

## ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Гнатів А. В.<sup>1</sup>, Аргун Щ. В.<sup>1</sup>, Дзюбенко О. А.<sup>1</sup>,  
Тарасова В. В.<sup>2</sup>, Левенець А. О.<sup>2</sup>, Пілявець О. О.<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних сил імені Івана Кожедуба

**Анотація.** Проведено аналіз технічних шляхів раціонального використання електроенергії та методів і засобів енергозбереження і економії енергоресурсів. Проаналізовано технічні шляхи раціонального використання електроенергії та основні резерви (заходи) щодо її збереження. Розглянуто застосування об'єктно-діяльничної моделі для управління енергозбереженням. Оцінені можливі шляхи зменшення втрат в системах електропостачання.

**Ключові слова:** система електропостачання, втрати енергії, шляхи енергозбереження, електрична енергія, електричні мережі, економія електроенергії.

### Вступ

Історія довела, що в теперішній час необхідно розглядати збереження енергії як єдиний шлях до виживання у ХХІ сторіччі. Вірно обраний шлях для енергоефективної модернізації промисловості, енергетики та житлово-комунального господарства (ЖКГ) визначає майбутнє України [1-7].

В Україні є величезні запаси вугілля та шахтного метану. Але поки ще не тільки не розвинені, але й не запозичені загальновідомі технології заміщення природного газу місцевим паливом та енергією. Кожен рік гниє та спалюється на ланах мільйони тон біомаси, а в суспільних будинках, які опалюються імпортованим газом – холодно. На цей час, Європа, з точки зору джерел вуглеводного палива, розглядає Україну як свого біопаливного донора. А наша задача полягає у тому, щоб досягти такого рівня, коли Україна буде виступати як повноцінний партнер, притому на паритетних умовах та

з дотриманням всіх наших національних інтересів.

Майже 15 років українське енергозбереження постійно гониться за цінами на енергоносії. Гарно чи погано, але за 20 останніх років потенціал маловитратного та швидкоокупного енергозбереження в Україні відпрацьовано практично повністю. Тому необхідно використовувати нові шляхи та методи збереження усіх видів енергії.

### Аналіз публікацій

Для того щоб споживачі могли використовувати електричну енергію, її необхідно не тільки отримати на електростанціях, але і передати до конкретного споживача. Електричні мережі України мають велику протяжність і, на жаль, не завжди відповідають сучасним технічним вимогам. Це веде до значних втрат енергії при її передаванні від виробника до споживача.

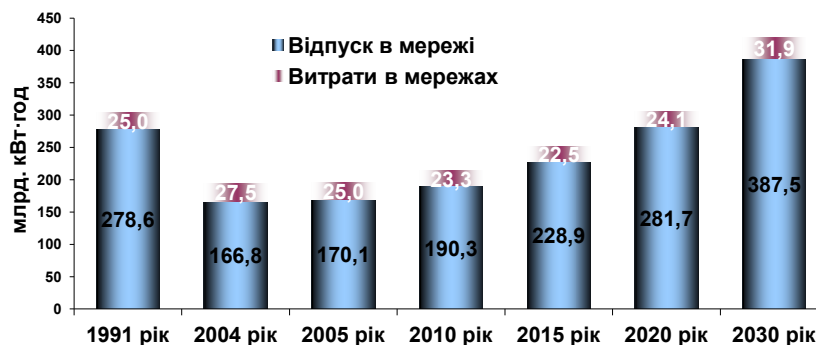


Рис. 1. Динаміка відпуску електроенергії та її втрат на транспортування електричними мережами України, млрд. кВт·год

Динаміка відпуску електроенергії та її втрат на транспортування електричними мережами України приведена на рис. 1 [5].

Оцінку потенціалу енергозбереження України проводилась великою кількістю авторів [2, 4, 5, 7-12]. Проведена оцінка потенціалу енергозбереження на прикладі 2000 р. показала,

що його розміри становлять 145-170 млн. тон умовного палива або 42-48 % від обсягу споживання первинних енергоресурсів. Структура технологічно доступного потенціалу енергозбереження в Україні на рівні базового 2000 р. наведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Оцінка технологічно допустимого потенціалу енергозбереження на рівні базового 2000 р.

Споживачі палива та енергії	Паливо, млн. т.у.п.	Електрична енергія, млрд. кВт·год	Теплова енергія, млн. Гкал	Всього, млн. т.у.п
<b>ПЕК- всього</b>	13,7-20	17-22	48-64	27,5-38,2
У тому числі:				
-паливні галузі	3-4	2-3	3-4	4,2-5,7
-електроенергетика	7,7-11	11-14	-	11,3-15,6
-транспорт енергоресурсів	3,5	4-5	45-60	12,0-16,9
<b>Промисловість: -всього</b>	39,3-43,3	87,9-96,4	99,4-113,5	84,8-94,1
У тому числі:				
-межгалузеві заходи	12-13	68-70	47-50	42,1-44,4
-металургійний комплекс	9,5-10	6-7	5-6	12,3-13,3
-машинобудування	6,5-7	4-5	4-4,5	8,5-9,4
-хімія та нафтохімія	2,5-3	2,5-3,5	8-9	4,7-5,6
-промисловість буд. матеріалів	3,9-4	1,6-2	5-6	5,2-5,7
-харчова	3,5-4	1,9-2,0	17-18,5	7-7,8
-інші галузі промисловості	1,4-2,3	3,9-6,9	13,4-19,5	5-7,5
<b>Комунально-побутове господарство</b>	6,5-7	12-13	40-45	17,3-19
<b>Сільське господарство</b>	4-5	2-3	-	4,7-6
<b>Транспорт</b>	9,3-9,8	1,8-5	0,5-0,9	10-11,6
<b>Будівництво</b>	0,5-0,8	0,2-0,4	0,7-1,0	0,7-1,1
Разом	73,3-85,9	120,9-139,8	188,6-224,4	145-170

### Постановка задачі

Мета роботи: аналіз технічних шляхів раціонального використання електроенергії та методів і засобів енергозбереження і економії енергоресурсів.

