для роботи компресора (привода) теплового насоса. Цей коефіцієнт може становити від 2,5 до 5 для різних типів теплових насосів. Так, наприклад, COP = 4 означає, що для отримання 4 кВт*год енергії з теплового скиду потрібно буде спожити з мережі 1 кВт*год електроенергії. Величина COP промислових теплових насосів залежить від типу холодоагента та різниці температур випаровувача та конденсатора. Економічна ефективність теплових насосів залежить від COP, часу роботи, тарифа на електроенергію та вартості альтернативних видів палива для інших джерел теплової енергії.

Теплові насоси можна використовувати, наприклад, у процесах сушіння, промивки чи охолодження. Теплові насоси можуть забирати тепло вологого відпрацьованого повітря від сушарок чи мийок, охолоджуючи та висушуючи

його й одночасно підвищуючи температуру рекуперованого тепла для рециркуляції. Охолоджувачі дають теплові скиди температурою від 25 до 30 °C, яку завдяки додаванню теплового насоса можна підвищити до 80°C. Період окупності заходів зі встановлення теплових насосів для забезпечення оптимальної економії може становити від 1,5 до 3 років; для теплових насосів, розрахованих на максимальну рекуперацію тепла, цей термін може сягати 6–10 років.

Якщо змінні теплові навантаження роблять неможливим пряме використання теплових скидів у виробничому процесі, потенційно ефективним рішенням може стати зберігання тепла упродовж кількох годин або навіть днів. Можливість зберігання тепла переважно залежить від об'єму, циклічності навантажень та питомих втрат накопичувального резервуару. Вирішальними критеріями економічності теплонакопичувальних резервуарів є якісна теплоізоляція та придатне співвідношення площі поверхні до об'єму.

Утилізація тепла від димових газів

на Бердянському хлібокомбінаті



Про компанію

ТВД «Бердянський хлібокомбінат» – сучасне хлібопекарське підприємство у південно-східному регіоні України. Підприємство постійно оновлює асортимент та підвищує якість хлібобулочних виробів шляхом модернізації та реконструкції виробничого обладнання.

Рік заснування	1925
Галузь	Хлібопекарська
Кількість цехів	2
Кількість робочих змін	2
Тривалість робочих змін	12 год
Кількість працівників	196
Виробництво продукції	7 692 т
Проектна потужність	59 т/добу
Фактична потужність	22 т/добу

Енергоефективні кроки

Підігрів сирової води на потреби гарячого водопостачання підприємства здійснювався за допомогою економайзера, підключеного до котла. Через низьку якість води, яку брали з артезіанської свердловини, відбувалась кальцинація труб економайзера, через що він постійно виходив з ладу.

Підприємство отримало змогу оцінити перспективні напрямки вирішення цього питання, взявши участь у проєкті «Консультавання підприємств щодо енергоефективності». У рамках цієї співпраці було проведено енергетичний аудит.

За його результатами було запропоновано кілька варіантів вирішення проблеми утилізації тепла з використанням економайзера:

- ☑ Встановлення системи хімічного очищення води
- ☑ Організація руху конденсату в замкнутому контурі від економайзера через змійовик в накопичувальному баку
- ☑ Перехід на водопостачання з мережі Бердянського водоканалу

Оцінивши всі варіанти, підприємство самотужки реалізувало утилізацію тепла від димових газів за допомогою підключення штатного економайзера котла

ВХ-500 з використанням води з мережі Бердянського водоканалу. На впровадження даного заходу було витрачено 10 тис. грн при відносно невеликих затратах (близько 6 тис. грн на рік) на промивку економайзера.

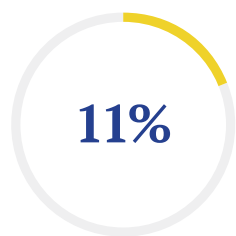
Встановлення температури теплоносія здійснюється в ручному режимі оператором котельні згідно температурного графіка. Котельня працює цілодобово весь рік, у процесі роботи здійснюється постійний контроль її роботи черговим персоналом і, в разі необхідності, виконується поточний ремонт обладнання.



Переваги для бізнесу

Даний енергоефективний захід підвищив ККД теплової генерації на 10,6 %, що дало змогу заощадити 146,5 МВт·год теплової енергії, яка додатково витрачалася на потреби ГВП.

Заощадження теплової енергії на потреби ГВП



Теплова генерація

Економія від впровадження цього заходу дозволила вже через 2 місяці окупити всі витрати на його реалізацію.



Успіх промислового підприємства залежить від його енергоефективності.



Мазнюк Руслан
Генеральний директор

Неенергетичні переваги від впровадження цього заходу:

- ✓ Зменшення температури відхідних газів
- ✓ Підвищення рівня надійності роботи економайзера
- ✓ Підвищення професійної кваліфікації у сфері енергозбереження та енергоефективності

Техніко-економічні показники

Захід з енергоефективності	Утилізація тепла від димових газів
Період впровадження	Лютий 2020 року
Вартість впровадження	10 000 грн
Період окупності	2 місяці
Річна економія витрат на енергію	72 000 грн
Річна економія енергії	145,6 МВт·год
Поліпшення енергоефективності	10,6 %
Річне скорочення викидів tCO_2 екв.	29,6

IV. Оптимізація систем виробництва та розподілу стисненого повітря

Стиснене повітря використовується майже на всіх виробництвах. Воно приводить в рух, наприклад, швидкозмінні викрутки, різак чи пневмотранспортери. Хоча стиснене повітря є чи не найдорожчим промисловим енергоносієм з точки зору вартості одиниці еквіваленту у кВт*год, ефективності його використання нерідко приділяють дуже мало уваги. Вартість електроенергії, спожитої компресорами, може становити більше 90 % видатків за життєвий цикл систем стисненого повітря, які працюють понад 4 000 год на рік. При цьому більше 90 % енергії, використовуваної для виробництва стисненого повітря, перетворюється у теплові скиди. Системи стисненого повітря втрачають енергію через несправності компресорів, нещільність клапанів чи повітропроводів та, особливо у великих системах, через невикористовувані теплові скиди.

Відповідно, першим пріоритетним завданням з точки зору енергоефективності є заміна (там, де це дозволяють умови виробництва) пневматичних приводів на електричні – це дає можливість зекономити від 80 до 90 % енергетичних витрат на привод.

За певних виробничих умов (наприклад, якщо висока температура на робочих місцях чи заповненість пилом) стиснене повітря є безальтернативним. У такому випадку необхідно забезпечити максимальну ефективність виробництва та розподілу стисненого повітря. Це загалом потребує установки енергоефективної системи стисненого повітря, застосування оптимальної системи управління та постійних заходів з виявлення витоків та ремонту повітропроводів. Конкретними заходами з підвищення енергоефективності систем стисненого повітря можуть бути:

- застосування високоефективних приводів компресорів з частотним регулюванням;
- оптимальний вибір типу компресорів (без надмірної потужності);
- застосування багатоступінчастих компресорів;
- обмеження робочого тиску до мінімально необхідного (зменшення тиску в точках розбору);
- регулярні перевірки параметрів тиску;
- попередня підготовка повітря (наприклад, сушіння чи фільтрація);
- технічне обслуговування трубопро-

водів (для уникнення втрат тиску через нещільності та протічки);

- регулярна очистка повітряних фільтрів;
- рекуперація теплових скидів.

