

УДК

Скворцова Т.О., студентка VI курсу
НТУУ «КПІ», ІЕЕ, м. Київ, Україна
Конт. телефон: (093) 911-13-88
E-mail: Scvor@ukr.net

Моніторинг енерговикористання та енергозберігаючих заходів

Анотація. У ході магістерської дисертації були розглянуті методи побудови електричного балансу для підприємств теплоенергетики при виробництві, транспортуванні та постачанні (розподілі) теплової енергії. Були проаналізовані переваги та недоліки Порядку розрахунку нормативних витрат електроенергії підприємств теплоенергетики при виробництві, транспортуванні та постачанні (розподілі) теплової енергії.

Аннотация. В ходе магистерской диссертации были рассмотрены методы построения электрического баланса для предприятий теплоэнергетики при производстве, транспортировке и поставке (распределении) тепловой энергии. Были проанализированы преимущества и недостатки Порядка расчета нормативных затрат электроэнергии предприятий теплоэнергетики при производстве, транспортировке и поставке (распределении) тепловой энергии.

Summary. During the master's thesis examined methods of balance of electric power system for enterprises in the production, transportation and delivery (distribution) of thermal energy. Were analyzed advantages and disadvantages of Procedure of calculation of standard costs of electric power enterprises of power in the production, transportation and delivery (distribution) of thermal energy.

Актуальність теми. Найбільш актуальною та життєво важливою проблемою для України є забезпечення раціонального, ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), тобто практичне вирішення питань енергозбереження в усіх ланках національної економіки.

Необхідність практичного розв'язання питань моніторингу енергозбереження в Україні ні в кого не викликає сумнівів, принаймні протягом останніх 10 років. Ця необхідність, мабуть, давно усвідомлювалася і на всіх рівнях державного керування, але дана проблема так і не отримала постійної уваги Кабінетом Міністрів України. Тому таке питання потребує якнайшвидшого вирішення. Але для досягнення бажаних результатів необхідне постійне управління цими процесами на всіх рівнях економіки, включаючи споживачів енергоресурсів. Для того, щоб щось модернізувати, потрібно розуміти реальний стан об'єкту енергоспоживання, провести низку вимірювань та обстежень, а після реалізації заходів з енергозбереження постійно відслідковувати їх практичну ефективність. Отже, існує необхідність моніторингу контролю енергоефективності та енергозберігаючих заходів.

Статистичний аналіз показує, що на сучасному етапі розвитку української економіки для ПЕК важливо:

- опрацювати та здійснити цілісну систему заходів щодо забезпечення суттєвого поглиблення ринкових перетворень у паливно-енергетичних галузях;
- радикально змінити ситуацію, пов'язану з погашенням заборгованості із заробітної плати;
- забезпечити належний рівень техніки безпеки, охорони праці, медико-санітарного обслуговування, захисту довкілля тощо;

- опрацювати комплексну програму реструктуризації теплових електростанцій, запровадження в тепловій енергетиці новітніх технологій, які б забезпечили у перспективі її функціонування за рахунок вітчизняної бази;
- забезпечити реалізацію програм модернізації та підвищення безпеки експлуатації енергоблоків атомних електростанцій з урахуванням міжнародних зобов'язань;
- прискорити прийняття законопроектів щодо економічного стимулювання ефективного використання енергоресурсів, впровадження сучасних енергоефективних технологій та обладнання;

Оскільки, енергетика є найважливішою складовою частиною єдиного ПЕК держав, що включає видобування та транспортування ПЕР, їх безпосереднє використання енергоспоживаючим устаткуванням.

Енергетична незалежність держави визначається рівнем самостійності керівництва держави у формуванні та здійсненні політики, не залежної від зовнішнього та внутрішнього втручання та тиску, що виходять зі сфери діяльності ПЕК. Цей рівень, у свою чергу, визначається станом готовності ПЕК країни до протистояння дестабілізуючій дії внутрішніх та зовнішніх чинників, що створюють загрозу незалежній політиці країни у сфері енергозабезпечення національного господарства (економіки та населення).

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є визначення напрямків та способів подальшого удосконалення для практичного застосування у виробничих умовах Порядку розрахунку нормативних витрат електроенергії підприємствами теплоенергетики при виробництві, транспортуванні та постачанні (розподілі) теплової енергії, що був зареєстрований в Міністерстві юстиції України 23.02.2009р. за № 172/16188.

