



Виконавець:

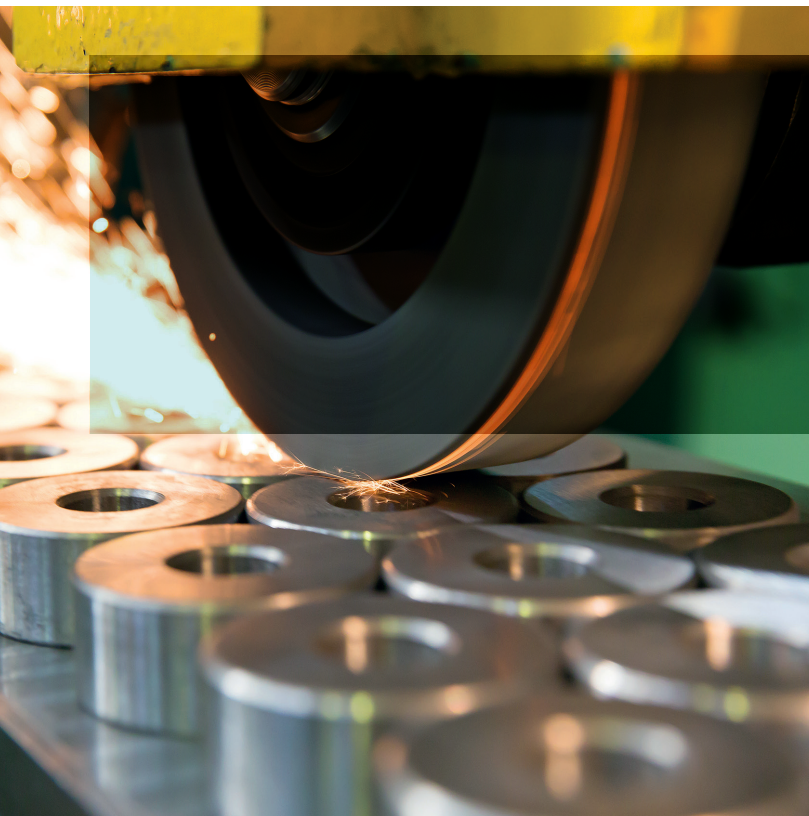
**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ЕКОНОМКИ, ТОРГІВЛІ  
ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ



ДЕРЖЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ



## Скільки енергії витрачається на обробку металу для виготовлення машин та механізмів?

**Висновки за результатами**

**18 енергоаудитів,**

**проведених на українських**

**підприємствах машинобудівної галузі**



**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 01004, Київ, Україна  
Т: +38 044 594 07 60  
<https://www.giz.de/ukraine-ua>

**Загальне управління проектом:** Рікардо Кюльхайм

**Ідея та текст:** Штефан Ландауер

**Обробка та аналіз даних:** Павло Пертко - ТОВ «ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ПРО»

**За участі:** Аліна Рекрутяк, Ганна Боднар, Світлана Чеботарьова, Анатолій Чернявський

**Дизайн:** Катерина Яшина

**Фото:** <https://www.shutterstock.com/>

GIZ несе відповідальність за зміст цієї публікації.

© GIZ 2020

# Зміст

- 04** Про що ця брошура?
- 05** Діяльність GIZ в Україні
- 06** Про проект «Консультавання підприємств щодо енергоефективності»
- 09** Економічні умови та їх вплив на енергоефективність
- 10** Які енергоносії використовуються та у яких обсягах?
- 12** Використання енергії у машинобудівній промисловості
- 14** Які виробничі процеси споживають найбільше енергії?
- 15** Скільки коштує енергія, яку споживають підприємства машинобудівної галузі?
- 16** Що таке заходи з енергоефективності та де прихований найбільший потенціал енергозбереження?
- 22** Типові заходи з енергоефективності
- 26** Яким є співвідношення між скороченням викидів CO<sub>2</sub>екв та інвестиціями при впровадженні заходів з енергоефективності?
- 27** Потенціал енергозбереження
- 28** Скільки спожитої енергії міститься в обробленому металі?
- 30** Висновки

## ■ Про що ця брошура?

Машинобудівна галузь є рушієм економіки будь-якої країни. Україна не є винятком, тому розвиток підприємств машинобудівного комплексу посідає надзвичайно важливе місце в економіці нашої держави. Не дивлячись на це, нагальними лишаються питання енергоефективності машинобудівного сектору. Скільки енергії потрібно, щоб обробити 1 кг металу та інших матеріалів для виготовлення продукції в цій галузі? Скільки грошей витрачено на енергію для виготовлення тієї чи іншої деталі? Які основні споживачі енергії та який потенціал енергозбереження машинобудівної галузі? Які коротко-, середньо-, довгострокові заходи з енергоефективності доцільно впроваджувати? Який ефект вони матимуть і як допоможуть захистити навколишнє середовище та ваш гаманець? Цей аналітичний звіт ілюструє структуру енергоспоживання, вартість обсягів енер-

гії, що споживається на виробництво продукції, потенціал енергозбереження та конкретні заходи з енергоефективності, а також наводить дані щодо обсягів викидів парникових газів в машинобудівній галузі України. Він базується на результатах енергоаудитів, проведених за підтримки Німецького товариства міжнародного співробітництва (GIZ) ГмбХ, а також демонструє потенційні довгострокові результати проектів у сфері енергоефективності та боротьби зі змінами клімату, виконуваних GIZ в Україні. Тому цей аналітичний звіт буде цікавий директорам і власникам компаній, керівникам та інвесторам в українську машинобудівну галузь. Оскільки цей звіт розрахований на усіх зацікавлених, а не лише експертів з енергоефективності, використання технічної термінології в ньому зведено до мінімуму, а пояснення складних технічних аспектів – спрощене.





## Діяльність GIZ в Україні

Німецьке товариство міжнародного співробітництва (GIZ) ГмбХ є німецьким агентством з розвитку. GIZ працює у 120 країнах, надаючи послуги міжнародного співробітництва задля сталого розвитку, займаючись освітньою діяльністю та сприяючи більш сталому майбутньому. GIZ має більш ніж 50 років досвіду діяльності за широким спектром тем, у т. ч., економічного розвитку й працевлаштування, енергетики та довкілля, забезпечення миру та безпеки. Агентство співпрацює з урядом Німеччини, установами Європейського Союзу, ООН, приватним сектором та урядами багатьох країн. Окрім того, GIZ працює спільно з компаніями, представниками громадянського суспільства й науково-дослідними установами у рамках взаємодії між політикою розвитку та іншими напрямками діяльності.

Основним замовником для GIZ є Федеральне міністерство економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ).

GIZ підтримує Україну за дорученням Федерального уряду Німеччини на шляху демократичних перетворень з 1993 року. З 2009 року GIZ має бюро в Києві. На сьогодні в головному офісі та проектах агентства працює 352 національних і 52 іноземних працівників, а також 6 фахівців з розвитку. Нині пріоритетними напрямками німецько-української співпраці є ефективне державне врядування, енергоефективність та сталий економічний розвиток.