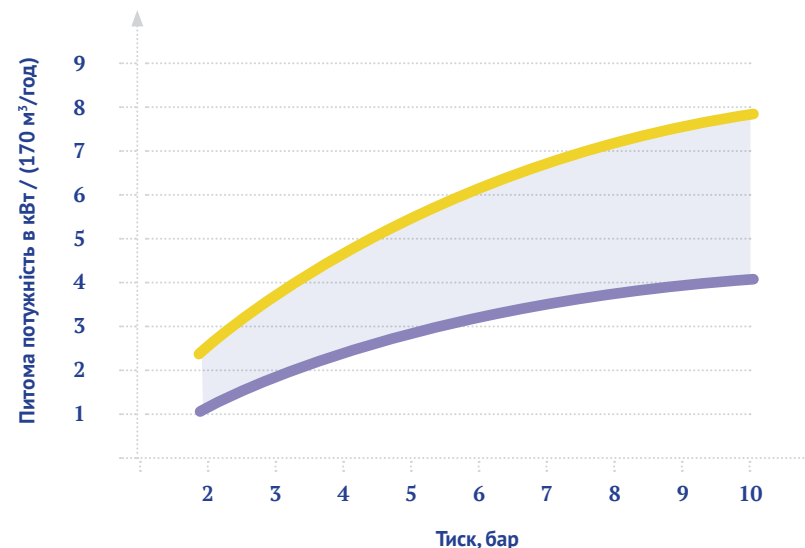
Застосування зазначених методів дозволяє заощадити щонайменше 50 % енергії у більшості промислових систем стисненого повітря

Вибір оптимального типу компресора переважно визначається потребою у стисненому повітрі та його параметрами (об'єм, температура, вологість та тиск). На наступному рисунку показані типові

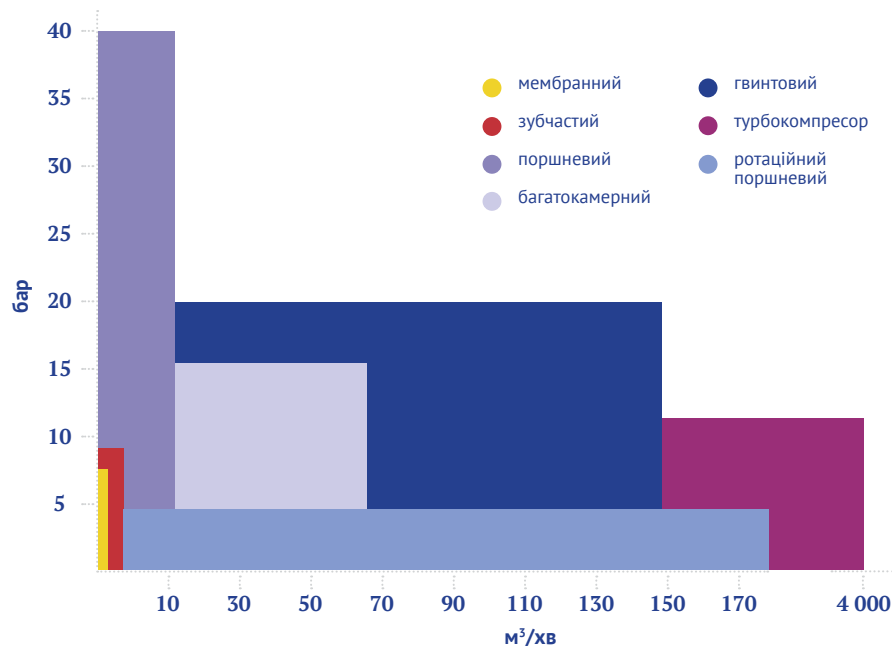
експлуатаційні діапазони компресорів різних типів.

Питоме енергоспоживання компресора на один кубометр стисненого повітря корелює з рівнем тиску стисненого повітря на виході (див. наст. рис.). Саме тому важливо відрегулювати тиск стисненого повітря до мінімально необхідного. Тип компресора має завжди обиратися таким чином, аби він працював на рівні ефективності, близькому до фіолетової лінії, позначеної на рисунку поруч. Вибір найбільш придатного типу компресора може дати до 50% різниці у питомому енергоспоживанні для всіх рівнів тиску.

Діапазон питомого енергоспоживання для різних рівнів тиску стисненого повітря



Підбір типу компресора залежно від потреби у стисненому повітрі (тиск у барах, обсяг — у м³/хв)



Традиційно більшість промислових компресорів працює у циклічному режимі, контрольованому показниками тиску: досягнувши мінімального рівня тиску, компресор вмикається на повну потужність і працює до досягнення верхньої межі тиску. Більш енергоефективним варіантом буде встановлення частотно-регульованого приводу, який дозволить пристосувати енергоспоживання компресора до фактичної потреби у стисненому повітрі.

об'єднують компресор з частотно-регульованим приводом (C-VSD) з одним або більше постійно працюючими компресорами системи. Розумна система управління завжди забезпечує оптимальну комбінацію одночасно працюючих компресорів, за якої постійно навантаженням, а C-VSD використовується для гнучкого й максимально енергоефективного балансування незначних коливань навантаження.

У великих системах стисненого повітря, які мають значні варіації профілів навантаження, можуть встановлюватися «розумні» системи управління, які

Загальний коментар: енергоефективне постачання стисненого повітря постійного тиску в значних об'ємах може потребувати установки та контролю

за модульною роботою меншої кількості більш потужних компресорів. Значна потреба у стисненому повітрі з широким коливанням попиту може потребувати установки та контрольованої модульної експлуатації більшої кількості компресорів меншої потужності.

Виявлення та усунення витоків – надзвичайно ефективний захід, що дозволяє заощадити енергію та витрати на неї у будь-якій системі стисненого повітря. У наступній таблиці наведені втрати та вартість втраченої енергії через витоки у повітропроводах (залежно від діаметру отвору) та за різних рівнів тиску (6 бар і 12 бар).