Задачі, які необхідно вирішити для досягнення зазначеної мети, базуються на невирішених проблемах, що виникають при розрахунку нормативних витрат електроенергії. Отже, основні завдання даної роботи є наступними:

1. Розрахунок нормативних витрат електроенергії підприємствами теплоенергетики при виробництві, транспортуванні та постачанні (розподілі) теплової енергії.
2. Аналіз розрахованих значень нормативних витрат електроенергії та визначення недоліків даного Порядку розрахунку.
3. Удосконалення Порядку розрахунку нормативних витрат електроенергії для його подальшого використання підприємствами теплоенергетики.

Об'єктом дослідження є енергоустаткування котельного цеху ЗАТ «Теплогенерація».

Предметом дослідження є Порядок розрахунку нормативних витрат електроенергії підприємствами теплоенергетики при виробництві, транспортуванні та постачанні (розподілі) теплової енергії.

Наукова новизна одержаних результатів. При аналізі Порядку розрахунку нормативних витрат електроенергії підприємствами теплоенергетики при виробництві, транспортуванні та постачанні (розподілі) теплової енергії були виявлені певні недоліки, які в ході магістерської дисертації були усунені для подальшого використання даного Порядку розрахунку.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що вони можуть бути реалізовані на досліджуваному підприємстві для підвищення рівня його ефективності енерговикористання. Висновки та рекомендації, що містяться у роботі, можуть знайти місце при розробці комплексного механізму управління моніторингом енерговикористання та енергозберігаючих заходів.

Метою дослідження є розгляд існуючих в Україні методик визначення методики розрахунку нормативних витрат електроенергії на виробництво тепла і побудови балансів її споживання для підприємства теплоенергетики.

Наказом Міністерства з питань житло-комунального господарства України №12 від 02.02.2009р. затверджено «Порядок розрахунку нормативних витрат електроенергії підприємствами теплоенергетики при виробництві, транспортуванні та постачанні (розподілі) теплової енергії». В Мінюсті України даний наказ зареєстрований 23.03.2009р. за номером 172-16188.

Цей порядок поширюється на всі підприємства теплоенергетики (крім систем з теплоелектроцентралями, ТЕС, АЕС, іншими когенераційними установками, що використовують нетрадиційні або поновлювальні джерела енергії) незалежно від їх відомчої належності та форм власності.

Метою цього:

а) забезпечення єдиної методології при розрахунках і нормуванні витрат електроенергії на потреби підприємств теплоенергетики (далі - ПТ) при виробництві, транспортуванні та постачанні (розподілі) теплової енергії для формування складових собівартості при розрахунку тарифів на теплову енергію і послуги централізованого опалення і постачання гарячої води;

б) забезпечення достовірності і обґрунтованості нормативних витрат електроенергії ПТ з урахуванням існуючого обладнання та конкретних умов, у яких ці підприємства функціонують, та технічного стану існуючого обладнання;

в) забезпечення можливості інженерного аналізу питомих витрат електроенергії по окремих операціях технологічного процесу - "виробництво", "транспортування", "постачання" для визначення шляхів їх зменшення;

г) забезпечення можливості розрахунків тарифів на теплову енергію по окремих етапах технологічного процесу - "виробництво", "транспортування", "постачання";

г) підвищення ефективності і якості експлуатації ПТ.

У цьому Порядку наведені формули для обчислення споживання електроенергії на кожному етапі технологічного процесу - виробництва, транспортування, постачання (розподілу) теплової енергії від виробника до споживача, які дозволяють вираховувати загальну кількість електроенергії як для планових нормативних витрат, так і для визначення експлуатаційних норм споживання електроенергії для існуючого на ПТ обладнання.

Основними приймачами електроенергії в котельнях та центральних теплових пунктах (далі - ЦТП) при виробництві, транспортуванні, постачанні теплової енергії є асинхронні електродвигуни технологічного обладнання: насоси різного призначення, димососи, вентилятори, пристрої паливоприготування, контрольно-вимірювальні прилади (далі - КВП), засоби автоматики, прилади освітлення

Основним методом визначення нормативних витрат електроенергії є розрахунково-аналітичний, який передбачає визначення норм питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів (далі - ПЕР) шляхом розрахунку їх за статтями витрат на основі побудови та аналізу енергетичних балансів окремих агрегатів, установок, систем та в цілому ПТ, а також запланованих заходів з економії ПЕР.