## Про проєкт «Консультавання підприємств щодо енергоефективності»

Економіка є головним рушієм для промисловості; відповідно, найбільшим стимулом до підвищення енергоефективності є зменшення загальних експлуатаційних витрат. На щастя, є чимало можливостей, за допомогою яких малі та середні підприємства можуть підвищити свою ефективність. За результатами досліджень, рентабельні заходи з енергоефективності здатні скоротити енергоспоживання української промисловості аж на 35%.

Федеральне міністерство економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ) надає підтримку Міністерству розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України у впровадженні ініціатив,

спрямованих на підвищення енергоефективності у рамках проєкту «Консультавання підприємств щодо енергоефективності», який виконується GIZ з 2017 року на замовлення німецького уряду.

Проєкт надає українським промисловим підприємствам технічну підтримку у проведенні енергоаудитів та розробці пілотних проєктів з урахуванням індивідуальних потреб підприємств. Результати енергоаудитів дозволяють українським компаніям впроваджувати технічно та економічно доцільні заходи з енергоефективності.

Починаючи з жовтня 2018 року, команда у складі національних та міжнародних сертифікованих енерго-

аудиторів провела оцінку рівня енергоефективності 65 підприємств згідно зі стандартом ISO 50002, тип 2. Цей етап аудиту був завершений у липні 2019 року; він стосувався підприємств хлібопекарської, молочної, машинобудівної галузей та підприємств з виробництва неметалевих будівельних матеріалів. За його результатами було відібрано 20 компаній для проведення аудиту інвестиційного рівня згідно з ISO 50002 тип 3, що було завершено у березні 2020 року.

**65 підприємств**  
брали участь в аудиті  
відповідно до  
стандарту ISO 50002

Цей аналітичний звіт створений за результатами оцінки енергоефективності 18 підприємств машинобудівної галузі та їхнього профілю енергоспоживання задля визначення найбільш доцільних заходів з енергоефективності. Наведені тут типові, визначені у першому наближенні профілі споживання енергоресурсів, сприяють кращому розумінню рівня енергоефективності промислових галузей України. Це, у свою чергу, дозволяє спростити співставність даних за галузями. Відповідно, цей звіт може заохотити відповідальних за прийняття рішень до впровадження заходів з енергоефективності.





## Що таке аудит інвестиційного рівня?

Аудит інвестиційного рівня є найбільш детальним видом енергетичного аудиту. Він аналізує фінансові аспекти заощадження енергоресурсів та доцільність інвестування у потенційні зміни чи

заходи з енергоефективності. Замовник зазвичай використовує аудит інвестиційного рівня як інструмент фінансового аналізу під час планування заходів з модернізації виробництва.

## Що таке «енергоаудит згідно з ISO 50002»?

Власники або керівники промислових підприємств не завжди знають про можливості, що надають заходи з енергоефективності. Проведення енергоаудиту є першим кроком до визначення можливих обсягів заощадження енергоресурсів за рахунок розроблених заходів з енергоефективності (ЗЕЕ) та їх пріоритизації.

Міжнародний стандарт ISO 50002 визначає вимоги до проведення трьох типів енергоаудиту. Його застосовують для підприємств та організацій будь-якого типу, незалежно від виду енергоносіїв та напрямків їх використання. Стандарт також визначає принципи проведення енергоаудитів, вимоги до стандартизованих процесів їх проведення, а також види та форми оформлення відповідних результатів.



# Економічні умови та їх вплив на енергоефективність

Машинобудівна галузь є однією з провідних галузей промисловості. Її частка у структурі промисловості України становить близько 73%. У динаміці 2012-2018 років найбільшою ця частка була у 2012 році, коли вона складала 10,32%, найменшою – у 2016 році (6,1%)<sup>1</sup>. Машинобудівні підприємства виробляють не лише споживчі товари, а й продукцію, спрямовану на виробництво товарів і послуг підприємствами інших галузей. Україна має великі можливості для розвитку продукції сільськогосподарського машинобудування та забезпечення підприємств харчової та переробної промисловості сучасними машинами й обладнанням. У 2011–2017 роках відбулося зростання виробництва електричного устаткування, автотранспортних засобів, електронної та оптичної продукції. Водночас динаміка в розрізі основних видів продукції свідчить про нестабільність вироб-



ництва та нерегулярність контрактів. Також існують проблеми, пов'язані з низьким рівнем енергоефективності обладнання та використання виробничих потужностей, зносом основних фондів. Все це призводить до суттєвого погіршення рівня енергоефективності підприємств галузі і зниження рентабельності виробництва. Як наслідок, кількість великих та середніх машинобудівних підприємств України зменшується. Так, у 2018 році в порівнянні з 2010 роком кількість великих підприємств зменшилась на 52 % (з 52 до 25 компаній), а середніх – на 20 % (з 921 до 757). Натомість кількість малих підприємств зросла на 4,7 % (з 5765 до 5941). Підвищення конкурентоспроможності підприємств галузі потребує їх енергетичної модернізації: впровадження нових технологій та реалізації заходів з енергоефективності.

1. Офіційний сайт Державної служби статистики. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>

## Які енергоносії використовуються та у яких обсягах?

У 2018 році було проаналізовано 18 підприємств, річне споживання енергії якими становило від 0,4 до 62,7 ГВт-год. Разюча відмінність між мінімальним та максимальним обсягом споживання пояснюється проведенням енергетичних аудитів як на великих, так і на малих підприємствах машинобудівної галузі.

Більшість проаналізованих підприємств споживає від 0,4 до 9,6 ГВт-год/рік. Окремо слід виділити великих споживачів – два підприємства, щоспоживають 29,7 та 62,7 ГВт-год/рік відповідно. Середнє споживання розраховувалось без урахування цих підприємств і становить 3,8 ГВт-год на рік (рис. 1).



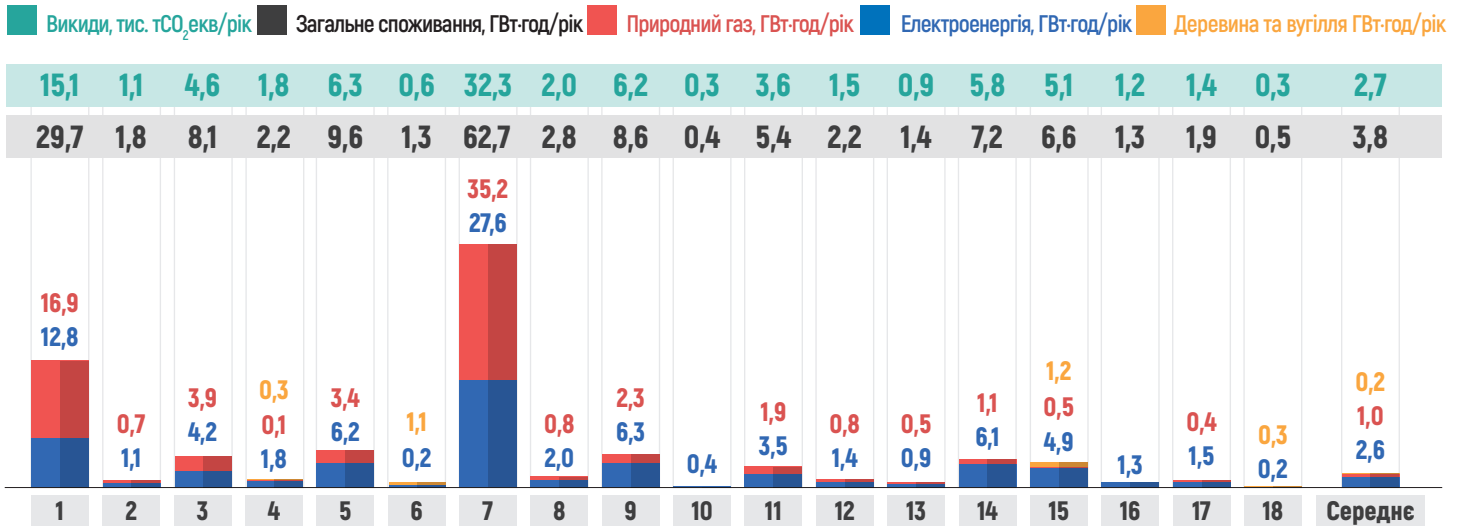
Двоокис вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) - безбарвний парниковий газ, який утворюється під час горіння будь-якого матеріалу, який містить вуглець. Еквівалент двоокису вуглецю ( $\text{CO}_2\text{екв}$ ) – спосіб співставлення викидів різноманітних парникових газів на основі оцінки їхньої здатності викликати глобальне потепління. Наприклад, для метану показник здатності викликати глобальне потепління впродовж 100 років складає 21. Це означає, що викид однієї метричної тонни метану дорівнює викиду 21 метричної тонни двоокису вуглецю.