Втрати та вартість втраченої енергії через витоки у системі стисненого повітря

Діаметр отвору	Втрата повітря при тиску 6 бар	Втрата повітря від витоків при тиску 12 бар	Втрати енергії від витоків при тиску 6 бар	Втрати енергії від витоків при тиску 12 бар	Вартість втраченої енергії при тиску 6 бар	Вартість втраченої енергії при тиску 12 бар
[мм]	[м³/год]	[м³/год]	[кВт*год]	[кВт*год]	[грн/рік]	[грн/рік]
1	4,32	6,48	0,3	1,0	7 200	24 000
3	39,96	74,88	3,1	12,7	74 400	304 800
5	111,24	210,60	8,3	33,7	199 200	808 800
10	445,68	846,72	33,0	132,0	792 000	3 168 000

Час роботи: 8 000 год/рік.

Вартість електроенергії: 3 грн/кВт-год.

Джерело: <https://www.druckluft-effizient.de>

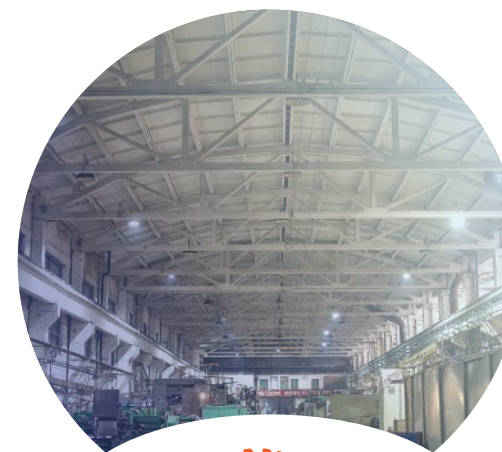
Деякі витоки повністю усунути неможливо; найчастіше вони виникають ближче до споживаючого обладнання, наприклад, через негерметичні муфтові з'єднання, шланги, фітинги, несправні інструменти чи нещільності у виробничих системах. Через значні фінансові втрати від витоків у системах стисненого повітря їх виявлення має входити

до переліку регулярних дій з технічного обслуговування цих систем. Це вимагає розуміння пов'язаних з цим видатків, уваги та відповідальності від усіх, хто працює на такому обладнанні. Використання операторами обладнання простих та уніфікованих позначок на місцях витоків допоможе обслуговуючому персоналу швидко їх відремонтувати.

ПРИКЛАД ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

Децентралізація системи стисненого повітря

на ПрАТ «Полтавський машинобудівний завод»



Про компанію

ПрАТ «Полтавський машинобудівний завод» – один з провідних українських виробників обладнання для м'ясопереробної промисловості, запасних частин і комплектуючих для енергетичної, нафтогазової і залізничної галузей.

Рік заснування	1951
Галузь	Машинобудування
Кількість цехів	4
Кількість робочих змін	2
Тривалість робочих змін	8 год
Кількість працівників	206
Проектна потужність	114 435 шт
Фактична потужність	40 116 шт

Енергоефективні кроки

Підприємство завжди перебуває в пошуку енергоефективних заходів, що не тільки допоможуть заощадити енергоресурси, але й покращити умови праці персоналу. З цією метою компанія стала учасником проекту «Консультавання підприємств щодо енергоефективності», який впроваджується компанією Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH у політичному партнерстві з Міністерством розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України.

У рамках проекту на підприємстві було проведено енергоаудит, за результатами якого було визначено доцільні заходи з енергоефективності. Було встановлено, що в системі стисненого повітря наявні значні втрати при виробництві та транспортуванні через зношеність та значну протяжність системи. Для оптимізації було запропоновано встановити окремий компресор з метою децентралізації системи стисненого повітря.

У ході реалізації проєкту було закуплено:

- ✓ Компресор
- ✓ Осушувач стисненого повітря
- ✓ Труби

Закупівля необхідного обладнання здійснювалася коштами підприємства та контролювалася безпосередньо технічним директором. Ресивер для стисненого повітря був виготовлений власними силами підприємства.

Встановлення компресора, підключення та пусканалагоджувальні роботи виконувались компанією постачальником обладнання. Роботи з організації системи трубопроводів проводилися працівниками підприємства. Впровадження даного заходу дозволило зменшити навантаження на існуючу систему розподілу стисненого повітря, усунути транспортні втрати та використовувати компресор лише за необхідності.



Споживання, кВт·год на рік

1009495



До

807495



Після

Переваги для бізнесу

Впровадження даного заходу дозволило:

- ✓ Реалізувати часткову децентралізацію системи стисненого повітря
- ✓ Зменшити протяжність труб
- ✓ Оптимізувати час роботи обладнання
- ✓ Зменшити витрати на обслуговування та ремонт існуючого обладнання



Прагнучи змін в енергоефективності країни, слід починати з себе. Невеликими, але впевненими кроками до енергонезалежності країни!



Коломієць Віктор
Директор

Техніко-економічні

показники

Захід з енергоефективності	Децентралізація системи стисненого повітря
Період впровадження	Червень – серпень 2019
Вартість впровадження	710 000 грн
Період окупності	1 рік 5 місяців
Річна економія витрат на енергію	505 000 грн
Річна економія енергії	202 МВт·год
Поліпшення енергоефективності	20 %
Річне скорочення викидів тCO ₂ екв.	184

V. Застосування енергоефективних електроприводів

Електродвигуни, що приводять у рух насоси, компресори та вентилятори, є найбільшими споживачами електроенергії на промисловому об'єкті. Так на електричні приводи насосів у середньому припадає близько 30 % середнього споживання електроенергії у промисловості, компресорів – 24 % та вентиляторів – 14 %.

Під час енергоаудитів промислових підприємств зазвичай виявляється, що більшість встановлених приводів є або більшими за потрібні, або застарілими й відтак такими, що не працюють в режимі оптимальної ефективності. Оскільки 97–99% видатків упродовж життєвого циклу електричних приводів припадає на електроенергію, заміна застарілих приводів на більш ефективні, як правило, дуже швидко окуповується.

Міжнародні мінімальні вимоги до ефективності електричних приводів були сформульовані Міжнародною електротехнічною комісією (МЕК) більше 10 років тому. Ці мінімальні вимоги (див. наст. рис.) мають діапазон від IE1 (стандартний рівень) до IE3 (найвищий рівень) й запроваджують більш високі стандарти

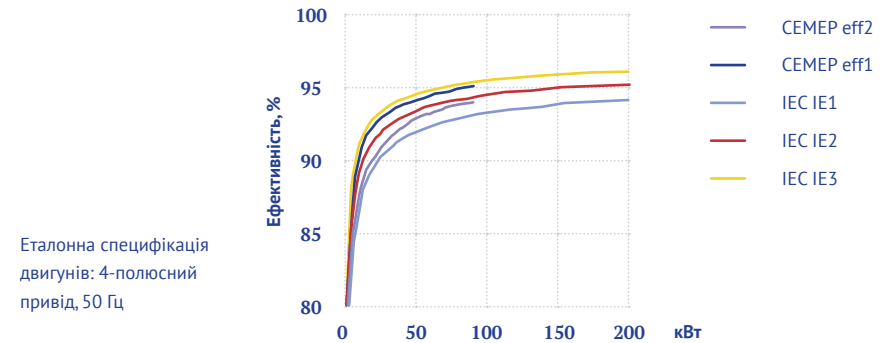
енергоефективності електричних приводів, ніж попередні норми ЄС (CEMEP eff1 та CEMEP eff2; див. також наст. рис.).