Розрахунок нормативних витрат електроенергії проводиться ПТ щоразу при перерахунках тарифів на теплову енергію і послуги централізованого опалення і гарячого водопостачання, а також при суттєвих змінах у режимі роботи електрообладнання або його заміні, які спричиняють зміни нормативних витрат електроенергії більше ніж на 5%, але не рідше одного разу на 2 роки.

Об'єктом дослідження магістерської дисертації є енергоукомплектування котельного цеху ЗАТ «Теплогенерація», що розміщений у м. Нікополі, Дніпропетровської області. Дані по енергоукомплектуванню для розрахунку були отримані під час науково-дослідної практики.

У ході роботи були розраховані індивідуальні та групові нормативні витрати електроенергії по котельні.

Індивідуальні нормативні витрати електроенергії на потреби і-котельні за розрахунковий період W_i (кВт·год) визначаються за формулою:

$$W_i = \sum_j W_{ij}$$

де W_{ij} - нормативні витрати електроенергії j-м типом обладнання і-ї котельні за розрахунковий період (кВт·год).

У загальному вигляді нормативні витрати електроенергії j-м типом обладнання і-ї котельні за розрахунковий період визначаються за формулою (кВт·год):

$$W_{ij} = P_{ij} \cdot T_{ij}$$

де P_{ij} - середня споживана електродвигоном потужність j-го типу обладнання, яке працює в межах дії і-ї котельні, кВт;

T_{ij} - термін роботи цього обладнання протягом розрахункового періоду, год.

Індивідуальна норма питомих витрат електроенергії на потреби і-ої котельні ω_i (кВт·год/Гкал) розраховується окремо на виробництво та відпуск теплової енергії і визначається за формулами:

$$\omega_i^{sup} = \frac{W_i}{Q_i^{sup}}$$

$$\omega_i^{sidn} = \frac{W_i}{Q_i^{sidn}}$$

де Q_i^{sup} , Q_i^{sidn} - кількість відповідно виробленої і відпущеної теплової енергії і-котельнею (Гкал). Розраховується згідно з КТМ 204 Україна 246-99 "Галузева методика нормування витрат палива на виробництво та відпуск теплової енергії котельнями теплового господарства".

Групова норма питомих витрат електроенергії по ПТ встановлюється на базі групових нормативних витрат електроенергії по ПТ і визначається окремо на виробництво та відпуск теплової енергії за формулами:

$$\omega^{sup} = \frac{W}{\sum_i^m Q_i^{sup}}$$

$$\omega^{sidn} = \frac{W}{\sum_i^m Q_i^{sidn}}$$

У загальному вигляді залежність потужності, споживаної електродвигоном відцентрового нагнітача (насоса, вентилятора, димососа), від його робочих характеристик виражається формулою:

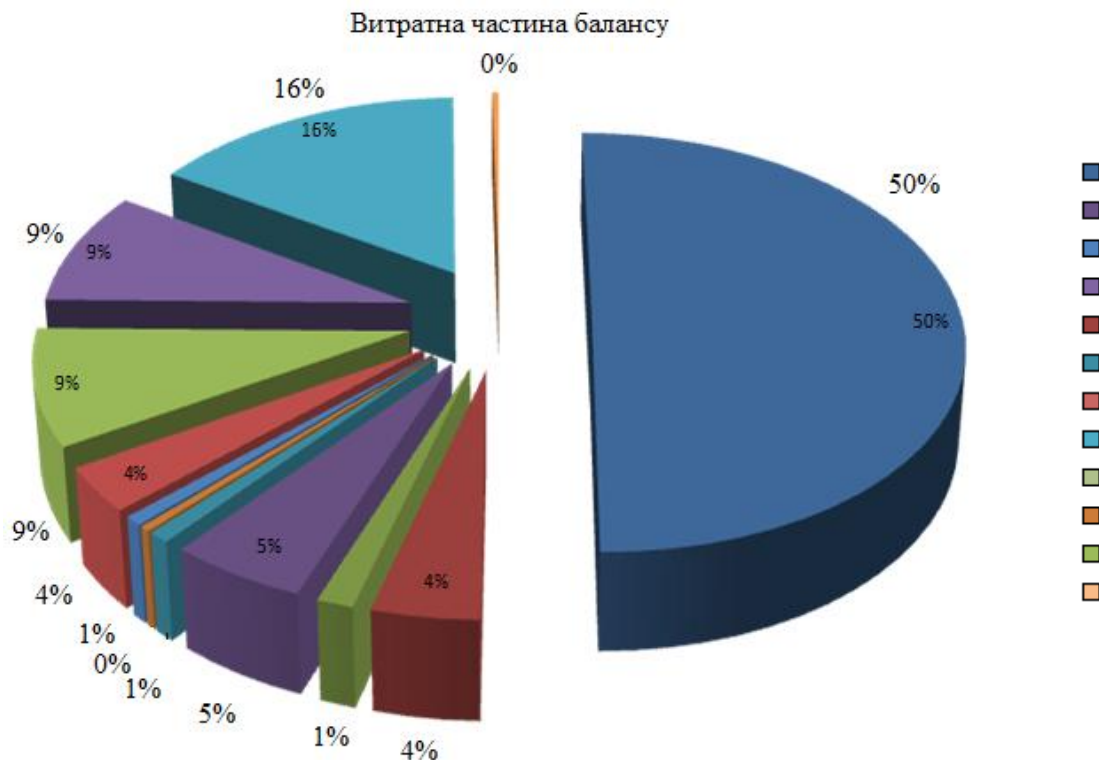
$$P_i = k \cdot \frac{L \cdot H}{\eta_n \cdot \eta_e \cdot \eta_m}$$

- де L - продуктивність нагнітача, м³/год;
 H - тиск нагнітача, Па;
 k - коефіцієнт, який враховує одиниці виміру;
 η_n - коефіцієнт корисної дії (далі - ККД) на валу нагнітача, 60 - 84%;
 η_e - ККД електродвигуна, 85 - 92 % (при навантаженні > 60%);
 η_m - ККД механічної передачі, 93 - 98%.

Основне обладнання, для якого велися розрахунки – це обладнання, яке постійно знаходиться у роботі:

1. Мережевий насос – 3 шт.
2. Насоси ГВП – 1 шт.
3. Рециркуляційний насос – 1 шт.
4. Перекачувальні насоси ГВП– 2 шт.
5. Перекачувальні насоси ХВО – 1 шт.
6. Підживлювальні насоси – 1 шт.
7. Насос холодної води – 1 шт.
8. Вентилятори – 4 шт.
9. Димососи – 2 шт.
10. Освітлення – 96 шт.

Розрахунки витратної частини балансу наведені у вигляді діаграми рис.1.



- Мережевий насос
- Перекачувальний насос ГВП
- Насос холодної води
- Димосос Д-15,5*2
- Насос ГВП
- Перекачувальний насос ХВО
- Вентилятор ВД-12
- Димосос ДН-22*2
- Рециркуляційний насос
- Підживлювальні насоси
- Вентилятори ВДН-15
- Система внутрішнього освітлення

Рисунок 1 - Витратна частина балансу споживання електроенергії основним обладнанням котельні

В якості альтернативної методики пропонується розглянути "Методику побудови оптимальних розрахункових моделей балансів споживання електричної енергії".

Мета альтернативної методики: В Україні оцінка та контроль ефективності використання електричної енергії, зокрема, у промисловості, традиційно здійснюється шляхом нормування її питомих витрат, яке, у свою чергу, базується на побудові, аналізі та раціоналізації електричних балансів виробничо-господарських об'єктів (підприємств, організацій, установ, їх структурних підрозділів тощо). Тому надзвичайно важливо, щоб електричні баланси, які будуються з метою контролю та аналізу ефективності використання електричної енергії на відповідних господарських об'єктах, були якомога більш точними і максимально об'єктивно відображали реально існуючі напрямки та обсяги корисного споживання і втрат електроенергії.

Теоретично для побудови електричних балансів будь-яких технологічних чи виробничо-господарських об'єктів можуть бути застосовані експериментальний (дослідний), розрахунково-аналітичний або комбінований методи, останній з яких являє собою поєднання двох попередніх методів.