Оскільки будь-яка система електропостачання (СЕП) складається з трьох основних частин, а саме: з тієї, що генерує, що передає та що споживає, і кожна з них має свої особливості, то і питання енергозбереження необхідно розглядати в кожній частині СЕП окремо.

Найбільші втрати приходяться на лінії електропередач та споживачів. Незадовільний стан електричних мереж, їх невідповідність діючим нормам і режимам електроспоживання, а також низький рівень приладів обліку призводить до значного зростання технологічних втрат під час транспортування електроенергії.

В результаті використання енергії споживачем відбувається певний технологічний процес, завдяки якому отримується соціально значимий продукт, тобто товари або послуги. Врахувати продукт можна по різному. Це

може бути кількість одиниць (маса, об'єм) продукції, перелік послуг, які виконуються. Ясно, що і вироблення продукції, і надання послуг – це процеси, які різко відмінюються один від одного, але важливо те, що ці процеси енергоємні. Тобто треба оцінити ефективність енерговикористання. Якщо позначити всю енергію, яка була витрачена на отримання продукту як  $W_{от}$  (отримана), а наприклад кількість одиниць продукції позначити  $N$ , то питома витрата енергії складатиме:

$$W_{пит} = \frac{W_{от}}{N} . \quad (1)$$

Метою енергозбереження є зменшення цього параметру. Актуальною задачею є також і управління енергозбереженням.

### Об'єктивно-діяльнісна модель електроспоживання

На рис. 2 показана структурна схема енергопостачання споживача. Ця схема є відображенням енергетичного циклу за допомогою об'єктивно-діяльнісного підходу.

# Структурна схема енергопостачання споживача енергії

## Енергетика

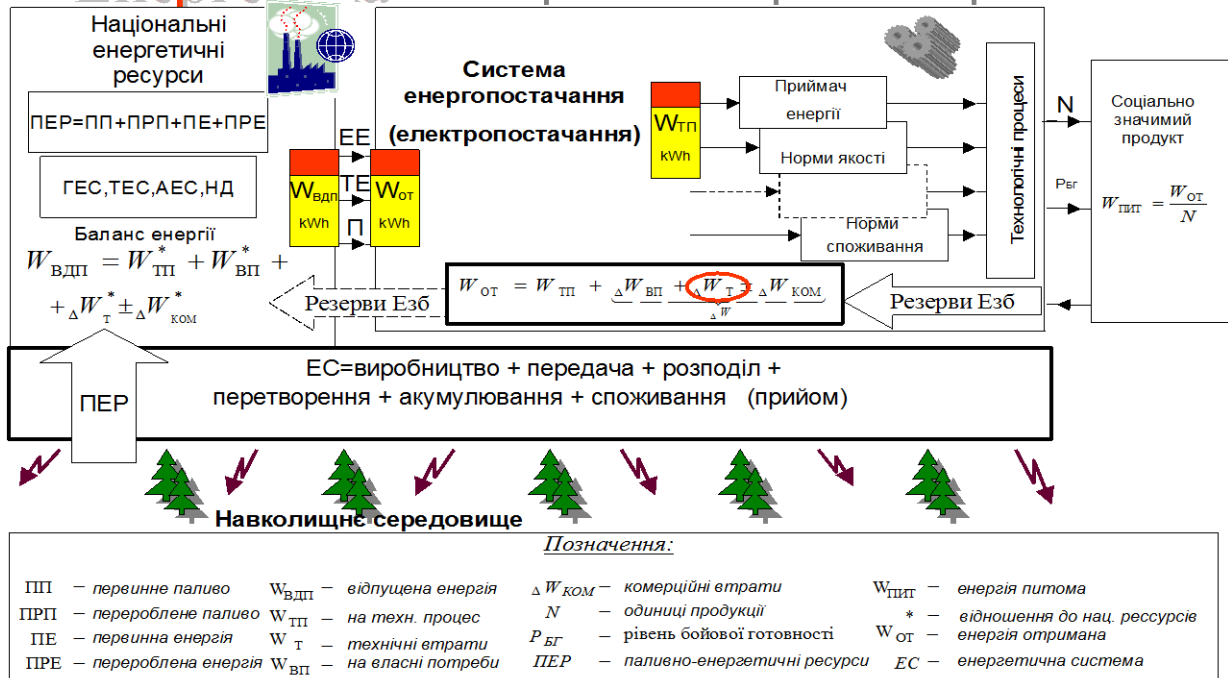


Рис. 2. Структурна схема енергопостачання споживача

Для всіх випадків споживання електроенергії можна записати одну єдину формулу:

$$W_{ОТ} = W_{ТП} + \Delta W_{ВП} + \Delta W_T + \Delta W_{КОМ} \quad (2)$$

де  $W_{ОТ}$  – загальна отримана енергія;

$W_{ТП}$  – енергія що безпосередньо використана на технологічний процес;

$\Delta W_{ВП}$  – енергія що використана на особисті потреби;

$\Delta W_T$  – енергія на технічні втрати;

$\Delta W_{КОМ}$  – комерційні втрати.

Таким чином, рівняння (2) є універсальним. Воно відображує електробаланс.

З цієї формули можна зробити такі якісні висновки щодо шляхів енергозбереження: зменшення технічних втрат; зменшення власних потреб; зменшення комерційних потреб.

