

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор _____ С.В. Іванов
(Підпис)

“ ____ ” _____ 2013 р.

В.М. ФІЛОНЕНКО

МЕТОДОЛОГІЯ І МЕТОДИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

КУРС ЛЕКЦІЙ

для студентів спеціальності 7.05060105, 8.05060105

“Енергетичний менеджмент”

денної форми навчання

Всі цитати, цифровий
та фактичний матеріал,
бібліографічні відомості
перевірені. Написання
одиниць відповідає
стандартам

СХВАЛЕНО

на засіданні кафедри теплоенер-
гетики та холодильної техніки
як курс лекцій
Протокол № 1
від 30.10.2013 р.

Підпис автора _____

“30 ” серпня 2013 р.

Реєстраційний номер
електронного курсу лекцій
у НМВ

33.27 – 04.12.2013

Філоненко, В.М. Методологія і методи енергетичного аудиту [Електронний ресурс]: курс лекцій для студ. спец. 7.05060105, 8.05060105 “Енергетичний менеджмент” ден. форми навч. / В.М. Філоненко.- К.: НУХТ, 2013.- 68 с.

Рецензент **В.О. Виноградов-Салтиков**, канд. техн. наук, доц.

В.М. ФІЛОНЕНКО, канд. техн. наук

Подано в авторській редакції

© В.М.Філоненко 2013
© НУХТ, 2013

ЗМІСТ

Лекція 1. Основні поняття та визначення дисципліни	4
Лекція 2. Загальна характеристика методів енергетичного аудиту.....	10
Лекція 3. Науково-технічна сутність методів збору вихідних даних для енергетичного аудиту.....	16
Лекція 4. Науково-технічна сутність методів оцінювання існуючих технічних рішень системи споживання ПЕР об'єкту енергетичного аудиту.....	22
Лекція 5. Науково-технічна сутність методології реалізації методів використання теплових балансів та характеристик обладнання	32
Лекція 6. Науково-технічна сутність методів використання допоміжних матеріалів	43
Лекція 7. Методологія реалізації підготовчих етапів енергетичного аудиту	47
Лекція 8. Методологія реалізації завершальних етапів енергетичного аудиту..	59
Рекомендована література.....	67

Лекція 1

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

План лекції

- 1.1. Мета дисципліни.
- 1.2. Енергетичний аудит – інструмент енергозбереження.
- 1.3. Види енергетичного аудиту.
- 1.4. Обсяг роботи з енергетичного аудиту.
- 1.5. Об'єкти та суб'єкти енергетичного аудиту.
- 1.6. Організаційні етапи енергетичного аудиту.

1.1. Мета дисципліни.

Мета дисципліни – опанування студентами системою компетенцій (знань, вмінь, навичок), необхідних для проведення всіх етапів енергетичного аудиту промислових підприємств.

За результатами вивчення та засвоєння положень дисципліни студент:

- буде **знати** сутність методів енергетичного аудиту (обстеження) промислових підприємств та структуру методології його проведення;
- буде **вміти** визначати експлуатаційні параметри роботи обладнання в системах тепло- та холодозабезпечення, розраховувати показники енергетичної ефективності роботи об'єктів господарювання, визначати вузли недосконалості схем енергопостачання та енергоспоживання, формувати комплекс рішень з удосконалення систем тепло- та холодозабезпечення підприємств, тобто реалізовувати етапи енергетичного аудиту.

Предметом дисципліни є методи та методологія проведення енергетичного аудиту (енергетичного обстеження) промислових підприємств, що можуть споживати паливо, теплову та електричну енергію з метою визначення техніко-економічних можливостей зменшення рівня їх енергоспоживання.

Поняття **метод** (грец. *metodos*) у філософському розумінні означає шлях до чого-небудь або спосіб діяльності.

Таким чином, метод зводиться до сукупності визначених правил, прийомів, способів у діяльності, що орієнтують суб'єкта на вирішення конкретного завдання.

Поняття **методологія** (грец. *Metodos Logos*) систематизована сукупність підходів, способів, методів, прийомів, що застосовуються в процесі наукового пізнання та практичній діяльності для досягнення наперед визначеної мети – тобто отримання істинного знання, побудови наукової теорії, досягнення певного результату у діяльності.