Дуже важливим є регулярне технічне обслуговування двигунів. Упродовж циклу експлуатації можливе зниження ефективності двигуна, а після ремонту чи перемотки його ефективність може зменшитись на 2–3 %, й навіть більше, якщо якість перемотування буде неналежаю.

Дані наступної таблиці свідчать про те, що витрати упродовж життєвого циклу двигунів, що працюють тривалий час, майже повністю складаються з енерговитрат. Отже, єдиним критерієм оптимізації через заміну електричних приводів є **зменшення споживання електроенергії кожним приводом.**

Більшість промислових насосів, компресорів та вентиляторів не працюють під постійним навантаженням. Дуже поширеними є коливання навантаження від 20 % до 100 % від номінального. Важливу роль у найбільш енергоефективному пристосуванні режиму експлуатації та споживання електроенергії електрич-

Міжнародні рівні енергоефективності (IE1–IE3) по відношенню до потужності двигунів



ними приводами до змінних навантажень виконують частотні перетворювачі. Асинхронні електричні двигуни у системах водопостачання та водовідведення, опалення та вентиляції, які управляють швидкістю обертання насосного, вентиляторного обладнання, турбонагнітачів

та систем наддуву у котлах, компресорах тощо зазвичай працюють у тривалому режимі за значних коливань робочого навантаження. Саме їх найчастіше називають найбільш придатними до застосування з частотними перетворювачами, що дозволяє отримати значні заощадження енергії.

Типові параметри електричних приводів			
Номінальна потужність [кВт]	1,5	15	110
Життєвий цикл [роки]	12	15	20
Типова частка витрат впродовж життєвого циклу електричних приводів			
Закупівельна ціна [%]	2,3	1,1	0,9
Вартість установки та обслуговування [%]	0,9	0,2	0,1
Витрати на електроенергію [%]	96,8	98,7	99,0

Заміна старих електроприводів на нові, що відповідають мінімальним стандартам ефективності та обладнані частотними перетворювачами (частотно-регульованими приводами) дає можливість економити від 30 до 80 % електроенер-

гії залежно від поточного навантаження (див. табл. нижче). Для насосів та вентиляторів різниця між «старим» і «новим» може бути ще більшою, якщо оптимізуються також інші компоненти обладнання (наприклад, лопасті).

Порівняння відносних рівнів енергоспоживання	Ефективні двигуни (з частотними перетворювачами)	Застарілі неефективні двигуни
Повне навантаження	100% споживання (~30% економії)	140% споживання (0% економії)
Половинне навантаження	50% споживання (~50–55% економії)	80–90% споживання (0% економії)
Без навантаження	5% споживання (~80 % економії)	25% споживання (0% економії)

Порівняно з системами з механічним управлінням, приводи з частотними перетворювачами швидкості зменшують не лише витрати на електроенергію, але й вартість технічного обслуговування та ремонту. Вони також підвищують якість процесів та продуктивність. Це дозволяє уникнути пікового споживання електроенергії та стрибків крутильного моменту під час запуску двигуна, хвиль тиску

у трубопроводних системах, кавітації та вібрації, які здатні пошкодити системи.

Двома способами управління, що допомагають підвищити енергоефективність електричних двигунів, є «управління швидкістю» та «частотне перетворення»:

- Управління швидкістю означає зміну швидкості (обертання) замість меха-

нічного регулювання потоку. Контролер швидкості подає на двигун лише потужність, необхідну для виконання процесу за фактичного рівня навантаження. Електронний прилад управління швидкістю також забезпечує енергоощадливий запуск приводу та рекуперацію енергії при уповільненні. Це важливо, наприклад, при експлуатації насосів, вентиляторів або станків. Завдяки цьому можна реалізувати до 60 % потенціалу заощадження.

- Процес набирання обертів при увімкненні трифазних двигунів призводить до дуже значних втрат у роторі. Ці втрати є результатом різниці між швидкістю ротора та частотою мережі живлення. Значних втрат при набиранні обертів можна повністю уникнути завдяки частотному перетворювачу. Залежно від сфери застосування, заощадження витрат на електроенергію може сягати 70 %.
- Електроприводи з перетворювачами частоти з функцією рекуперації енергії можуть передавати кінетич-

ну енергію, що виділяється під час гальмування електродвигуна, назад в мережу живлення. Це дозволяє отримати додатковий потенціал енергозбереження при виконанні будь-яких задач електропривода, що працює з циклічним режимом роботи і має періодичні прискорення та гальмування. Це можуть бути електроприводи центрифуг, випробувальних стендів, пресів, кранів, підйомно-транспортного обладнання тощо. Перевага рекуперації енергії також полягає в тому, що електропривод піддається більш низькому тепловому навантаженню, що позитивно позначається на його терміні служби. За рахунок цього заходу можна заощадити до 50 % електроенергії.

Електродвигун вищої ефективності трохи дорожчий, ніж стандартний двигун, але різниця стає дедалі меншою, а окупність додаткових інвестицій (особливо на двигуни, що працюють багато годин) може становити менше одного року. Для двигуна, який має строк служби десяти років, це хороша інвестиція.



Встановлення частотно-регульованого приводу

на ПрАТ «Новомиколаївський молокозавод»



Про компанію

Приватне акціонерне товариство «Новомиколаївський молокозавод» – українське виробниче підприємство, яке займається виробництвом натуральної молочної продукції.

Рік заснування	1943
Галузь	Молочна
Кількість цехів	6
Кількість робочих змін	1/2
Тривалість робочих змін	12/12 год
Кількість працівників	107
Виробництво продукції	4 750 т
Проектна потужність	5 000 т/рік
Фактична потужність	5 000 т/рік

Енергоефективні кроки

У якості первинних енергоносіїв підприємство закуповує вугілля та електричну енергію, яку використовують двигуни насосних агрегатів. Це обладнання працює нерівномірно через специфіку технологічного циклу, що спричиняє нераціональне використання електроенергії.

Найоптимальнішим рішенням даної проблеми є встановлення частотно-регульованого приводу (ЧРП), яке потребує детальних розрахунків та дослідження графіків роботи обладнання. Енергетичний аудит, проведений за підтримки проекту «Консультавання підприємств щодо енергоефективності», який впроваджується компанією Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH у політич-

ному партнерстві з Міністерством розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України, значно полегшив розробку даного заходу. Результатом такої співпраці стало встановлення ЧРП на насосне обладнання компресорної.

Витрати включали кілька ключових статей:

- ✓ Вартість 3-х ЧРП
- ✓ Витрати на доставку та встановлення
- ✓ Приймання та інспектування

Зварювальні роботи виконувались власними силами.