Упорядкування й удосконалення технологічних процесів – це скорочення технологічних втрат. Як вже вказувалося вище, межі не дуже великі.

Зменшення власних потреб – це дуже обмежений резерв, через наявність законів соціального захисту з одного боку, та потреб процесу діяльності з іншого (персонал потрібно берегти).

Комерційні втрати, частіше за все, носять не технічний характер, тому в цієй роботі буде розглянуто тільки як явище невірного обліку.

Враховуючі вище зазначене можна вважати, що основну увагу слід приділити технічним втратам. Вони обумовлені, насамперед, недосконалою побудовою системи, використанням застарілого обладнання, а також можуть бути викликані використанням енергії неналежної якості.

На рис. 3 зображена структура електроенергетичної системи. З наведеної схеми можна побачити, що по-перше, енергія, що була видобута енергосистемою і енергія, яку отримує споживач, відрізняються на певну кількість втрат. По-друге, що існують межі балансової належності, тобто зони відповідальності у яких ведеться облік використання енергії.

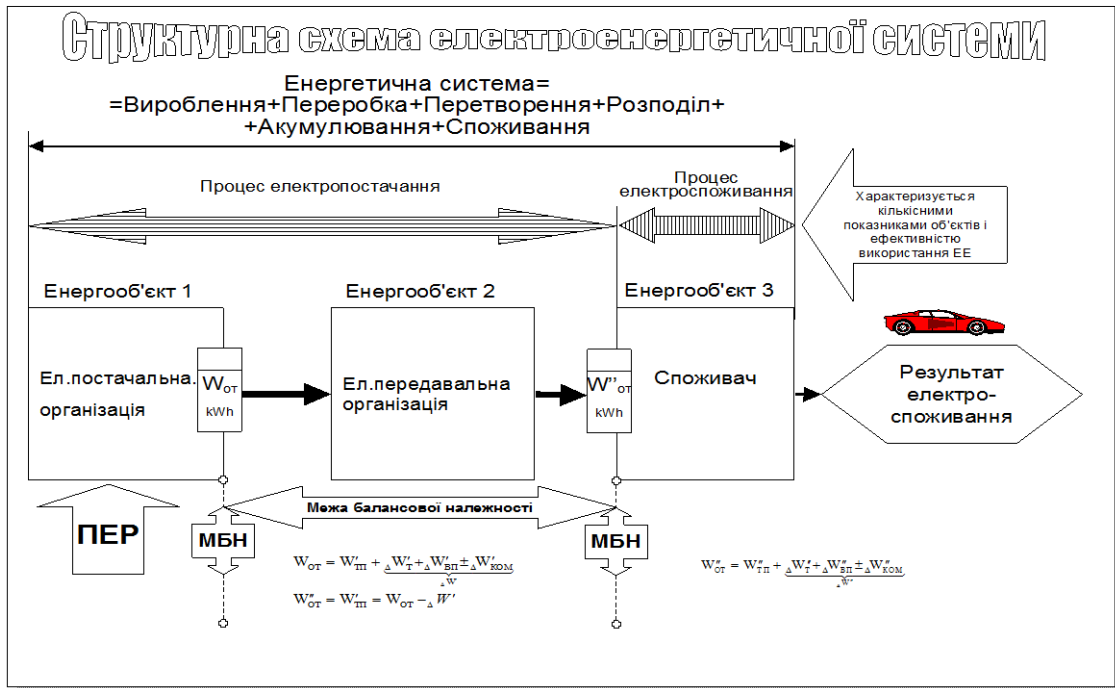


Рис. 3. Структурна схема електроенергетичної системи

На рис. 4. представлена об'єктивно-діяльнісна модель електроспоживання. Вона нагадує по своїй структурі замкнену систему автоматизованого регулювання, головною частиною якої є суб'єкт діяльності.

Об'єктивно-діяльнісна модель електроспоживання є моделлю діяльності людини, тобто суб'єкту діяльності, з метою досягнення найбільш якісного енергоспоживання, що направ-

лена на елементи електроенергетичного господарства, які в цьому випадку є об'єктами діяльності.

Суб'єкт діяльності має за мету – з найбільшою вигодою отримати та витратити енергію. Усі події можна поділити на дві категорії: на ті, що безпосередньо залежать від діяльності суб'єкта і ті, що залежать опосередковано, або не залежать взагалі.