## Які енергоносії використовуються та у яких обсягах?



На рис. 1 кожний стовпчик позначає споживання енергоресурсів окремим підприємством галузі. На ньому проілюстровано річне споживання енергії у ГВт-год (чорний колір) та викиди CO<sub>2</sub>екв у тис. тонн (зелений колір) у 2018 році. Річне споживання енергії деталізовано як споживання електроенергії (синій колір), природного газу (червоний колір), деревини та вугілля (жовтий колір) у ГВт-год.

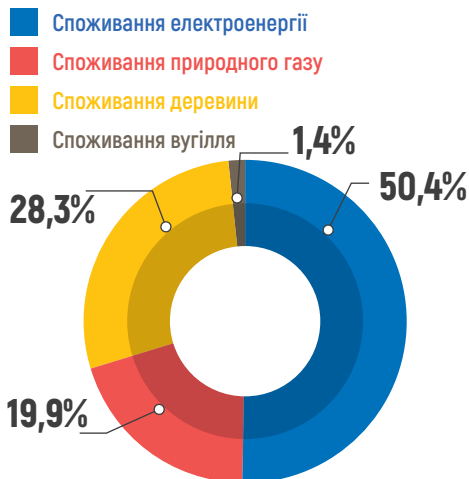


**Рисунок 1.** Споживання електроенергії, природного газу, деревини та вугілля у (ГВт-год) та обсяги викидів (тис. тCO<sub>2</sub>екв) підприємствами у 2018 році

Гігават-година (скорочено: ГВт-год) – одиниця споживання енергії, яка дорівнює 1 мільярду (1 000 000 000) ват або 1 мільйону кіловат за годину.

## Використання енергії у машинобудівній промисловості

На наступній секторній діаграмі (рис. 2) показано співвідношення основних енергоресурсів – електроенергії, природного газу, деревини та вугілля, що споживались у 2018 році.



**Рисунок 2.** Співвідношення обсягів споживання електроенергії, природного газу, вугілля та деревини в балансі енергоспоживання, 2018 рік

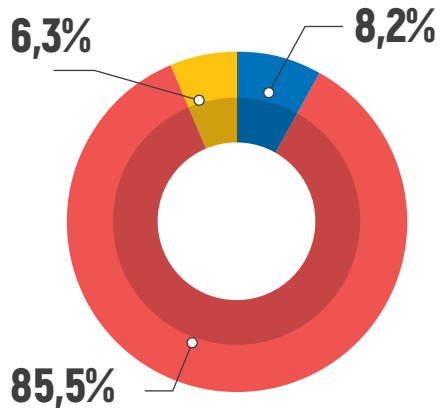


На рис. 2 показано, що машинобудівна промисловість найбільше залежить від електроенергії (50,4%). Природного газу споживається значно менше (19,9%). Це пов'язано зі значним скороченням його споживання у виробничих процесах, зокрема під час гартування, плавки, сушки лакофарбних матеріалів.

Природний газ також використовується на потреби опалення приміщень, виробництва гарячої води на господарські потреби тощо. Вугілля та деревину спалюють переважно для опалення та гарячого водопостачання, загальна частка їх споживання становить 29,7%.

# Використання енергії у машинобудівній промисловості

- Споживання енергії на опалення та ГВП
- Споживання енергії на виробництво
- Втрати енергії



**Рисунок 3.** Баланс споживання енергії за напрямками використання і втрат енергії (2018)

Діаграма на рис. 3 показує, скільки енергії споживає типове підприємство машинобудівної галузі на потреби виробництва, опалення та гарячого водопостачання.

Як видно, на виробничі процеси припадає 85,5 % спожитої енергії, ще близько 8,2 % використовують системи опалення та підігріву води, а 6,3 % – це втрати.



Втрати енергії відбуваються у всій системі її постачання та розподілу: у системах генерації електроенергії, виробництва пари, за межами енергогосподарських блоків та в межах виробничих площ через неефективність обладнання, механічні та теплоізоляційні обмеження. Енергія втрачається у системах розподілу та передачі енергії у межах підприємства. Втрати також відбуваються у системах перетворення енергії (наприклад, у теплообмінниках, нагрівальному обладнанні, насосах і двигунах), ефективність яких має теплоізоляційні або механічні обмеження, пов'язані з конструкційними матеріалами та конструкцією устаткування. Основна ж частка втрат відбувається у системі генерації та розподілу теплової енергії.

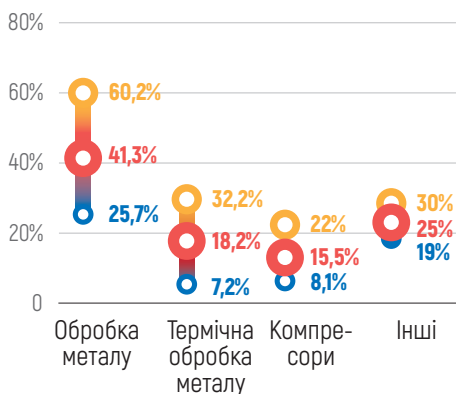
## Які виробничі процеси споживають найбільше енергії?

Як зазначено на рис. 4, в середньому при обробці металу технологічним обладнанням споживається 41,3 % електроенергії, в процесах теплової обробки – 18,2 %, компресори споживають 15,5 %, інші споживачі витрачають 25 % електроенергії. У числовому форматі також вказані максимальні та мінімальні значення споживання електроенергії. Необхідно зазначити, що до інших споживачів віднесено також частину технологічного обладнання, яку не вдалося виокремити через відсутність систем технічного обліку. Сюди ж віднесені і втрати електроенергії.