Переваги для бізнесу

У результаті впровадження даного заходу підприємство оптимізувало роботу системи подачі води, що дозволило заощадити кошти та електроенергію. Впровадження даного заходу допомогло підтвердити ефективність встановлення ЧРП та спонукати керівництво молокозаводу до впровадження аналогічних заходів.



Чим більше ми контролюємо процес енергоспоживання, тим швидше ми стаємо енергоефективними.



Павелко Микола
Директор

Результатом впровадження цього заходу стали й деякі неенергетичні переваги, а саме:

- ✓ Оптимізація роботи системи водопостачання
- ✓ Підвищення надійності системи подачі води
- ✓ Підвищення обізнаності працівників про переваги впровадження заходів з енергоефективності

Техніко-економічні показники

Захід з енергоефективності	Встановлення ЧРП
Період впровадження	Червень–серпень 2019
Вартість впровадження	70 000 грн
Період окупності	2 роки 10 місяців
Річна економія витрат на енергію	25 000 грн
Річна економія енергії	11 МВт•год
Поліпшення енергоефективності	18 %
Річне скорочення викидів тCO ₂ екв.	10

VI. Енергоефективні джерела світла та освітлювальні прилади

Світлодіодні технології освітлення поєднують у собі заощадження ресурсів, екологічність та зручність для споживача. Світлодіодні системи дедалі частіше використовуються у системах загального освітлення всередині приміщень, на виробництві, у вуличному освітленні та на автотранспорті. Сьогодні світлодіодні джерела світла є найбільш економічними на ринку, хоча закупівельна ціна на ці лампи досі є відносно високою. З урахуванням вартості електроенергії вартість світлодіодних ламп упродовж життєвого циклу є найнижчою серед усіх джерел світла (див. табл. нижче). Причиною відмінної економічності цих ламп є тривалий термін експлуатації та висока енергоефективність (заощадження не менше 75–80 % електроенергії порівняно з традиційними лампами). Залежно від типу попередніх ламп, перехід на світлодіодні джерела світла має окупність у 1,5–4 роки.

Порівняння енергоефективності світлодіодних ламп (LED) до інших джерел світла



	Лампа розжарювання	Галогенна лампа	Енергозберігаюча лампа	Люмінесцентна лампа	LED
Стандартна ціна, грн	15	30–60	60–160	60–260	320–650
Енергоефективність, лм/Вт	10–15	15–20	40–60	40–100	50–120
Термін експлуатації, год	1,000	2 000	6 000–15 000	6 000–30 000	15 000–50 000



	Лампа розжарювання	Галогенна лампа	Енергозберігаюча лампа	Люмінесцентна лампа	LED
Число циклів увімкнення/вимкнення	Необм.	Необм.	3 000–500 000	10 000–500 000	20 000–1 млн
Час запуску лампи, сек	Негайно	Негайно	20–180	20–180	Негайно
Можливість регулювання яскравості	Так	Так	У нових моделях	Потрібен спец. електронний баласт	Переважно
Кольоропередача CRI	100	100	80	80–90	50–95
Температура поверхні, °C	Більше 200	Більше 200	До 50	До 50	До 40
Утилізація	Як побутові відходи	Як побутові відходи	Як небезпечні відходи	Як небезпечні відходи	Як електронне обладнання
Вартість електроенергії за 5 000 год, грн	1 130	740	420	290	260
Вартість впродовж життєвого циклу (5 000 год), грн	~1 200	~900	~500	~550	~350

Усі показники розраховувалися для світлодіодних ламп, еквівалентних лампам розжарювання потужністю 60 Вт. Вартість електроенергії – 2,5 грн/кВт*год.

Загалом, якщо лампи потрібно замінити під час регламентного періоду обслуговування, варто дотримуватися наступних правил:

- заміна ламп розжарювання на світлодіодні джерела світла: зниження енергоспоживання до 70 %;
- заміна енергозберігаючих ламп (компактних люмінесцентних) на світлодіодні під час регламентного обслуговування: заощадження 10–20 %;
- заміна ртутних ламп високого тиску (ДРЛ) на галогенні: підвищення світловіддачі до 50 %, покращення кольоропередачі;
- застосування у люмінесцентних світильниках електронних пуско-регулювальних апаратів (ПРА) замість традиційних електромагнітних ПРА: зменшення споживання електроенергії приблизно на 20 %, подовження терміну служби;
- у цехах: заміна трубчастих люмінесцентних ламп T12 трубками T8, або ще кращими – T5. За можливості

переобладнання на світлодіодні світильники – зробіть це.

Для управління освітленням приміщень тимчасового користування можна використовувати таймери та детектори руху – це зазвичай має 30 %-ий потенціал енергозбереження. В окремих випадках можливо значно збільшити обсяг заощадження. Це особливо корисно для всіх приміщень, які використовуються відносно нечасто та упродовж короткого часу (наприклад, гаражі підприємств).

У приміщеннях з періодичним природним освітленням можна використовувати засоби контролю з детекцією денного світла. Залежно від ситуації, це дозволяє зекономити від 5 до 40 % електроенергії. Тут важливо встановити межу спрацювання, за якої контролер повністю вимикає освітлення, інакше може статися, що освітлення далі працюватиме з низьким рівнем навантаження без візуально помітного збільшення яскравості. Для такої системи управління необхідні лампи з функцією регулювання яскравості.



Модернізація системи освітлення

на ТОВ «ОЛІС»



ОЛІС

Про компанію

ТОВ «ОЛІС» – машинобудівне підприємство, яке спеціалізується на розробці, виробництві та впровадженні технологій і обладнання з очищення, переробки, транспортування та контролю якості зерна.



Рік заснування	2005
Галузь	Машинобудування
Кількість цехів	1
Кількість робочих змін	1
Тривалість робочих змін	8 год
Кількість працівників	130
Виробництво продукції	1 800 шт.

Енергоефективні кроки

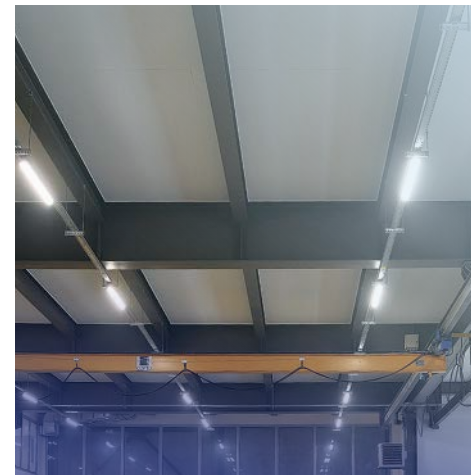
На підприємстві був проведений енергетичний аудит у рамках проекту «Консультавання підприємств щодо енергоефективності», який впроваджується компанією Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH на замовлення Уряду Німеччини у політичному партнерстві з Міністерством розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України.