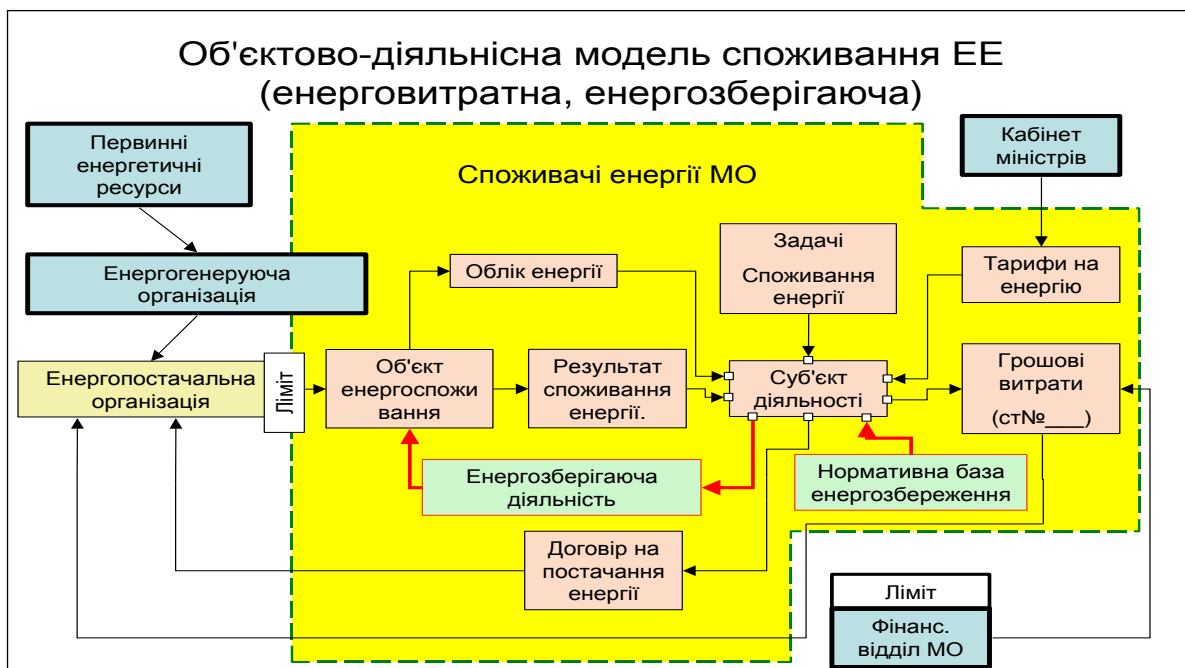


Рис. 4. Об'єктивно-діяльнісна модель електроспоживання

Безпосередньо від суб'єкту діяльності не залежить кількість енергоресурсів держави, діяльність енергогенеруючих та енергопостачальних організацій, діяльність законодавчих та нормуючих органів.

Від роботи суб'єкту діяльності залежить правильний вибір тарифного плану, правильність обліку, вірність постановки та планування виконання завдань на електроспоживання, своєчасна оплата за спожиту енергію, своєчасне і вірне складання договорів з енергопостачальною організацією.

Практично діяльність суб'єкту складається таким чином. Діючи з метою виконання задач споживання електроенергії, суб'єкт користується тарифами (тарифними планами) на постачання електроенергії, складає договір з електропостачальною організацією на постачання електроенергії. Наступним кроком є отримання електроенергії від електропостачальної організації, тобто сприйняття її (енергії) об'єктом електроспоживання, в результаті чого суб'єкт отримує якісь матеріальні блага, тобто результат споживання електроенергії. В процесі отримання електроенергії електропостачальна організація та суб'єкт діяльності здійснюють облік електроенергії. Згідно обліку, суб'єкт діяльності сплачує за отриману електроенергію. Треба звернути увагу на те, що суб'єкт діяльності та об'єкт в сукупності є споживачем електроенергії.

Основна мета об'єкту діяльності – це найвигідніше електроспоживання, тобто таке споживання, яке при найменших вкладених грошах дасть найбільший прибуток. Окрім цього, суб'єкт повинен пам'ятати, що більшість енергоресурсів планети не є відновлюваними. Через це його повинно турбувати і те, як довго енергопостачальна організація зможе отримувати енергію від енергогенеруючої організації. Окрім того, суб'єкт діяльності повинен пам'ятати, що робота енергогенеруючих організацій не є екологічно небезпечною, через це при підвищенні енергоспоживання зростає і забруднення навколишнього середовища.

Все сказане вище суб'єкт діяльності повинен враховувати при здійсненні своєї діяльності. При тому, що через розвиток суспільства потреба в споживанні енергії зростає, є два шляхи для досягнення поставленої мети. Це винахід нових технологій отримання енергії (на даний час нема революційних проривів у науці, таких щоб мали промисловий масштаб) та підвищення ефективності експлуатації існуючого обладнання, тобто енергозбереження.

Таким чином об'єкт діяльності повинен здійснювати енергозберігаючу діяльність для досягнення особистих (або корисних суспільству) інтересів. Ясна річ, що для найбільшої ефективності цієї діяльності, у масштабах країни повинно діяти відповідне законодавство, тобто нормативна база, згідно якої суб'єкт, а з точки зору законодавства це споживач, буде здійснювати свою діяльність.

Об'єктами енергозбереження у першу чергу є СЕП, а також приймачі та споживачі в цілому. Таким чином для вірного здійснення енергозберігаючої діяльності треба знати властивості об'єкту та нормативну базу енергозбереження.

Успішне розв'язання проблеми зниження втрат енергії неможливо без удосконалення методів розрахунку та аналізу втрат.

Відомі такі основні методи розрахунку втрат енергії:

– за максимальним струмом навантаження  $I_{\max}$  і повним часом максимальних втрат  $\tau$ :

$$\Delta W = 3I_{\max}^2 R \tau ; \quad (3)$$

– за максимальними значеннями активного та реактивного навантажень  $P_{\max}$  та  $Q_{\max}$  і відповідним їм часом максимальних втрат  $\tau_a$  і  $\tau_p$ :

$$\Delta W = \frac{R}{U^2} (P_{\max}^2 \tau_a + Q_{\max}^2 \tau_p) ; \quad (4)$$

– за середньоквадратичним струмом навантаження та повним часом роботи елемента мережі  $T$ , в якому визначаються втрати:

$$\Delta W = 3I_{\text{ср.кв}}^2 R T , \quad (5)$$

– за реальним ступінчастим графіком навантаження:

$$\Delta W = 3R \sum_{i=1}^n (I_i^2 T_i) , \quad (6)$$

де  $I_i$  – струм ступеня графіка навантаження, А;

$T_i$  – тривалість ступеня, год.

Витрати електроенергії при трансформації, передачі та розподіленні її є неминучими. Вони визначаються фізичними властивостями матеріалів, які використовуються при конструюванні електроустановок. Економічне обґрунтування зниження втрат енергії у мережах – це знаходження відповіді на запитання:

якою ціною й до якої границі вигідно знижувати рівень втрат електроенергії?