Найбільш точно електричного баланси технологічних об'єктів (машин, установок, агрегатів, окремих технологічних процесів тощо) можуть бути одержані експериментальним (дослідним) методом. Однак, застосування цього методу для одержання електричних балансів господарських об'єктів (підприємств, організацій, установ, їх структурних підрозділів) здебільшого є просто неможливим, оскільки у цьому випадку мова йде про необхідність проведення синхронізованих у часі вимірювань у багатьох десятках чи навіть сотнях пунктів. Тому про використання експериментального методу для побудови електричних балансів господарських об'єктів мова може йти лише у тому випадку, якщо підприємство, організація чи установа має розгалужену систему технічного обліку споживання електричної енергії, зокрема, відповідну автоматизовану систему обліку. Однак, на сьогоднішній день переважна частина господарських об'єктів таких систем обліку не має.

Найбільш реальним для побудови балансів споживання електроенергії різних виробничих об'єктів традиційно вважається комбінований метод. Однак, практичне застосування цього методу також є суттєво обмеженим, зокрема, через неможливість одержання з зазначених вище причин необхідних експериментальних даних.

Таким чином, для побудови балансів споживання електричної енергії для різних

виробничо-господарських об'єктів зараз фактично використовується лише один метод - розрахунково-аналітичний. При використанні цього методу обсяги споживання електричної енергії для більшості установок та агрегатів на практиці визначається за спрощеною розрахунковою формулою, тобто як добуток їх номінальної потужності на коефіцієнт завантаження і на тривалість роботи у відповідному періоді. Очевидно, що застосування такої спрощеної розрахункової формули не тільки не дозволяє враховувати конкретні умови та режими роботи обладнання на тому чи іншому підприємстві, але й створює низку додаткових проблем, що виникають під час нормалізації питомих витрат електричної енергії. Зокрема, коефіцієнт завантаження та тривалість роботи обладнання, що використовуються в зазначеній спрощеній формулі, здебільшого являють собою невизначені параметри, числові значення яких необґрунтовані відповідними експериментальними вимірюваннями, розрахунками або технологічною документацією. Таким чином, можна стверджувати, що на сьогоднішній день баланси споживання електричної енергії виробничо-господарських об'єктів, що складаються з використанням розрахунково-аналітичного методу, фактично будуються в умовах невизначеності вихідних даних.

Основні положення альтернативної методики

При вирішенні задачі побудови балансу електричної енергії будь-якого виробничо-господарського об'єкту необхідно, перш за все, визначити статті витратної частини балансу. І тому вони можуть бути отримані на підставі складу будівель та споруд, які належать до цього об'єкту, його виробничої структури (тобто, складу основних і допоміжних підрозділів), схеми електропостачання, а також складу основного та допоміжного технологічного обладнання, що належить до кожного з підрозділів.

Таким чином, можна вважати, що для будь-якого виробничо-господарського об'єкту завжди є відомим більш або менш детальний склад статей витратної частини електричного балансу, тобто, основні напрямки корисного споживання та витрат електричної енергії. Однак, невідомою фактично залишається тільки кількісна оцінка статей витратної частини електричного балансу.

Для будь-якого виробничо-господарського об'єкту на підставі даних комерційного обліку завжди є точно відомими фактичні загальні обсяги споживання електричної енергії за попередні періоди (роки, квартали тощо). Тому побудова електричних балансів таких об'єктів з використанням розрахунково-аналітичного методу, як було зазначено вище, традиційно являє собою деяку ітеративну процедуру, в ході якої розрахункові величини споживання електроенергії, визначені для кожного виду основного та допоміжного обладнання, поступово коригують таким чином, щоб загальний плановий обсяг електроспоживання для підприємства в цілому на відповідну перспективу якомога точніше співпадав з середньою фактичною витратою електричної енергії, яка мала місце на цьому об'єкті протягом кількох останніх років. Очевидно, що така процедура коригування також є невизначеною, оскільки абсолютно невідомо, для яких видів обладнання і як саме потрібно змінювати розрахункові величини їх електроспоживання, щоб для підприємства в цілому збалансувати надходження та витрати енергії. Через цю невизначеність коригування розрахункових витрат електроенергії окремими видами обладнання, як правило, здійснюється довільно.