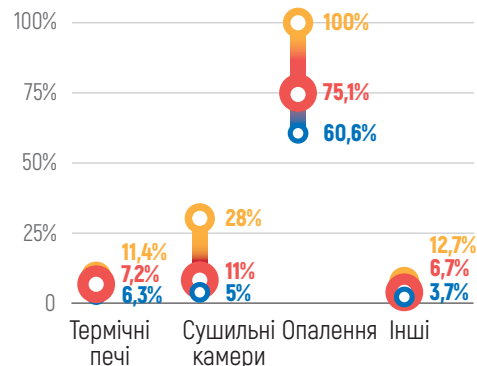
На рис. 5 показані основні групи споживачів природного газу та інших видів палива, які використовуються переважно для опалення, гарячого водопостачання та технологічних процесів (термічні печі, сушильні камери тощо). До інших споживачів віднесено ті категорії, які не вдалося виокремити та втрати. У середньому на опалення та гаряче водопостачання припадає 75,1 %, на фарбувальні камери –

11 %, на термічні печі – 7,2 % та на інших споживачів (включаючи втрати) – 6,7 %.

■ Загальне споживання електроенергії /природного газу/деревини та вугілля (в середньому) ■ Мінімальне значення ■ Максимальне значення



**Рисунок 4.** Які процеси споживають електроенергію?



**Рисунок 5.** Які процеси споживають природний газ, деревину та вугілля?

## Скільки коштує енергія, яку споживають підприємства машинобудівної галузі?

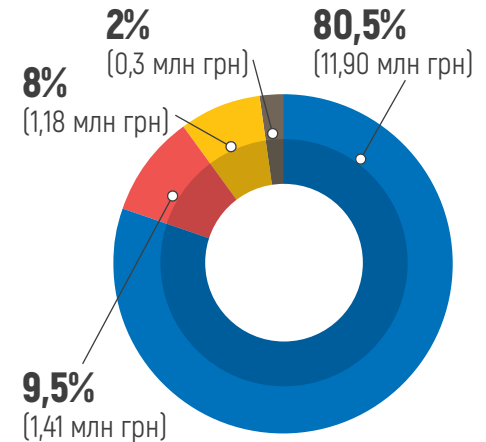
Витрати на придбання енергії залежать від обсягів енергоспоживання, існуючого рівня цін на енергоносії та сезонних коливань, і включають в себе постійні витрати на забезпечення енергопостачання. Середні закупівельні ціни на електроенергію та природний газ на 1 спожиту МВт-год енергії у 2016-2019 роках наведені у табл. 1.

Якщо середня ціна за 1 МВт-год електроенергії стабільно зростала з 2100 грн у 2016 році до 2460 грн у 2019 році,

то ціна на природний газ впала з 1220 грн у 2018 році до 690 грн у 2019-му.

На рис. 6 представлені загальні витрати та частка витрат на електроенергію, природний газ, деревину та вугілля типового підприємства у 2018 році. У 2018 році за електроенергію було сплачено 11,9 млн грн (80,5% енерговитрат), 1,41 млн грн (9,5%) – на природний газ, 1,18 млн грн (8%) – на деревину та 0,3 млн грн – на вугілля (2%).

- Витрати на електроенергію, %/млн грн
- Витрати на природний газ, %/млн грн
- Витрати на деревину, %/млн грн
- Витрати на вугілля, %/млн грн



**Рисунок 6.** Вартість закупівлі електроенергії, природного газу, деревини та вугілля підприємством машинобудівної промисловості у 2018 році

**Таблиця 1.** Вартість енергії у 2016-2019 роках, у грн/МВт-год<sup>1</sup>

\* Ціну на природний газ було зменшено постановою Кабінету Міністрів України № 293<sup>1</sup>

1. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/485-2019-%D0%BF>

Рік	Електроенергія	Природний газ	Деревина та вугілля
2016	2100	690	750
2017	2180	1030	800
2018	2460	1220	896
2019	2460	690*	893

# Що таке заходи з енергоефективності та де прихований найбільший потенціал енергозбереження?

Аби організувати потенційні ЗЕЕ в їхній різноманітності, ми згрупували їх за наступними групами споживачів:

-  1 Вироблення та розподіл електроенергії
-  2 Вироблення та постачання тепла
-  3 Вироблення стисненого повітря
-  4 Електричні двигуни

-  5 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря
-  6 Освітлення
-  7 Виробничі процеси

Заходи з енергоефективності (ЗЕЕ) – дії або заходи, реалізовані чи заплановані в межах підприємства, спрямовані на поліпшення ефективності використання енергії завдяки реалізації технологічних, управлінських, поведінкових, економічно доцільних або інших змін, що призводять до підвищення рівня енергоефективності.

Енергетична результативність – вимірні результати, пов'язані з енергетичною ефективністю, використанням енергії та кількістю використаних (спожитих) енергетичних ресурсів.

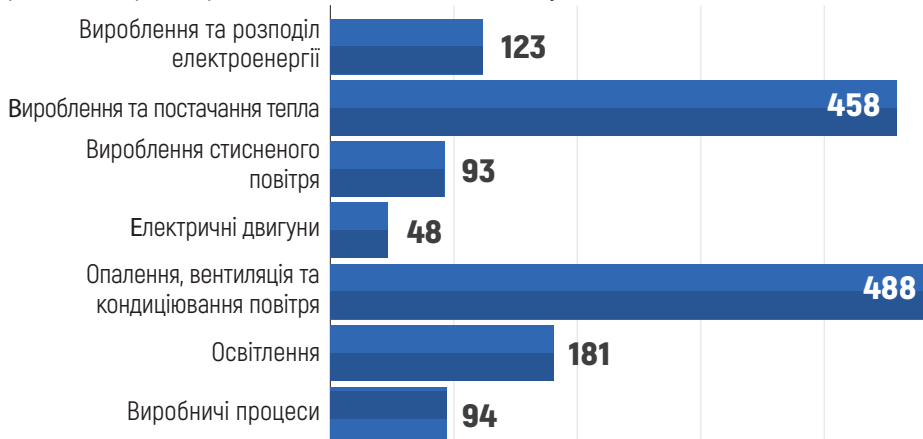


# Який річний потенціал енергозбереження?

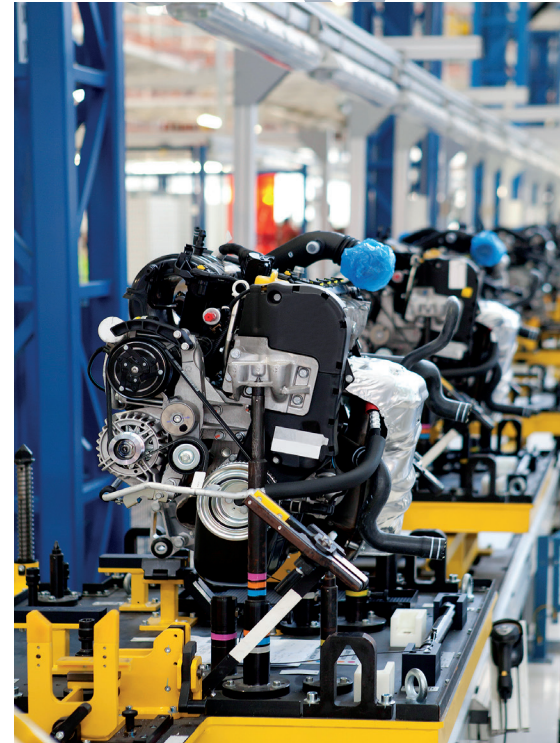
На наступному рисунку показаний річний потенціал енергозбереження у МВт-год за різними групами споживачів відповідно до результатів енергоаудитів на 18 підприємствах машинобудівної галузі.