У наш час широко використовують спосіб визначення втрат енергії на основі порівняння показів лічильників електроенергії, що встановлені в різних точках мережі. Але цей спосіб має неприпустимі недоліки: він виключає із порівняння такі важливі характеристики, як склад трансформаторної потужності, протяжність ліній передачі, структуру споживання та інші. Крім того, за винятком невеликої кількості лічильників похибка вказаного способу не задовольняє потреби підприємств. Найбільш перспективною в даному плані є дворівнева автоматизована система контролю та управління електроспоживанням (АСКУЕ) [12].

Технічні шляхи раціонального використання електроенергії вельми різноманітні і залежать головним чином від особливостей приймачів електроенергії і конкретних умов електроспоживання. Вони достатньо широко розглянуті в літературі [2, 4, 6, 8, 11]. Перелічимо деякі з можливих резервів енергозбереження.

1. Впорядкування і вдосконалення технологічних процесів. Енергетичні і технологічні режими, як правило, взаємопов'язані. Впровадження нової техніки і технології, модернізація устаткування, автоматизація виробництва, підвищення завантаження і продуктивності технологічного устаткування до паспортного значення, дотримання технологічної дисципліни на всіх стадіях виробничого процесу дають не тільки великий виробничий ефект, але, як правило, і найбільшу економію електроенергії.

2. Поліпшення експлуатації електротехнічного устаткування і зниження втрат електроенергії в електромережах. До таких заходів можна віднести:

- забезпечення економічних режимів роботи силових трансформаторів, особливо тих, що працюють паралельно;
- відключення трансформаторів на неробочі добу і зміни;
- заміну машинних перетворювачів на півпровідниковими;
- заміну незавантажених асинхронних електродвигунів на електродвигуни меншої потужності (завжди доцільно при завантаженні двигуна менш ніж на 45%; при завантаженні до 70% потрібен розрахунок);
- реконструкцію внутрізаводських і зовнішніх електромереж на підвищену напругу: з 0,22 на 0,4 кВ, з 6 або 10 на 35 кВ і з 35 на

110 кВ (втрати електроенергії скорочуються пропорційно квадрату відношення напруги мережі до реконструкції і після неї).

3. Застосування найбільш економічних термічних установок і поліпшення експлуатації електропечей. Значний ефект одержують за рахунок заміни електричних печей опору електроіндукційним нагрівом (питома витрата електроенергії скорочується в 2 рази), продування рідкого металу киснем при виплавці сталі (питоме електроспоживання знижується на 6-7%), здійснення швидкісних плавок сталі із попереднім сортуванням шихти по марках сталі і забезпечення її однорідності (витрата електроенергії знижується на 6-10%), застосування електромагнітного перемішування рідкого металу в дугових електропечах, впровадження автоматичних регуляторів температури печей замість ручного управління (витрата електроенергії знижується на 15-20%), впровадження сучасних способів лиття тощо.

4. Вдосконалення режиму вироблення стислого повітря і впорядкування його витрат. Економія електроенергії при виробленні стислого повітря і його використанні досягається за рахунок:

- зниження температури повітря, що всмоктується компресорами, шляхом розміщення повітропроводу, що всмоктує на північній стороні будівлі, у віддаленості від цехів і стін з великими тепловиділеннями (витрата електроенергії на вироблення стислого повітря знижується на 1% на кожні 2,5°C пониження температури всмоктуваного повітря);
- зниження опору повітропроводу, що всмоктує, шляхом зменшення його довжини, раціонального трасування, збільшення перетину, впровадження фільтрів, що самоочищаються тощо;
- використання ефекту резонансного надуву циліндрів поршневих компресорів (скорочується питома витрата електроенергії на 3-5%);
- зниження номінального робочого тиску компресора і в мережі стислого повітря, якщо це допустимо за технологією;
- впровадження автоматичних регуляторів компресорів для забезпечення постійного тиску стислого повітря пневмоприймачів;
- усунення вібрації повітропроводів і пульсації в них;
- підігріву стислого повітря перед пневмоприймачами шляхом використання для цих цілей вторинних енергоресурсів (тепло газів,

що відходять, зворотної води в системі теплопостачання і т. п.);

- повсякденної боротьби з витоками стислого повітря шляхом систематичного контролю за станом мереж і устаткування, з усуненням дефектів тощо;

5. Застосування економічних способів електрозварювання і забезпечення належного стану зварювального кола і зварювального устаткування. Зниження витрати електроенергії при зварювальних роботах досягається за рахунок:

- реконструкції дугового електрозварювання з постійного струму на змінний (витрата знижується в 2 рази);
- вживання багатоточкових зварювальних машин;
- впровадження швидкісної автоматичної зварки під шаром флюсу замість ручної;
- впровадження схем паралельної роботи зварювальних трансформаторів з автоматичним регулюванням потужності;
- вживання електрозварювання на нижчому рівні напруги;
- впровадження різних схем обмежувачів холостого ходу зварювальних трансформаторів і машин;
- правильного підбору перетинів живлячих і зварювальних проводів;
- постійного контролю за станом контактів зварювального кола і зварювального устаткування тощо;

6. Вдосконалення механічної обробки виробів і поліпшення стану верстатів, механізмів і машин. Економія електроенергії в цьому випадку досягається за рахунок:

- зменшення припусків на заготівках металовиробів при використанні точного лиття;
- заміни стругання фрезеруванням;
- впровадження швидкісного фрезерування, свердлення і шліфування;
- зниження механічних втрат енергії в машинах шляхом підвищення якості збірки і обробки деталей, що труться;
- своєчасного і якісного ремонту і налашки устаткування;
- поліпшення завантаження виробничих машин і механізмів тощо;