Крім того, не можна вважати доцільним намагання досягти наближених планових витрат електричної енергії підприємства на деякий майбутній період з середнім фактичним обсягом її споживання, що спостерігався у минулому. Значно доречнішим було б при побудові планового електричного балансу забезпечувати наближеного розрахункового електроспоживання з деяким прогнозованим обсягом споживання електроенергії на даному

об'єкті на відповідну перспективу.

Балансування розрахункових та прогнозованих витрат електричної енергії, безумовно, є більш логічним. До того ж, такий підхід дозволяє одержувати більш точні та обґрунтовані планові електричні баланси виробничо-господарських об'єктів завдяки можливості взаємної верифікації результатів визначення необхідного обсягу споживання електроенергії, одержаних з використанням різних методів.

З метою одержання прогнозу витрат електричної енергії на деякому підприємстві на потрібну перспективу необхідно на підставі відповідних статистичних даних побудувати математичну модель електроспоживання цього об'єкту. Очевидно, що витрати електроенергії будь-якого виробничо-господарського об'єкту, перш за все, визначаються асортиментом та обсягами продукції, що виробляється. Крім того, у багатьох випадках єдиними, достатньо достовірними статистичними даними на виробничих об'єктах є саме інформація про загальні обсяги споживання електроенергії підприємством в цілому та звітні дані про асортимент та кількість виготовленої продукції.

Виходячи з зазначеного, математична модель споживання електроенергії, яку необхідно побудувати, в загальному випадку може бути записана у вигляді лінійного полінома:

$$W_{\text{прогн}} = b_0 + b_1 \cdot Q_1 + b_2 \cdot Q_2 + \dots + b_n \cdot Q_n$$

де $W_{\text{прогн}}$ – прогнозовані значення витрат електричної енергії, одержані на підставі математичної моделі;

$b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ - коефіцієнти (параметри) рівняння моделі;

Q_1, Q_2, \dots, Q_n – обсяги виробництва продукції підприємства за її асортиментом.

Математична модель електроспоживання для будь-якого підприємства може бути одержана, зокрема, з використанням відомих методів регресійного аналізу. З метою підвищення точності та обґрунтованості прогнозування електричного споживання виробничих об'єктів на відповідну перспективу до регресійної моделі необхідно будувати довірчі інтервали, у межах яких з заданою ймовірністю будуть знаходитися реальні витрати електричної енергії на об'єкті.

Традиційними періодами, на які потрібно складати баланси споживання електричної енергії виробничо-господарських об'єктів, зокрема, з метою нормування її питомих витрат, є рік та квартал. Однак, для побудови достатньо складної, багатофакторної математичної моделі, на підставі якої можна з необхідною точністю прогнозувати обсяги споживання електроенергії на зазначені періоди, потрібно використовувати значний обсяг звітних даних за відповідні періоди. На більшості виробничо-господарських об'єктів обсяг наявних річних чи кварталних статистичних даних, як правило, є недостатнім для побудови таких моделей.

У зв'язку з цим необхідно зазначити, що математичні моделі споживання електроенергії на підприємстві чи у його підрозділах більш реально будувати на основі статистичних даних про обсяги виробництва продукції та електроспоживання за більш короткі періоди, зокрема, за місяцями року. Однак у цьому випадку на підставі такої моделі можна прогнозувати споживання електричної енергії на відповідних об'єктах на такі ж короткі періоди, наприклад, на окремі місяці наступного року.

Оскільки, як було зазначено, прогноз обсягів споживання електроенергії на виробничо-господарських об'єктах необхідно робити на традиційні, більш тривалі періоди (рік або квартал), то довірчий інтервал для прогнозованих на ці періоди значень електроспоживання фактично визначається як для суми прогнозованих величин споживання енергії, одержаних

для окремих, більш коротких періодів. Наприклад, якщо обсяг витрат електричної енергії на виробничо-господарському об'єкті прогнозується на наступний рік на підставі прогнозів електроспоживання, зроблених для окремих місяців, довірчий інтервал для очікуваного річного споживання енергії може бути встановлений за формулою:

$$W_{\text{прогнозн.}} = \sum_{p=1}^n W_p \pm \frac{\sum_{p=1}^n \left[T\left(\frac{\alpha}{2}, f_e\right) S_e \sqrt{[X_p] \cdot [D] \cdot [X_p]} \right]}{\sqrt{n}}$$

де W_p – розрахункові значення витрат електроенергії, отриманні за допомогою відповідного рівняння регресії для окремих місяців наступного року;