До найбільш перспективних груп споживачів з точки зору потенціалу енергозбереження першочергово відносяться

системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (488 МВт-год/рік); вироблення та постачання тепла (458), освітлення (181), вироблення та розподіл електроенергії (123), виробничі процеси (94), вироблення стисненого повітря (93). Останнє місце належить електричним двигунам (48).



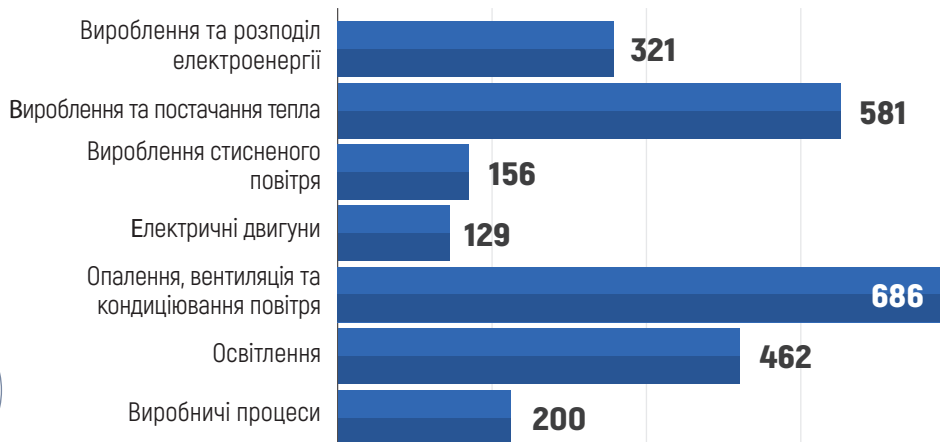
**Рисунок 7.** Річний потенціал енергозбереження за різними групами споживачів



## Які сфери у машинобудівній галузі можуть забезпечити заощадження коштів?

На наступному рисунку зображені потенційні річні обсяги заощаджень коштів, яких можна досягнути завдяки реалізації ЗЕЕ. Оскільки енерговитрати напряму пов'язані з обсягами споживання енергії і місцями, де спостерігаються найбільші втрати енергії, рейтинг очолюють опалення, вентиляція та

кондиціювання повітря (686 тис. грн/рік), далі – вироблення та постачання тепла (581), освітлення (462). Потім маємо вироблення та розподіл електроенергії (321), виробничі процеси (200), вироблення стисненого повітря (156), й знову на останньому місці електричні двигуни (129).



**Рисунок 8.** Потенціал економії коштів на енергію у машинобудівній галузі за різними групами споживачів

## Які інвестиційні можливості відкриває впровадження пропонованих заходів з енергоефективності?



**Рисунок 9.** Інвестиції на впровадження пропонованих заходів з енергоефективності



На рис. 9 представлено потенційні можливості інвестування у ЗЕЕ по кожній групі споживачів відповідно до результатів енергоаудиту.

Найбільших інвестицій потребує група опалення, вентиляції та кондиціювання повітря – в середньому 2600 тис. грн, наступною групою є вироблення та постачання тепла (1306), виробничі процеси (1199), освітлення (1145), вироблення стисненого повітря (302), вироблення та розподіл електроенергії (186) та електричні двигуни (172).

## Як ваше підприємство може долучитися до боротьби зі змінами клімату?

Впровадження ЗЕЕ підвищить вашу конкурентоздатність, оскільки зменшить операційні видатки. Одночасно це дозволить реагувати на іншу, більш глобальну та нагальну проблему – зміну клімату.

Підвищення середньої глобальної температури пов'язують зі збільшенням викидів парникових газів. Існує зв'язок між глобальними температурами, концентрацією парникових газів (особливо CO<sub>2</sub>) та їхніми викидами через використання промисловою викопних видів пального.

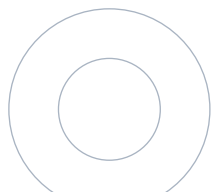
1. Global Warming of 1.5 °C, IPCC, March 2020,  
<https://www.ipcc.ch/sr15/>

2. Effects of global warming on humans, Wikipedia,  
March 2020,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Effects\\_of\\_global\\_warming\\_on\\_humans](https://en.wikipedia.org/wiki/Effects_of_global_warming_on_humans)

Антропогенне підвищення температури сягнуло майже 1°C (у діапазоні від 0,8°C та 1,2°C) вище передіндустріального рівня, збільшуючись на 0,2°C (у діапазоні від 0,1°C до 0,3°C) щодесять років.<sup>1</sup>



Глобальне потепління спричинило незворотні зміни у геологічних, біологічних та екологічних системах Землі. Ці зміни призвели до появи масштабних екологічних загроз здоров'ю людини, таких як екстремальні погодні умови, виснаження озонового шару, підвищення небезпеки лісових пожеж, втрата біорозмаїття, надмірне навантаження на системи виробництва продовольства та глобальне поширення інфекцій. Крім цього, за оцінками експертів, зміни клімату щорічно спричиняють більше 150 000 смертей.<sup>2</sup>

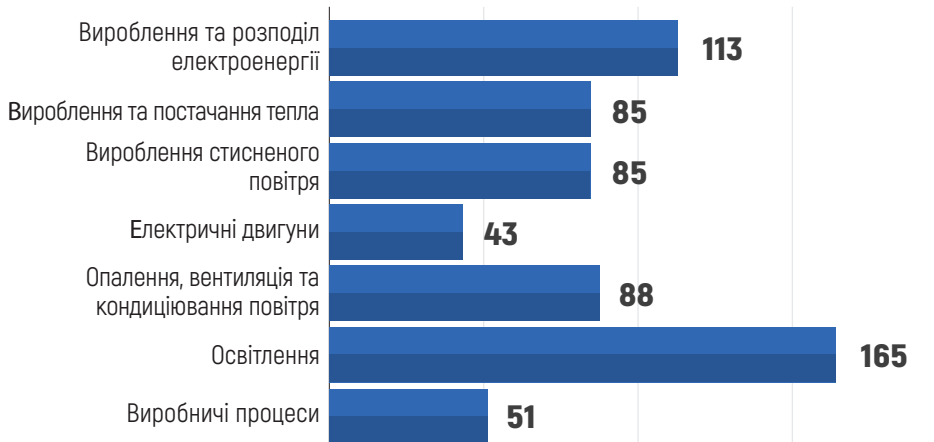


## Як ваше підприємство може долучитися до боротьби зі змінами клімату?

На рис. 10 показаний потенціал скорочення викидів у тоннах еквіваленту двоокису вуглецю ( $\text{тCO}_2\text{екв}$ ) за умови впровадження пропонованих заходів з енергоефективності на типовому підприєм-

стві машинобудівної галузі. Найбільш значний потенціал скорочення викидів  $\text{тCO}_2\text{екв}$  мають ЗЕЕ, впроваджені в освітленні (165  $\text{тCO}_2\text{екв/рік}$ ), виробленні та розподілі електроенергії (113), опаленні,

вентиляції та кондиціюванні повітря (88), виробленні та постачанні тепла і виробленні стисненого повітря (85), виробничих процесах (51) та електричних двигунах (43).