Цей енергоаудит виконувався не за класичною схемою, оскільки підприємство є новим і не потребує значної модернізації. Оскільки на момент проведення енергоаудиту ТОВ «ОЛІС» знаходилося на стадії реалізації нових проектних рішень щодо оптимізації виробництва, то метою енергетичного аудиту був аналіз розроблених проектів, їх можливе удо-

сконалення, а також порівняння альтернативних варіантів впровадження. Одним з таких проектних рішень була заміна існуючого освітлення на LED у приміщеннях будівлі.

Для виконання робіт була залучена спеціалізована організація. Для монтажу освітлення було придбано 48 світильників для високих стель (13 м), потужністю 110 Вт кожен, і 60 світильників для висоти 6 м, по 45 Вт кожен, а також змонтовано 400 метрів кабельного лотка і прокладено 2,5 км кабелю. Робота була виконана за 21 робочий день.

За рахунок реалізації даного заходу загальна потужність системи освітлення була зменшена з 33 кВт до 9 кВт, що дало змогу заощадити 38,4 МВт·год.



На даний момент освітленість на робочому місці складає в середньому понад 300 лк. на центральних рядах та 450...480 лк. на рядах, що знаходяться біля вікон.

Переваги для бізнесу

Основними перевагами для підприємства було зменшення рахунків за освітлення на 5980 грн на місяць та поліпшення рівня освітленості на робочих місцях. Враховуючи даний ефект, покращилась не тільки комфортність виконання точних робіт, але й зменшилась вірогідність отримання виробничих травм, і, як наслідок, підвищилась ефективність праці.



У машинобудівній галузі важлива не тільки бездоганна якість продукції, але і її енергоємність. Нашою метою є постійне зниження енерговитрат.



Верещинський Олександр
Директор

Заощаджені кошти підприємство планує використати для реалізації заходів з розробки та впровадження системи енергомоніторингу.

Техніко-економічні показники

Захід з енергоефективності	Модернізація системи освітлення
Період впровадження	Липень 2019 року
Вартість впровадження	320 000 грн
Період окупності	4 роки 2 місяці
Річна економія витрат на енергію	77 760 грн
Річна економія енергії	38,4 МВт•год
Поліпшення енергоефективності	72,7%
Річне скорочення викидів тCO _{2 екв.}	35

VII.

Енергетичний менеджмент

Окрім описаних вище технологій, варто враховувати також інші системи енергозабезпечення та енергоспоживання (наприклад, кондиціонування повітря, холодильні процеси тощо) та значну кількість технологій, специфічних для виробничих процесів. Запровадження системи енергоменеджменту допоможе структуровано та на безперервній основі виявляти та оцінювати повний потенціал енергозбереження підприємства.

Енергетичний менеджмент – це комплекс безперервних процесів та інструментів, «вживлених» у бізнес-процеси будь-якої організації, який спонукає її до постійного пошуку шляхів до покращення своєї енергетичної ефективності. Ці процеси та інструменти охоплюють не тільки процедури, обладнання й технології, але й людей, тому що будь-яка система, навіть повністю автоматизована, залежить від людей, які її створили, підтримують та удосконалюють.

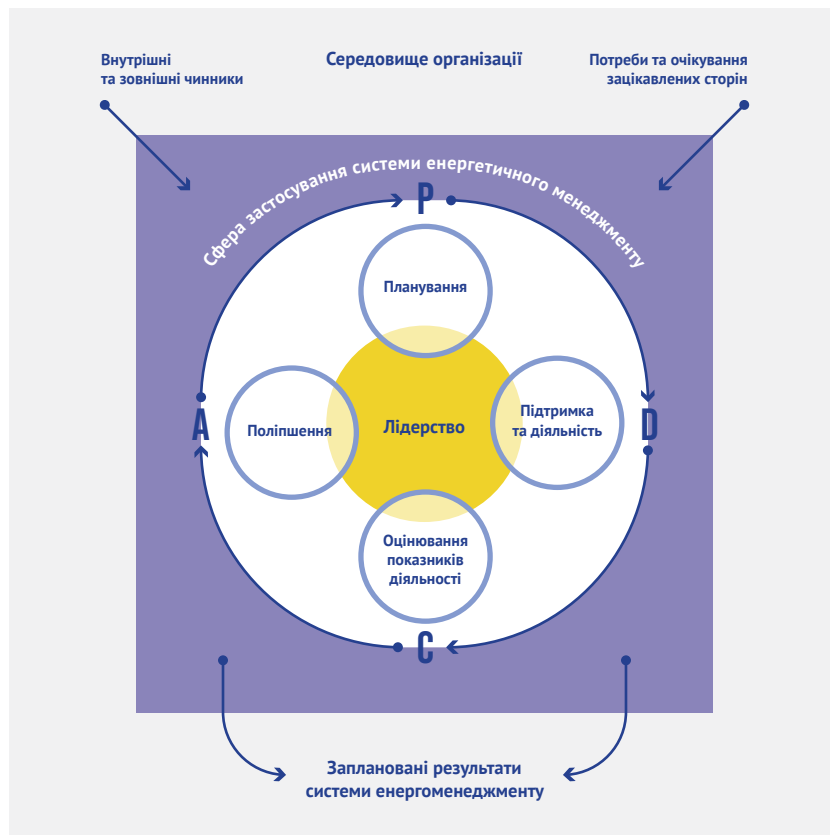
Реалізація якісного та ефективного управління споживанням енергії найкраще здійснюється за допомогою системи енергетичного менеджменту

(СЕНМ), що відповідає вимогам міжнародного стандарту ISO 50001:2018. Цей стандарт гармонізовано в Україні у вигляді стандарту ДСТУ ISO 50001:2020⁴. Розробка і впровадження СЕНМ охоплює розробку енергетичної політики, цілей, енергетичних завдань і планів дій, що стосуються енергетичної ефективності організації, використання і споживання енергії. Система енергетичного менеджменту дає компанії можливість встановити та досягти цілей і вирішити енергетичні завдання, здійснити дії, необхідні для поліпшення енергетичної результативності.

Енергоменеджмент – постійно вдосконалюваний процес, який можна описати у вигляді циклу «Планування-Виконання-Перевірка-Коригування» (PDCA; див. рис. нижче).



⁴ ДСТУ ISO 50001:2020 (ISO 50001:2018, IDT) «Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання».



Джерело: ДСТУ ISO 50001:2020 (ISO 50001:2018, IDT) «Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання».