7. Застосування своєчасних економічних джерел світла і дотримання раціональних режимів роботи освітлювальних установок. У виді таких джерел світла найбільшого поширення набувають (замість ламп розжарювання) люмінесцентні і ртутні лампи, а для

освітлення великих виробничих цехів, територій кар'єрів, виставок, міських майданів і магістралей – могутні ксенонові і натрієві лампи. Суттєву економію електроенергії дають реконструкція вуличного освітлення на подвійний (вечірній і нічний) режим роботи, автоматизація вмикання і відключення вуличного освітлення по заданому графіку, застосування раціональних світильників, дотримання графіків включення і відключення вітринного і рекламного освітлення, своєчасне відключення електроосвітлення в громадських будівлях, торговельних залах, в під'їздах і дворах житлових будинків тощо;

8. Застосування економічних вентиляторів і раціональна експлуатація вентиляційних установок. Економія електроенергії досягається за рахунок:

- заміни вентиляторів старих типів з ККД 50-63 % сучасними вентиляторами з ККД 80-86 %;
- впровадження економічних способів регулювання вентиляторів;
- використання природної витяжної вентиляції від термічних і ковальських печей;
- впровадження автоматичного управління вентиляційними установками;
- відключення вентиляційних установок в обідні перерви тощо;

9. Поліпшення експлуатації насосних установок і впорядкування витрачання води. Підвищення ККД насосних установок і зниження питомої витрати електроенергії досягаються за рахунок:

- підтримки мінімальних зазорів в ущільненнях насосів;
- забезпечення відповідності між напірною характеристикою насосів і опором тракту;
- дотримання встановленої оптимальної температури води, що охолоджує різні технологічні агрегати;
- впровадження оборотного водопостачання;
- ліквідації витоків і безцільного витрачання води в промислових, комунальних і інших водопровідних мережах шляхом систематичного ремонту пристроїв водоспоживання, несправної арматури тощо.

Разом з перерахованими загальними технічними заходами щодо економії електроенергії є заходи, властиві конкретним галузям промисловості або транспорту [13]. Тобто для кожного конкретного виробництва, крім перерахованих загальних шляхів економії електроенергії, можна намітити заходи, властиві саме

цьому виробництву.

Стан проблеми енергозбереження, а головне – її наповнення, просто підштовхує до створення спеціальної освітньої програми для вищих навчальних закладів України, де буде представлено сутність цієї проблематики, її наповнення та шляхи її вирішення. Це може бути спеціальність або спеціалізація для спеціальності 141 – Електроенергетика електро-техніка та електромеханіка п назвою: «Енергозберігаючі технології» [14, 15].

### Висновки

Порівняльний аналіз даних, які наведені в літературі [1- 4, 7, 10], дозволяє зробити такі висновки.

Енергозбереження – один з перспективних напрямів підвищення ефективності промислового виробництва і зниження основних показників енергоспоживання.

До суттєвої економії енергоносіїв і коштів, які стягуються за їх використання, повинні привести:

- державне управління енергозбереженням;
- створення законодавчої бази енергозбереження, яка забезпечує пріоритетність політики енергозбереження;
- приведення нормативної бази енергозбереження до середнього світового рівня;
- створення і широке впровадження високоефективних технологій для виробництва, транспортування, розподілу та використання енергоносіїв;
- впровадження енергозберігаючих технологій, тобто використання сучасних уявлень про ефективність організаційно-технічних систем енерговикористання;
- періодичне проведення енергетичного і матеріального аудиту, щоб розуміти, куди саме витрачаються енергоресурси;
- підвищення відповідальності (насамперед економічної) за зверхнормативні витрати палива та енергії;
- розробка прозорої системи розрахунків і заходів по зменшенню не платежів;
- стимулювання енергозбереження шляхом пільгового оподаткування витрат, що спрямовуються на реалізацію енергозберігаючих заходів;
- впровадження сучасних автоматизованих приладів і систем розподілу і обліку енергоресурсів;

– впровадження в навчальний процес вищих навчальних закладів України спеціальності (спеціалізації) «Енергозберігаючі технології».

### Література

1. Черемісін М. М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням / М. М. Черемісін, В. М. Зубко. – Харків : Фактор, 2005. – 192 с.
2. Мозирський В. І. Аналіз технологічних витрат електроенергії в ОЕС України // В. І. Мозирський, С. С. Вакуленко. – Енергетика и электрификация. – 2000. – № 4. – С. 21-24.
3. Argun Shch. Types of alternative energy and prospects for their use in Ukraine / Shch. Argun // Автомобильный транспорт. – Х. : ХНАДУ. – 2014. – Вып. 35. – С. 29-33.
4. Криволапов А. Н. Эффективное использование и альтернативная энергетика / [А. Н. Криволапов и др.] ; под. ред. А. К. Шидловского. – К. : Українські енциклопедичні знання, 2000. – 302 с.
5. Основні положення енергетичної стратегії України на період до 2030 р. Міністерство палива та енергетики України, Київ, 2007. – 21 с.
6. Малахов Ю. В. О стратегии и основных направлениях развития электроэнергетики Украины в первой половине XXI века / Н. Е. Шестеренко, И. Е. Ворбьев // Энергетика и электрификация. – 2001. – №7. – С. 8-14.
7. Аргун Ш. В. Ретроспектива развития объединенной энергетической системы Украины / Ш. В. Аргун // Вісник ХНАДУ. – 2014. – № 67. – С. 134-137.
8. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. // Шестеренко В. Є. – Вінниця, 2004. – 655 с.
9. Комплексна Державна Програма енергозбереження України. – К., 1996. 76с.
10. Правила користування електричною енергією. – К., 2002. 186 с.
11. Ефимов А. В. Новости на рынке счетчиков. / Ефимов А. В. – Газета «Электротема». – №18, сент. – окт., 2014.
12. Праховник А. В. Сучасні принципи побудови АСКОВЕ суб'єктів ОРЕ України та АСКОВЕ споживачів. / Праховник А. В. та інші. – Електропанорама, №10, 2016. С. 74–77.
13. Hnatov A. Energy saving technologies for urban bus transport / A. Hnatov, Shch. Arhun, S. Ponikarovska // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. 2017. – №14(4). – С. 4649-4664. <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.5.0366>.
14. Gnatov A. Joint Innovative Double Degree Master Program «Energy-Saving Technologies in Transport» / Andrey Gnatov, Shchasyana Argun, Olga Ulyanets // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer



Engineering (UKRCON) – May 29 – June 2, 2017. – Kyiv, Ukraine – P. 1203–1207, IEEE Catalog Number: CFP17K03-USB. – ISBN: 978-1-5090-3005-7.

15. Енергозберігаючі технології на транспорті – новітня спеціальність для освітньо-кваліфікаційного рівня магістр. [Синергетика, мехатроніка, телематика дорожніх машин і систем у навчальному процесі та науці. Збірник наукових праць за матеріалами міжнародної науково-практичної конференції] (16 березня 2017 р., м. Харків). / А.В. Гнатюк, Ш.В. Аргун, О.А. Ульянець. – Харків : ХНАДУ, 2017. – 209 с. – С. 23 – 28.

### References

- Cheremisin M. M., Zubko V. M. Avtomatyzatsiya obliku ta upravlinnya elektrospozhyvanniam [Automation of accounting and management of power consumption]. – Kharkiv : Faktor , 2005. – 192 p.
- Mozyrs'kyu V. I. Mozyrs'kyu V. I., Vakulenko S. Ye. Analiz tekhnolohichnykh vytrat elektroenerhiyi v OES Ukrainy [Analysis of technological electricity consumption in the UES of Ukraine.] –Energetika i elektrifikatsiya. – 2000. – no. 4. – pp. 21-24.
- Argun Shch. Types of alternative energy and prospects for their use in Ukraine // Avtomobilnyi transport. – H. : HNADU. – 2014. – no. 35. – pp. 29-33.
- Krivolapov A. N. Effektivnoe ispolzovanie i alternativnaya energetika [Effective use and alternative energy.] – K. : Ukrayins'ki entsiklopedychni znannya, 2000. – 302 p.
- Osnovni polozhennya enerhetychnoyi stratehiyi Ukrainy na period do 2030 r. Ministerstvo palyva ta enerhetyky Ukrainy [The main thrust of the energetic strategy of Ukraine for the period up to 2030.] – Ministerstvo palyva ta enerhetyky Ukrainy, Kyiv, 2007. – 21 p.
- Malahov Yu. V., Shesterenko N. E., Vorbev I. E. O strategii i osnovnih napravleniyah rozvitiya elektroenergetiki Ukrainyi v pervoy polovine XXI veka [O strategii i osnovnih napravleniyah razvitiya elektroenergetiki Ukrainy v pervoy polovine XXI veka.] // Energetika i elektrifikatsiya. – 2001. – no. 7. – pp. 8-14.
- Argun Sch. V. Retrospektiva razvitiya ob'edinennoy energeticheskoy sistemy Ukrainyi [Retrospective of the unified energy system of Ukraine.] // Visnyk KhNADU. – 2014. – no. 67. – pp. 134-137.
- Shesterenko V. Ye. Systemy elektrospozhyvannya ta elektropostachannya promyslovykh pidpryyemstv [Systems of electric power consumption and electric supply of industrial enterprises.] // Vinnytsya, 2004. – 655 p.
- Kompleksna Derzhavna Prohrama enerhozberezhennya Ukrainy [Integrated State Energy Conservation Program of Ukraine.] – K., 1996. 76 p.
- Pravyla korystuvannya elektrychnoyu enerhiyeyu [Rules of using electric energy.] – K., 2002. 186 p.
- Efimov A. V. Novosti na rynke schetchikov [News on the counters market.] // Gazeta «Elektrotema». – no. 18, 2014.
- Prakhovnyk A. V. Suchasni pryntsyipy pobudovy ASKOE sub"yektiv ORE Ukrainy ta ASKOE spozhyvachiv [Modern principles of construction of ASECA subjects of ORE of Ukraine and ASKOE users.] // Elektropanorama, no. 10, 2016. – pp. 74-77.
- Hnatov A., Arhun Shch., Ponikarovska S. Energy saving technologies for urban bus transport // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. 2017. – no. 14(4). – pp. 4649-4664. <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.5.0366>.
- Gnatov A., Argun Shch., Ulyanets O. Joint Innovative Double Degree Master Program «Energy-Saving Technologies in Transport» // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) – May 29 – June 2, 2017. – Kyiv, Ukraine – P. 1203–1207, IEEE Catalog Number: CFP17K03-USB. – ISBN: 978-1-5090-3005-7.
- Hnatov A.V., Arhun Shch.V., Ulyanets' O.A. Enerhozberihayuchi tekhnolohiyi na transporti – novitnya spetsial'nist' dlya osvithno-kvalifikatsiynoho rivnya mahistr [Energy-saving technologies in transport - the newest specialty for the educational-qualification level of the master.] // Synerhetyka, mekhatronika, telematyka dorozhnikh mashyn i system u navchal'nomu protsesi ta nauksi. Zbirnyk naukovykh prats' za materialamy mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi], 16 March 2017 p., Kharkiv : KhNADU, 2017. – 209 p. – pp. 23 – 28.