**Рисунок 10.** Скорочення викидів у тоннах екв. вуглекислого газу на рік ( $\text{тCO}_2\text{екв/рік}$ ) за умови застосування заходів з енергоефективності, рекомендованих у звіті з енергоаудиту





## Типові заходи з енергоефективності

Кожне підприємство машинобудівної галузі є унікальним і потребує індивідуальних підходів до підвищення його енергоефективності. Разом з тим, аналіз 18 підприємств машинобудівної галузі продемонстрував наявність чітких загальних рис щодо перспективних удосконалень. Найбільш актуальні заходи з енергоефективності з точки зору інвестиційних можливостей, обсягів заощаджень енергії та коштів, періоду окупності та скорочення викидів у тоннах двоокису вуглецю (ТСО<sub>2</sub>екв) зазначені у табл. 2.





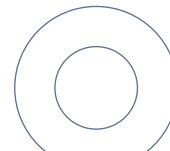
## Типові ЗЕЕ у машинобудівній промисловості

	Інвестиції, тис. грн	Економія коштів, тис. грн	Заощадження енергії, МВт-год	Простий період окупності, роки	Скорочення викидів, тCO <sub>2</sub> екв*
Оптимізація роботи котлів	171	82,5	46,4	2,3	12,9
Оптимізація систем стисненого повітря	82	65,7	24,7	3,0	22,5
Встановлення частотно-регульованого приводу	184	165,0	65,0	1,1	59,3
Термомодернізація будівель	3070	589,6	538,4	15,0	20,0
Модернізація системи освітлення	1307	520,8	235,6	4,8	185,1
Модернізація гартувальних печей	1414	138,6	75,0	8,5	25,3

## Таблиця 2.

\* Коефіцієнт викидів від 1 МВт-год електроенергії - 0,912 тCO<sub>2</sub>екв; від 1 МВт-год природного газу - 0,202 тCO<sub>2</sub>екв; від 1 МВт-год вугілля - 0,354 тCO<sub>2</sub>екв.

<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC90405/part%20ii%20ru%20new%20pubsy%20.pdf>





З таблиці 3 видно, що значна частка запропонованих ЗЕЕ має період окупності до 2 років.

**61%**

енергозаощаджень можна отримати, запровадивши ЗЕЕ з простим періодом окупності, меншим за 2 роки.

Простий період окупності	Кількість типових ЗЕЕ	Заощадження енергії, МВт·год/рік	Частка заощадження енергії від загальної економії	Скорочення викидів, тCO <sub>2</sub> екв
< 2 років	3-4	1190	61%	580
Від 2 до 5 років	1-2	415	21%	138
> 5 років	1-2	345	18%	129

**Таблиця 3.** Заходи з енергоефективності, запропоновані в результаті проведених енергоаудитів і розподілені за періодом окупності

	Кількість типових ЗЕЕ	Заощадження енергії, МВт-год/рік	Частка заощадження енергії	Скорочення викидів, тCO <sub>2</sub> екв
--	-----------------------	----------------------------------	----------------------------	--

### ЗЕЕ з обсягом інвестицій < 60 000 грн

ЗЕЕ	1-2	102	5,2%	63,5
Електроенергія	1-2	68	3,5%	59,7
Природний газ	0-1	13	0,7%	3,4
Деревина та вугілля	0-1	21	1,1%	0,5

### ЗЕЕ з обсягом інвестицій від 60 000 до 300 000 грн

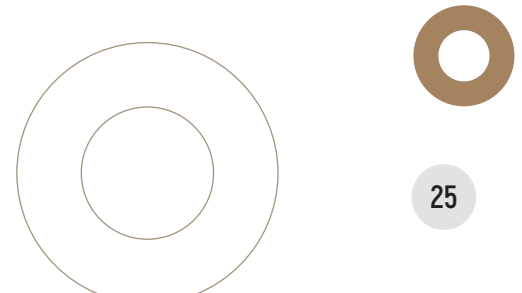
ЗЕЕ	1-2	126	6,5%	97,4
Електроенергія	1-2	105	5,4%	88,9
Природний газ	0-1	14	0,7%	2,9
Деревина та вугілля	0-1	7	0,4%	5,6

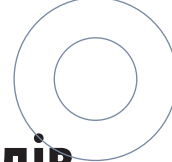
### ЗЕЕ з обсягом інвестицій > 300 000 грн

ЗЕЕ	3-4	1722	88,3%	685
Електроенергія	1-2	696	35,7%	514
Природний газ	1-2	954	48,9%	142
Деревина та вугілля	0-1	72	3,7%	28,9

В умовах типового виробництва машинобудівної продукції впровадження від одного до двох заходів з енергоефективності з обсягом інвестицій у кожний, меншим за 60 000 грн, призвело б до економії 5,2 % від визначеного в енергоаудиті потенціалу енергозбереження. Від одного до двох заходів з вартістю інвестицій у кожний від 60 000 до 300 000 грн дадуть можливість заощадити 6,5%, а від трьох-чотирьох ЗЕЕ з вартістю інвестицій більше 300 000 грн кожний можна очікувати 88,3% від загального потенціалу енергозбереження.

**Таблиця 4.** Заходи з енергоефективності, запропоновані в результаті проведених енергоаудитів та згруповані за обсягом інвестицій





## Яким є співвідношення між скороченням викидів CO<sub>2</sub>екв та інвестиціями при впровадженні ЗЕЕ?

Чи, інакше кажучи, які заходи мають найбільшу результативність, призводять до найбільшого зменшення викидів парникових газів відносно розміру конкретної інвестиції?