$T\left(\frac{\alpha}{2}, f_e\right)$ – коефіцієнт розподілу Стюдента при двосторонній імовірності α і кількості ступенів свободи f_e ;

S_e – середньоквадратичне відхилення індивідуальних значень фактичних витрат електроенергії від результатів моделювання за допомогою побудованого рівняння регресії;

$[X_p]$ – матриця значень незалежних змінних (факторів), які враховуються у математичній моделі;

$[X_p]^T$ – транспонована матриця $[X_p]$;

$[D]$ – коваріаційно-дисперсійна матриця вектора параметрів (констант) рівняння математичної моделі;

n – кількість місяців, для яких зроблено прогноз електроспоживання з метою визначення очікуваного обсягу витрат енергії на відповідну, більш тривалу перспективу.

Отже, для будь-якого виробничо-господарського об'єкту, враховуючи все викладене вище, є відомим склад статей витратної частини балансу споживання електричної енергії, тобто перелік основного та допоміжного обладнання за його видами, встановлена потужність цього обладнання, а також найбільш достовірні інтервали можливих значень коефіцієнтів його завантаження та тривалості роботи у відповідному плановому періоді. Крім того, в результаті прогнозування витрат електричної енергії на підприємстві є відомими з заданою ймовірністю мінімальне та максимальне значення очікуваного обсягу його електроспоживання на відповідний плановий період.

Виходячи з цих даних, побудова достатньо точного та обґрунтованого електробалансу підприємства, а точніше, – процедура визначення структури його витратної частини, ґрунтується на знаходженні достовірних величин коефіцієнтів завантаження обладнання та тривалості його роботи, в межах встановлених експертним шляхом можливих інтервалів їх значень. Таким чином, процес визначення достовірної структури витратної частини балансів споживання електричної енергії на виробничо-господарських об'єктах може бути сформульований як задача оптимального програмування.

В ході вирішення цієї оптимізаційної задачі необхідно визначити такі числові значення коефіцієнтів завантаження та тривалості роботи кожного виду обладнання, при яких розрахунковий обсяг споживання електроенергії на виробничо-господарському об'єкті, що розглядається, буде мінімально відрізнятися від прогнозованої величини його електроспоживання на відповідну перспективу.

При цьому з метою стимулювання енергозбереження на підприємстві є доцільним знаходження таких оптимальних значень коефіцієнтів завантаження та тривалості роботи обладнання, які відповідають мінімальному прогнозованому обсягу споживання

електроенергії на підприємстві.

Таким чином, цільова функція зазначеної оптимізаційної задачі має загальний вигляд:

$$z = (W_{\text{прогн}} - W_{\text{розра}})^2 \rightarrow \min$$

де $W_{\text{прогн}}$ – прогнозований обсяг споживання електричної енергії на виробничо-господарському об'єкті на відповідний період;

$W_{\text{розра}}$ – розрахунковий обсяг витрати електричної енергії на цьому об'єкті для того ж періоду з урахуванням загальнозаводських втрат електричної енергії у мережах і перетворювачах.

Як зазначалося, для визначення розрахункового обсягу споживання електроенергії кожного виду обладнання будь-якого виробничо-господарського об'єкту з застосуванням розрахунково-аналітичного методу використовується спрощена формула:

$$W_{\text{розра}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{вст.}i} \cdot k_{з.і} \cdot T_i$$

де n – кількість видів обладнання, що споживає електричну енергію;

$P_{\text{вст.}i}$ – загальна встановлена потужність обладнання i -го виду;

$k_{з.і}$ – середній коефіцієнт завантаження обладнання;

T_i – тривалість роботи цього обладнання протягом відповідного періоду.

Отже, приймаючи до уваги залежність, а також необхідність врахування при побудові балансу втрат електричної енергії у відповідних мережах і перетворювачах, цільова функція оптимізаційної задачі встановлення достовірної структури витратної частини електричного балансу підприємства остаточно може бути записана:

$$z = \left(W_{\text{прогн}} - \left(\sum_{i=1}^n P_{\text{вст.}i} \cdot k_{з.і} \cdot T_i + \Delta W_{\text{мп.}} + \Delta W_{\text{л.}} \right) \right)^2 \rightarrow \min$$

де $\Delta W_{\text{мп.}}$ – втрати електричної енергії у загальнозаводських перетворювачах (трансформаторах);

$\Delta W_{\text{л.}}$ – втрати електричної енергії у заводських мережах.