*Поступила (received) 15.03.2018 р.*

**Гнатюк Андрій Вікторович**<sup>1</sup>, д.т.н., проф. каф. автомобільної електроніки, [kalifus76@gmail.com](mailto:kalifus76@gmail.com), тел. +38 066-7438-08-87,

**Аргун Щасяна Валіковна**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, тел. +38 099-378-04-51, [shasyana@gmail.com](mailto:shasyana@gmail.com),

**Дзюбенко Олександр Андрійович**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, тел. +38 066-748-41-16, [dzyubenko.alan@gmail.com](mailto:dzyubenko.alan@gmail.com),

**Тарасова Валентина Всеволодівна**<sup>2</sup>, к.т.н., доц., тел. +38 066-828-47-31, [val.vs.tarasova@gmail.com](mailto:val.vs.tarasova@gmail.com),

**Левенець Аліна Олександрівна**<sup>2</sup>, студент, тел. +38 0663323017, [kalifus@yandex.ua](mailto:kalifus@yandex.ua)

**Пілявець Ольга Олегівна**<sup>2</sup>, студент, тел. +38 0990802377, [ae.hnadu@gmail.com](mailto:ae.hnadu@gmail.com)

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків,

вул. Ярослава Мудрого, 25.

<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних сил імені Івана Кожедуба, Інститут цивільної авіації, 61023, м. Харків, вул. Сумська 77/79.

### Energy saving in power supply systems

**Abstract. Problem.** *Over the past 20 years, the potential of cost-effective and highly cost-recovery energy saving in Ukraine has been practically consumed. Therefore, putting into practice some new ways and methods of saving all kinds of energy is necessary. The right choice for energy-efficient reorganization of industry, energy, housing and communal services determines the future of Ukraine. In order to use electric energy by consumers, it is necessary not only to generate it by power plants, but also to transfer to a particular consumer. The total length of electric networks in Ukraine is extensive but, unfortunately, they don't always meet modern technical requirements. This leads to significant energy losses while transferring from manufacturer to consumer. Goal.* *To analyze technical ways of using electric energy, methods and means of saving energy and resources efficiently. Methodology.* *The analytical research methods on the development and application of systems and ways of energy saving and efficient use of energy resources have been applied. Results.* *The analysis of technical ways to use efficiently electric energy, methods and means of saving energy and resources has been carried out. The technical ways to use efficiently electric energy and the main measures (activities) for its saving have been analyzed. It is noted that in order to save energy resources and the funds for their use significantly, the following steps are required: state energy saving management; creation of an energy saving legislative framework, implementation of energy saving technologies. The specialty (specialization) "Energy saving technologies" has been offered to introduce into the educational process of higher engineering educational establishments of Ukraine. Originality.* *The research methods for developing and applying the methods of systems and ways of energy saving and efficient use of energy resources have been further developed. The application of object and activity-oriented-model for energy saving management has been considered. Practical value.* *The most forward-looking system has been proved to be a two-level automated system for controlling and managing the required power consumption. The possible ways of reducing losses in power supply systems have been estimated.*

**Key words:** *power supply system, energy losses, ways of energy saving, electric power, electric networks, electricity saving.*

**Hnatov Andrii**<sup>1</sup>, professor, Doct. of Science, Vehicle Electronics Department, tel. +38 066-7438-08-87, kalifus76@gmail.com,

**Arhun Shchasiana**<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof. Vehicle Electronics Department, tel. +38 099-378-04-51, e-mail: shasyana@gmail.com,

**Dziubenko Oleksandr**<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof., Vehicle Electronics Department, tel. +38 066-748-41-16, dzyubenko.alan@gmail.com,

**Tarasova Valentina**<sup>2</sup>, Ph.D., Ass., 066-828-47-31, val.vs.tarasova@gmail.com,

**Levenets Alina**<sup>2</sup>, student, tel. +38 0663323017, kalifus@yandex.ua,

**Pilyavets Olga**<sup>2</sup>, student, tel. +38 0990802377, ae.hnadu@gmail.com,

<sup>1</sup>Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslav Mudry street, Kharkiv, 61002, Ukraine.

<sup>2</sup>Ivan Kozhedub Kharkiv University of Air Force, Sumy 77/79 street, Kharkiv, 61023, Ukraine.

### Энергозбереження в системах електропостачання

**Аннотація.** *Проведен аналіз технічних путей раціонального використання електроенергії, а також методів і засобів енергозбереження і економії енергоресурсів. Проаналізовані технічні пути раціонального використання електроенергії і основні резерви (мероприяття) по його збереженню. Рассмотрено применение объектно-деятельной модели для управления энерго-сбережением. Оценены возможные пути уменьшения потерь в системах электроснабжения.*

**Ключевые слова:** *система електропостачання, втрати енергії, пути енергозбереження, електрична енергія, електричні мережі, економія електроенергії.*

**Гнатів Андрій Вікторович**<sup>1</sup>, д.т.н., проф. каф. автомобільної електроніки, тел. +38 066-7438-08-87, kalifus76@gmail.com,

**Аргун Щасяна Валіковна**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, тел. +38 099-378-04-51, shasyana@gmail.com,

**Дзюбенко Олександр Андреевич**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, тел. +38 066-748-41-16, dzyubenko.alan@gmail.com,

**Тарасова Валентина Всеволодовна**<sup>2</sup>, к.т.н., доц., тел. +38 066-828-47-31, val.vs.tarasova@gmail.com,

**Левенєц Аліна Олександрівна**<sup>2</sup>, студент, тел. +38 0663323017, kalifus@yandex.ua

**Пілявець Ольга Олександрівна**<sup>2</sup>, студент, тел. +38 0990802377, ae.hnadu@gmail.com

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25,

<sup>2</sup>Харківський національний університет Воздушних сил імені Івана Кожедуба, Інститут гражданської авіації, 61023, г. Харків, вул. Сумська 77/79.