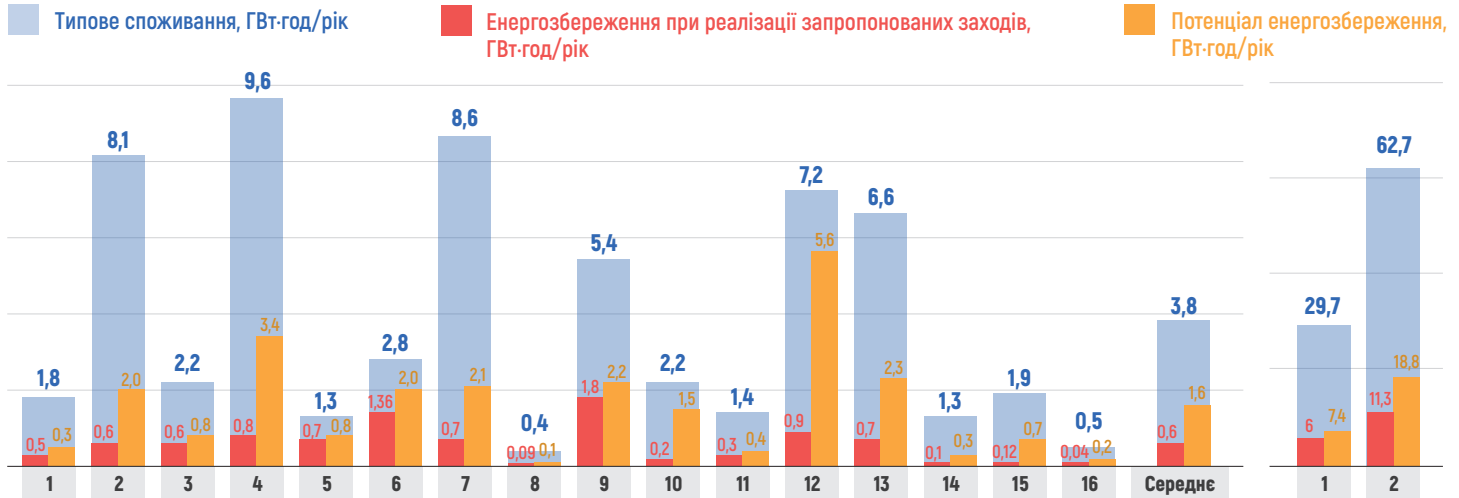
Найбільш перспективним за обсягом скорочення викидів заходом є встановлення частотно-регульованого приводу (322 г CO<sub>2</sub>екв/рік на 1 грн інвестицій), інші можливі заходи: оптимізація систем стисненого повітря (275), модернізація системи освітлення (142), оптимізація роботи котлів (75), модернізація гартувальних печей (18) та термо-модернізація будівель (7).



**Рисунок 11.** Скорочення викидів у грамах екв. двоокису вуглецю на рік (г CO<sub>2</sub>екв/рік) при інвестуванні 1 грн



# Потенціал енергозбереження



На рисунку вище показано співвідношення між енергоспоживанням та потенційним енергозбереженням у випадку впровадження запропонованих заходів з енергоефективності. Для кращої деталізації діаграму розділено залежно від споживання енергії підприємствами: група, що споживає 0,3-9,6 ГВт-год/рік та група, що споживає 29,7-62,7 ГВт-год/рік.

При визначенні середніх показників дані двох підприємств, що суттєво відрізняються від інших за рівнем споживання енергії, не враховувались. Середнє споживання становило 3,8 ГВт-год/рік. Жовтим кольором позначений загальний можливий потенціал заощадження, який у середньому становить 1,6 ГВт-год/рік, червоним кольором – обсяги енергозаоща-

**Рисунок 12.** Типові рівні споживання, загальний потенціал енергозбереження та потенціал енергозбереження від впровадження запропонованих заходів

дження, яких можна досягнути за результатами впровадження заходів, запропонованих у звітах з енергетичних аудитів (у середньому 0,6 ГВт-год/рік).

## ■ Скільки спожитої енергії міститься в обробленому металі?



Щоб відповісти на це питання, нам знадобиться скористатися термінами з ДСТУ ISO 50001:2018, а саме – показник енергоефективності (ПЕЕ).

Згідно зі стандартом ISO 50001, «енергоефективність – це придатний до вимірювання результат, пов'язаний з ефективністю використання та споживання енергії». Ефективність системи споживання енергії можна виміряти за основними показниками енергоефективності.

«Показник енергоефективності – числовий показник ефективності використання енергії, визначений організацією». Важливо визначити відповідні ПЕЕ для моніторингу та вимірювання енергоефективності, оскільки вони показують, наскільки добре працює ваша система.

Прикладами ПЕЕ є споживання енергії на одиницю часу роботи обладнання, споживання енергії на одиницю виробленої продукції та більш точні математичні моделі енергоспоживання з кількома змінними.

Наведені на рис. 13 значення варто розуміти як приблизні й такі, що не є прямо співставними через відмінності технологій та асортименту продукції, а також виробничих процесів даної галузі.

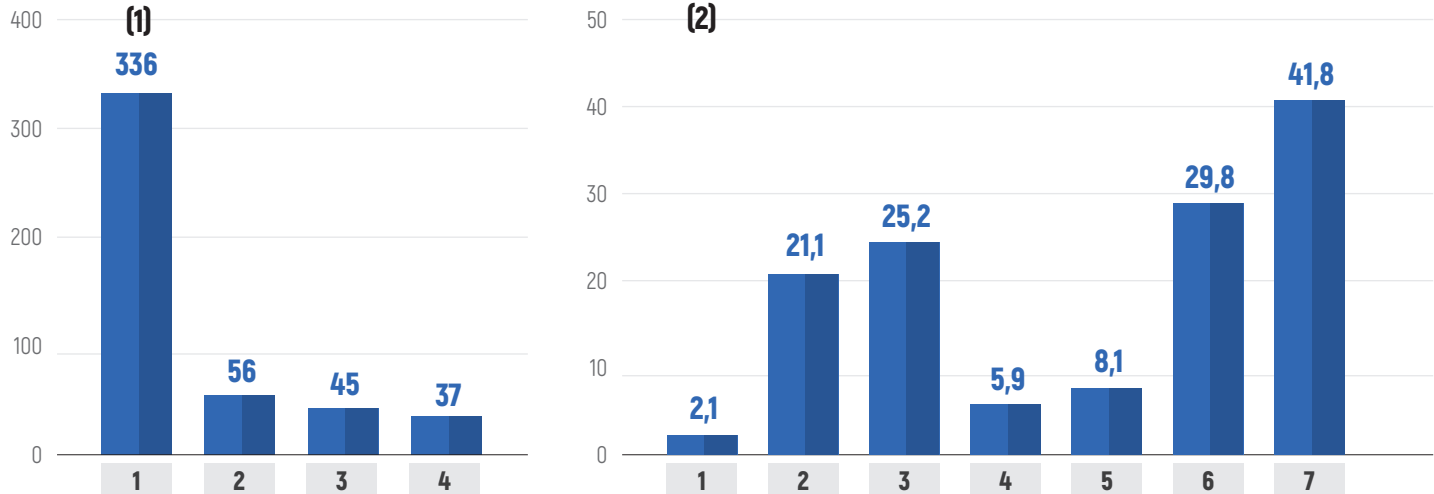
Водночас вони можуть стати стимулом для керівників підприємств розробити власний набір ПЕЕ.





## Скільки спожитої енергії міститься в обробленому металі?

На наступній діаграмі показано споживання енергії на 1 кг обробленого металу та супутніх матеріалів та споживання енергії на 1000 грн реалізованої продукції.



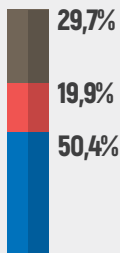
Для 4 підприємств машинобудівної галузі питоме енергоспоживання розраховувалось у кВт-год на 1000 грн реалізованої продукції. У 2018 р. воно становило від 37 до 337 кВт-год на 1000 грн. Для 7 інших підприємств питомим показником енергоспоживання було визначено кВт-год на 1 кг реалізованої продукції. Це значення в 2018 р. було в діапазоні від 2,1 до 41,8. Для 7 підприємств машинобудівної галузі визначити показники енергоефективності було неможливо через відсутність зрозумілої структури енерговитрат та виробництва продукції.