Планування: загальна відповідальність за впроваджену систему енергоменеджменту несе найвище керівництво. Для допомоги найвищому керівництву може призначатися відповідальна особа (енергоменеджер) та/або створюватися відповідний підрозділ (група з енергетичного менеджменту). Далі формулюється та затверджується енергетична політика у вигляді письмового документу, в якому зазначаються мета такої політики,

напрямки її досягнення, а також її ресурсне забезпечення. Політику доводять до відома персоналу підприємства. Підрозділ з енергоменеджменту виступає зв'язковою ланкою між керівництвом і працівниками. На цьому етапі на підприємстві слід визначити основних споживачів енергії та пріоритетні напрямки з підвищення ефективності енерговикористання (визначивши та оцінивши заходи з енергоефективності).

Виконання: на цьому етапі впроваджуються визначені заходи з енергоефективності, забезпечуються ресурси, визначаються межі відповідальності. Переконайтеся, що працівники та інші учасники ознайомлені зі своїми обов'язками щодо енергоефективності та здатні їх виконувати. Починається реалізація системи енергоменеджменту.

Перевірка: система енергоменеджменту потребує процесу перевірки та оцінки відповідності нормативним та іншим вимогам щодо енергоспоживання. Перевірити належне функціонування системи енергоменеджменту та забезпечення запланованих результатів допоможе внутрішній аудит (моніторинг). Результати аудиту оформлюються документально та повідомляються керівництву.

Коригування: керівництво підприємства готує письмовий звіт за результатами внутрішнього аудиту. Результати оцінюються з точки зору рівня ефективності. За необхідності вживаються коригувальні або запобіжні дії. Визначаються шляхи подальшої оптимізації енергоємних процесів, ставляться нові стратегічні цілі. Далі цикл PDCA починається знову.

Фахове впровадження, популяризація та постійне оновлення системи енергоменеджменту за стандартом ISO 50001 також сприяє розвитку поінформованості та потенціалу керівництва і працівників з питань оцінки потреб та можливостей підвищення енергоефективності. Більш енергоефективна поведінка користувачів може зрештою додатково забезпечити щонайменше 5-10% заощадження на більшості промислових підприємств, що запровадили систему енергоменеджменту, на додачу до енергетичних заощаджень завдяки інвестиціям у технології енергоефективності, що описані в цій брошурі.

Для ефективного функціонування системи енергетичного менеджменту необхідне виконання, як мінімум, однієї обов'язкової умови – моніторинг показників енергоефективності. При створенні системи моніторингу особлива увага повинна приділятися організації регулярних потоків інформації та документообігу про споживання паливно-енергетичних ресурсів окремих об'єктів підприємства.

Залежно від мети та завдань системи моніторингу, вона може охоплювати: все підприємство, окремі підрозділи підприємства, технологічні процеси основних і допоміжних виробництв, окремі енергоємні споживачі ПЕР, системи енергозабезпечення, будівлі та споруди тощо.

Для ефективного здійснення моніторингу необхідно створити комплекс технічних засобів системи енергомоніторингу,

що повинен забезпечувати виконання всіх функцій системи і охоплювати такі компоненти: засоби вимірювальної техніки, контрольне та випробувальне обладнання, пристрої збору та передавання даних, локальна обчислювальна мережа, засоби обчислювальної техніки, пристрої реєстрації даних про витрати ПЕР та випуск продукції (реєструвачі, принтери, плотери тощо).

Однією з головних перешкод на шляху реалізації заходів з енергоефективності та ефективного функціонування системи енергоменеджменту на підприємствах є обмежені знання щодо енергоефективності у персоналу, оскільки він часто не має легкого доступу до інформації про існуючі та нові енергозберігаючі технології. Щоб підвищити обізнаність щодо енергоефективності на підприємстві, необхідно проводити навчання у цій галузі для відповідних груп слухачів (наприклад, менеджерів та технічного персоналу).

Нижче наведено перелік питань, які можуть розглядатися під час тренінгу з енергоефективності, що проводиться для топменеджменту підприємства:

1. Що таке енергоефективність?

5 Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018»/ А. Чернявський, Є. Іншеков, О. Соловей, О. Бориченко, П. Пертко // За загальною редакцією Є. Іншекова. – К.: Проєкт UNIDO/GEF «Впровадження стандарту систем енергоменеджменту в промисловості України», 2021. http://www.ukreee.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/EnMS-Practical-Guide-2021_Ukraine_ukr.pdf

2. Чому компанія повинна керувати використанням енергії? Основні переваги енергоефективних заходів.
3. Яка роль найвищого керівництва під час розроблення та реалізації енергоефективних заходів?
4. Як інформувати персонал підприємства про результати покращення енергоефективності через визначені проміжки часу?
5. Як складати звіти про результати покращення енергоефективності для найвищого керівництва?
6. Як реалізовувати плани енергоефективних заходів для постійного поліпшення енергетичних показників та яку роль має топменеджмент у цій діяльності?

Більше детально з питаннями впровадження та удосконалення функціонування системи енергетичного менеджменту можна ознайомитись у публікації «Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018».

ПРИКЛАД ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

Система енергетичного менеджменту

у Новооржицькому цукровому заводі
(Агропромисловий холдинг «Астарта-Київ»)



АСТАРТА-КИЇВ

Про компанію

ТОВ «Новооржицький цукровий завод» є першим в Україні цукровим заводом, який впровадив систему енергоменеджменту (СЕНМ) та був сертифікований відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001.



Рік заснування	1978
Галузь	Харчова
Кількість цехів	1
Кількість робочих змін	2
Тривалість робочих змін	12 год
Кількість працівників	450
Проєктна потужність	6 000 т/добу
Фактична потужність	8 000 т/добу

Енергоефективні кроки

Наприкінці 2015 року на підприємстві була сформована команда для розробки та планування впровадження СЕнМ, яке тривало з травня по вересень 2016 року. Важливу роль у впровадженні та розумінні переваг СЕнМ відіграло залучення зовнішніх консультантів та участь у проєкті UNIDO-GEF «Впровадження стандарту систем енергоменеджменту в промисловості України».

За 4 роки було проведено підготовку понад 20 спеціалістів, які отримали сертифікати фахівців з СЕнМ та очолили напрямки енергоефективності в «Астарта-Київ». Це допомогло всебічно аналізувати проєкти з енергоефективності, встановлювати та досягати амбітних цілей. Окрім того, були введені електронні інструменти для моніторингу технологічних показників цукрової інформаційної системи (ЦІС), веб-навігації та електронного журналу технологічних показників.



Управління енергією — це командна робота, яка потребує постійної взаємодії.



Юрій Андрєєв
Технічний директор



Підвищення енергоефективності є ключовим інструментом вирішення енергетичних, екологічних та економічних проблем у нашій громаді.



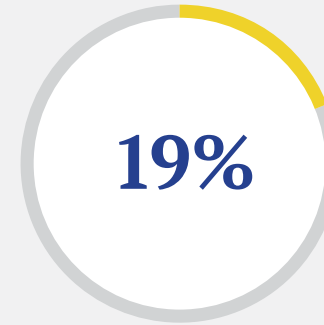
Павло Перхайло
Директор

Під час впровадження СЕнМ було розроблено корпоративний стандарт «Енергетичне планування», метою якого є планування та аналіз тих видів діяльності, які можуть вплинути на досягнутий рівень енергоефективності.