Очевидно, що на числові значення всіх змінних $k_{з.і}$ та T_i , що входять до цільової функції, повинні бути накладені обмеження, які мають вигляд нерівностей:

$$k_{з.і.\text{min}} \leq k_{з.і} \leq k_{з.і.\text{max}}, \quad k_{з.і} > 0$$

$$T_{i.\text{min}} \leq T_i \leq T_{i.\text{max}}, \quad T_i > 0$$

Відповідні мінімальні та максимальні величини змінних, що входять до нерівностей, визначаються на підставі результатів експертного опитування спеціалістів щодо достовірних інтервалів, в яких можуть знаходитись фактичні коефіцієнти завантаження та тривалість роботи кожного виду обладнання.

Результати розрахунку наведені у вигляді діаграми на рисунку 2.

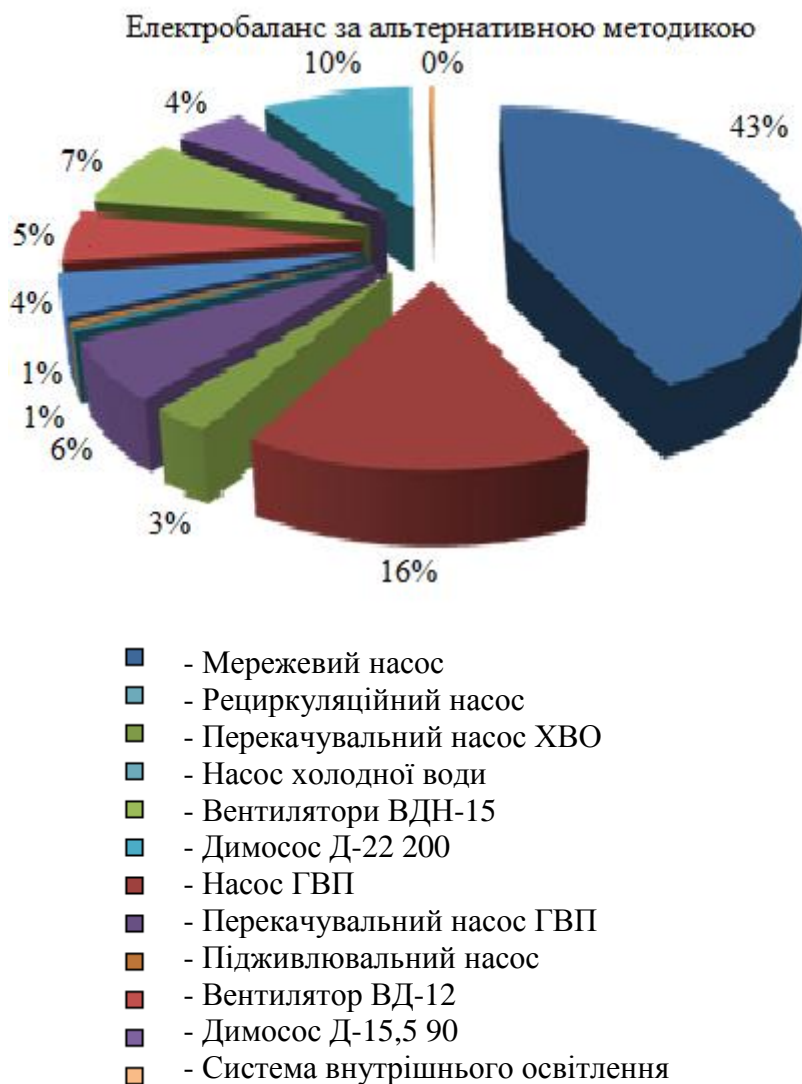


Рисунок 2 - Витратна частина балансу споживання електроенергії основним обладнанням котельні за альтернативною методикою

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що вони можуть бути реалізовані на досліджуваному підприємстві для підвищення рівня його ефективності енерговикористання. Висновки та рекомендації, що містяться у роботі, можуть знайти місце при розробці комплексного механізму управління енергозбереженням. У ході роботи було виявлено, що різні методики побудови балансу дають наближені, але все-таки відмінні результати, що потребує більш детального вивчення.