**Рисунок 13.** Споживання енергії у кВт-год на 1000 грн реалізованої продукції (1) та кВт-год на 1 кг обробленого металу (2) у машинобудівній галузі (2018)

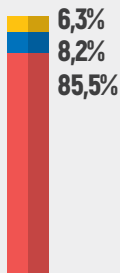
# Висновки

✓ Річне споживання енергії 18-ма проаналізованими підприємствами машинобудівної галузі коливалося в межах від 0,4 до 62,7 ГВт-год у 2018 році; усереднений показник становив 3,8 ГВт-год.

✓ **Машинобудівна галузь значною мірою залежить від електроенергії:** на цей енергоносій припадає 50,4 %, від якого значно відстає природний газ (19,9%). Деревина та вугілля охоплюють (29,7%).

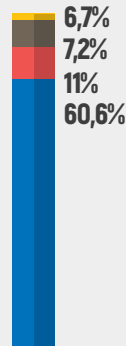


✓ **Можна стверджувати, що на процеси виробництва припадає 85,5% спожитої енергії.** Системи опалення та гарячого водопостачання споживають близько 8,2%, а решта 6,3% є втратами.



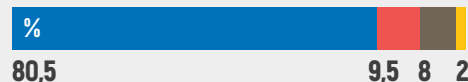
✓ **Споживачами електроенергії відповідно є** обробка металу технологічним обладнанням (41,3%), термічна обробка (18,2%), компресори (15,5%) та інші споживачі (25%).

✓ **Основними споживачами природного газу, деревини та вугілля є** опалення та гаряче водопостачання (60,6%), фарбувальні камери (11%), термічні печі (7,2%) та інші споживачі (враховуючи втрати) (6,7%).

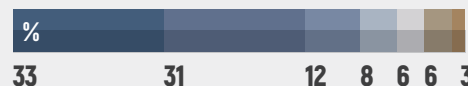


✓ Якщо середня ціна за 1 МВт-год електроенергії стабільно зростала з 2100 грн у 2016 році до 2460 грн у 2019-му, то ціна на природний газ впала з 1220 грн у 2018 році до 690 грн у 2019-му.

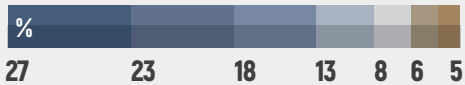
✓ **Типове підприємство машинобудівної галузі у 2018 році витратило** на електроенергію 11,9 млн грн (80,5% витрат на енергію), на природний газ - 1,41 млн грн (9,5%), 1,18 млн грн (8%) на деревину та 0,3 млн грн (2%) на вугілля.



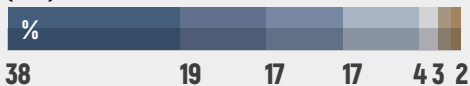
✓ **До перспективних з точки зору енерозбереження груп споживачів відносяться:** група опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (488 МВт-год/рік), вироблення та постачання тепла (458), освітлення (181), вироблення та розподіл електроенергії (123), виробничі процеси (94), виробництво стисненого повітря (93). Останнє місце належить електричним двигунам (48).



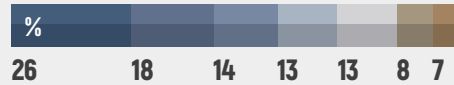
✓ **Потенційні річні обсяги заощаджень коштів завдяки ЗЕЕ, запропонованим за результатами енергоаудитів:** опалення, вентиляція та кондиціонування повітря (686 тис. грн / рік), вироблення та постачання тепла (581) та освітлення (462), вироблення та розподіл електроенергії (321), виробничі процеси (200), вироблення стисненого повітря (156), й знову на останньому місці електричні двигуни (129).



✓ **За загальним обсягом інвестицій ЗЕЕ розподіляються таким чином:** опалення, вентиляція та кондиціонування повітря (2600 тис. грн), вироблення та постачання тепла (1306), виробничі процеси (1199), освітлення (1145), вироблення стисненого повітря (302), вироблення та розподіл електроенергії (186) та електричні двигуни (172).



✓ **Найбільший потенціал скорочення викидів у тоннах еквіваленту вуглекислого газу** мають ЗЕЕ, впроваджені у освітленні (165 тCO<sub>2</sub>екв/рік), виробленні та розподілі електроенергії (113), опаленні, вентиляції та кондиціонуванні повітря (88), виробленні та постачанні тепла і виробництві стисненого повітря (85), виробничих процесах (51) та електричних двигунах (43).

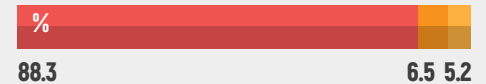


✓ **До перспективних заходів з енергоефективності відносяться:** встановлення частотно-регульованого приводу (період окупності – 1,1 року), оптимізація роботи парових котлів (2,3), оптимізація систем стисненого повітря (3,0).

✓ **61% всіх енергозаощаджень можна досягнути запровадженням заходів з енергоефективності з періодом окупності, меншим за 2 роки.**



✓ В умовах типового виробництва машинобудівної продукції впровадження від одного до двох заходів з енергоефективності з обсягом інвестицій у кожний, **меншим за 60 000 грн, призвело б до заощадження 5,2 %** від визначеного в енергоаудиті потенціалу енергозбереження. Від одного до двох заходів з вартістю інвестицій у кожний **від 60 000 до 300 000 грн дадуть можливість заощадити 6,5%,** а від трьох до чотирьох ЗЕЕ з вартістю інвестицій **понад 300 000 грн кожний можна очікувати 88,3%** від потенціалу енергозбереження.



✓ **Питоме споживання 4 підприємств** лежить в межах від 37 до 337 кВт·год на 1000 грн. Для 7 інших підприємств питомим показником енергоспоживання було визначено кВт·год на 1 кг виробленої продукції, значення якого знаходиться в діапазоні від 2,1 до 41,8.

# Деякі типові заходи з енергоефективності

- 1 Утилізація скидного тепла від компресорного обладнання
- 2 Управління системами подачі стисненого повітря
- 3 Встановлення більш ефективного компресорного обладнання з частотним регулюванням
- 4 Усунення витоків в системі стисненого повітря
- 5 Встановлення високоефективних системи освітлення: установка височастотних люмінесцентних ламп T5 або світлодіодних ламп у виробничих приміщеннях
- 6 Контроль за використанням освітлення у зонах непостійного перебування персоналу: офісних приміщеннях, залах засідань, складських та допоміжних приміщеннях
- 7 Програми моніторингу та цільового спостереження за енергоспоживанням
- 8 Поліпшення теплоізоляції основного виробничого обладнання (наприклад, гартувальних печей)
- 9 Вдосконалення систем опалення приміщень: офісних систем контролю вологості та температурної компенсації, оптимізація режимів роботи парових котлів, вдосконалення системи контролю конвекційного опалення виробничої зони
- 10 Використання частотно-регульованого приводу (ЧРП)
- 11 Покращення теплоізоляції паропроводів
- 12 Кампанії з підвищення поінформованості персоналу та зацікавлених сторін про переваги енергозбереження та підвищення енергоефективності
- 13 Утеплення будівель та цехів
- 14 Модернізація систем опалення