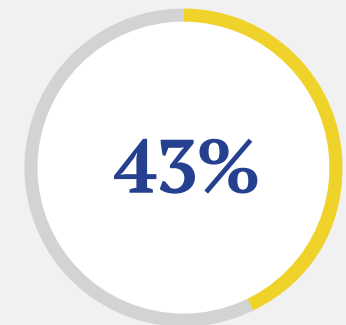
Працівники холдингу пройшли навчання на курсі Європейський ЕнергоМенеджер (EUREM), що був організований Київською торгово-промисловою палатою за підтримки проєкту «Консультавання підприємств щодо енергоефективності», який впроваджується в Україні компанією Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH у політичному партнерстві з Міністерством розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України.

Переваги для бізнесу

Заощаджено з моменту впровадження СЕнМ



Природний газ



Електроенергія

У результаті функціонування СЕнМ:

- ✔ Поліпшилася культура енергоспоживання
- ✔ Розроблено понад 20 задокументованих процедур та форм звітності, які регулюють діяльність СЕнМ на рівні підприємства

На основі даних виробничого періоду 2018 року за допомогою регресійного аналізу на підприємстві було змодельовано споживання енергоресурсів, що, у свою чергу, уможливило аналіз ефективності парових котлів, візуалізацію балансу виробленої та спожитої пари, а також швидку реакцію на відхилення від нормативних параметрів.

У 2016 – 2019 роках було проведено:

- ☑ Заміну вакуумного приладу
- ☑ Реконструкцію целюлозно-сушильної установки
- ☑ Заміну бурякового насоса
- ☑ Заміну центрифуг
- ☑ Заміну змішувачів кристалізаторів
- ☑ Встановлення перетворювачів частоти на двигуни
- ☑ Модернізацію освітлення
- ☑ Теплоізоляцію трубопроводів
- ☑ Оптимізацію системи стисненого повітря

Імплементация даних заходів та визначення їх ефективності відбувалося відповідно до вимог впровадженої СЕНМ.

Техніко-економічні показники

Захід з енергоефективності	Система енергетичного менеджменту
Період впровадження	Травень – вересень 2016
Вартість впровадження	5 080 000 грн
Загальна економія витрат на енергію*	15 000 000 грн
Загальна економія енергії*	7 950 МВт•год
Поліпшення енергоефективності	27 %
Загальне скорочення викидів тCO ₂ екв.*	1 700

*За період з вересня 2016 по грудень 2019 року.

Додаткові заходи з енергоефективності та заощадження коштів

Технічне рішення	Переваги	Особливості	Примітки
Комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерація)	Підвищення загального рівня ефективності енерговикористання, зменшення рахунків за електроенергію	Оптимальні параметри обладнання (теплове навантаження)	Зазвичай використовується природний газ (можна використовувати також біогаз)
Утилізація теплових скидів	Умовно безкоштовне джерело теплової енергії	Системна інтеграція	Економічно більш вигідно, ніж інвестувати у додаткову теплову потужність котельні
Сонячна тепла енергія	Умовно безкоштовний енергоносіє	Коливання рівнів інсоляції	Сонячні повітряні колектори для сушарок, опалення внутрішніх об'ємів
Дрова	Дешево паливо	Ручне керування / Ручна робота	Наявність топок потужністю до 150 кВт
Дерев'яна тріска чи гранули	Автоматичне перенесення біоенергії у твердій фазі	Сталість постачання	Наявність топок потужністю до 1 МВт

Про проєкт «Консультавання підприємств щодо енергоефективності»

Федеральне міністерство економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ) надає підтримку Міністерству економіки України у впровадженні ініціатив, спрямованих на енергетичну модернізацію українських підприємств у рамках проєкту «Консультавання підприємств щодо енергоефективності», який виконується GIZ з 2017 року.

Проєкт працює у чотирьох взаємопов'язаних напрямках:

- розвиток ринку енергоефективних послуг для підприємств;
- реалізація пілотних проєктів на обраних підприємствах;
- навчання керівників та фахівців компаній;
- підтримка діалогу щодо розробки механізмів стимулювання та програм сприяння.

Українські промислові підприємства хлібопекарської, молокопереробної, машинобудівної галузей та галузі виробництва будівельних матеріалів отримали у межах проєкту технічну підтримку у проведенні енергетичних аудитів та розробці енергоефективних заходів з урахуванням своїх індивідуальних потреб.

Разом з професійними асоціаціями, агентствами та центрами з підвищен-

ня кваліфікації Проєкт розробляє різні пропозиції для підприємств. Так фахівці та керівники компаній навчаються ефективному використанню енергії та енергоменеджменту за європейськими стандартами, а підприємства отримують доступ до енергоаудитів та інструментів з підвищення енергоефективності, серед іншого, в рамках навчальних мереж енергоефективності (LEEN).

На прикладі підприємств, що беруть участь у пілотних ініціативах, Проєкт демонструє економічно ефективні та технічно доцільні заходи з підвищення енергоефективності. Вони дозволяють суттєво скоротити споживання енергії та стати прикладом для поширення по всій країні. GIZ надає комплексний супровід подібним проєктам: від техніко-економічного планування та реалізації до впровадження концепцій енергоменеджменту та підготовки керівників і співробітників підприємства до виконання нових завдань. Проєкт надає підтримку партнерам з державного сектору у розробці програм стимулювання для підприємств, які ефективніше використовують енергію, що у довгостроковій перспективі має призвести до скорочення викидів парникових газів і сприяти підвищенню конкурентоспроможності виробництв.

Діяльність GIZ в Україні

GIZ надає послуги у сфері міжнародної співпраці заради сталого розвитку та спільно зі своїми партнерами розробляє дієві рішення, які забезпечують людям можливості та гідні умови життя у довгостроковій перспективі. Як неприбуткова державна компанія GIZ надає підтримку Федеральному Уряду Німеччини та багатьом іншим державним і приватним замовникам у найрізноманітніших сферах, які охоплюють, зокрема, сприяння економічному розвитку та зайнятості, енергетику, охорону

довкілля, а також забезпечення миру та безпеки.

Пріоритетними напрямками GIZ в Україні є: ефективне державне врядування, енергоефективність і клімат, сталий економічний розвиток. Крім того, німецька співпраця охоплює подолання ситуації на сході країни. При цьому особлива увага приділяється підтримці українських громад, що прийняли внутрішньо переміщених осіб.



.....

.....





**Міжгалузеві технології,
здатні підвищити
енергоефективність
українських підприємств**



01004, Київ
вул. Антоновича, 166
Т: +38 044 594 07 60
Ф: +38 044 594 07 61
І: www.giz.de/ukraine-ua