Для опанування дисципліни ви маєте достатній обсяг знань з теплотехнології виробництва енергії та харчових продуктів а також з структури промислових підприємств та показників їх енергетичної ефективності.

1.2. Енергетичний аудит – інструмент енергозбереження

Енергетичний аудит (ЕА) – є науково-технічно-економічною роботою з дослідження реальної енерготехнологічної системи промислового підприємства (або окремої енерготехнологічної установки), що споживає ПЕР – паливо, теплову, електричну енергію та штучний холод для вироблення продукції з метою зменшення рівня енергоспоживання та одержання економічного ефекту. Іншими словами, енергетичний аудит – є інструментом для енергозбереження.

Енергозбереження (англ. energy service) є комплекс засобів (насамперед, енергоощадних технічних рішень), реалізація зберігає в надрах планети паливо і гарантує для об'єкту господарювання зменшення споживання ПЕР.

Мірою ефективності енергозбереження є питомі витрати ПЕР на здійснення технологічного процесу вироблення продукції, або надання послуг.

Як характеристиками рівня споживання ПЕР в роботах з енергозбереження на промислових об'єктах використовуються дві системи витрат енергоносіїв з індивідуальними для кожної одиницями виміру їх кількості, а саме:

- **абсолютні** витрати енергоносіїв, наприклад, для палива – тонн/год, тис.м³/добу, для електроенергії – кВт.год/добу, для теплової енергії – Гкал/місяць,
- **питомі**, тобто, витрати ПЕР, віднесені до одиниці відпущеної продукції, наприклад, для умовного палива – т.у.п/т продукції, для електроенергії – МВт(є/є)/т продукції, для теплової енергії – Гкал(т)/ т продукції.

Загально прийнятими в теплоенергетиці та холодильній техніці питомими витратами ПЕР є :

- питома витрата умовного палива (або реального) на вироблення теплової енергії (для джерел енергопостачання) – b_t , кг у.п/Гкал;
- питома витрата умовного палива (або реального) на вироблення електричної енергії (для джерел енергопостачання) – b_e , г у.п/кВт.год;
- питома витрата теплової енергії на вироблення одиниці продукції (для промислових підприємств) – $q_{\text{прод}}$, Гкал/т прод;
- питома витрата електричної енергії на вироблення одиниці продукції (для промислових підприємств) – $e_{\text{про}}$
- d , кВт.год/т прод;
- питома витрата електричної енергії на вироблення одиниці штучного холоду (для холодильних установок) – $e_{\text{шт.х}}$, кВт.год/Гкал(х);
- питома витрата штучного холоду на вироблення одиниці продукції (для підприємств, що споживають штучний холод) – $q_{\text{прод}}^{\text{шт.х}}$, Гкал(х)/т прод.

Необхідність енергетичного аудиту. ЕА – є інструментом державної політики України в напрямку енергозбереження. Справа в тому, що розвиток промисловості України з різних причин, насамперед, економічних, не є рівномірно поступальним у напрямку підвищення ефективності використання ПЕР і зменшення енергоемності продукції. Наприклад, в цукровій промисловості склалася ситуація, за якою частина підприємств може вважатися енергоощадними, а частина – енергозатратними, рис.1.1.

За рівнем енергоспоживання виділяють три групи підприємств:

- **енергоощадні**, на яких питомий рівень витрат ПЕР відповідає європейському рівню з питомими витратами теплової енергії від 140,0 Мкал/т буряку до 180,0 Мкал/т буряку;
- **енергозатратні**, на яких питомий рівень витрат ПЕР перевищує європейський рівень з питомими витратами теплової енергії від 180,0 Мкал/т буряку до 220,0 Мкал/т буряку;
- **надмірно енергозатратні**, на яких питомий рівень витрат ПЕР суттєво (на 70...100 %) перевищує європейський рівень з питомими витратами теплової енергії від 220,0 Мкал/т буряку до 270,0 Мкал/т буряку.

Нижче, на рис. 1.1 представлено, як ілюстрацію до вищенаведеного, діаграму розподілу цукрових заводів України за рівнем споживання палива станом на 2000 р.

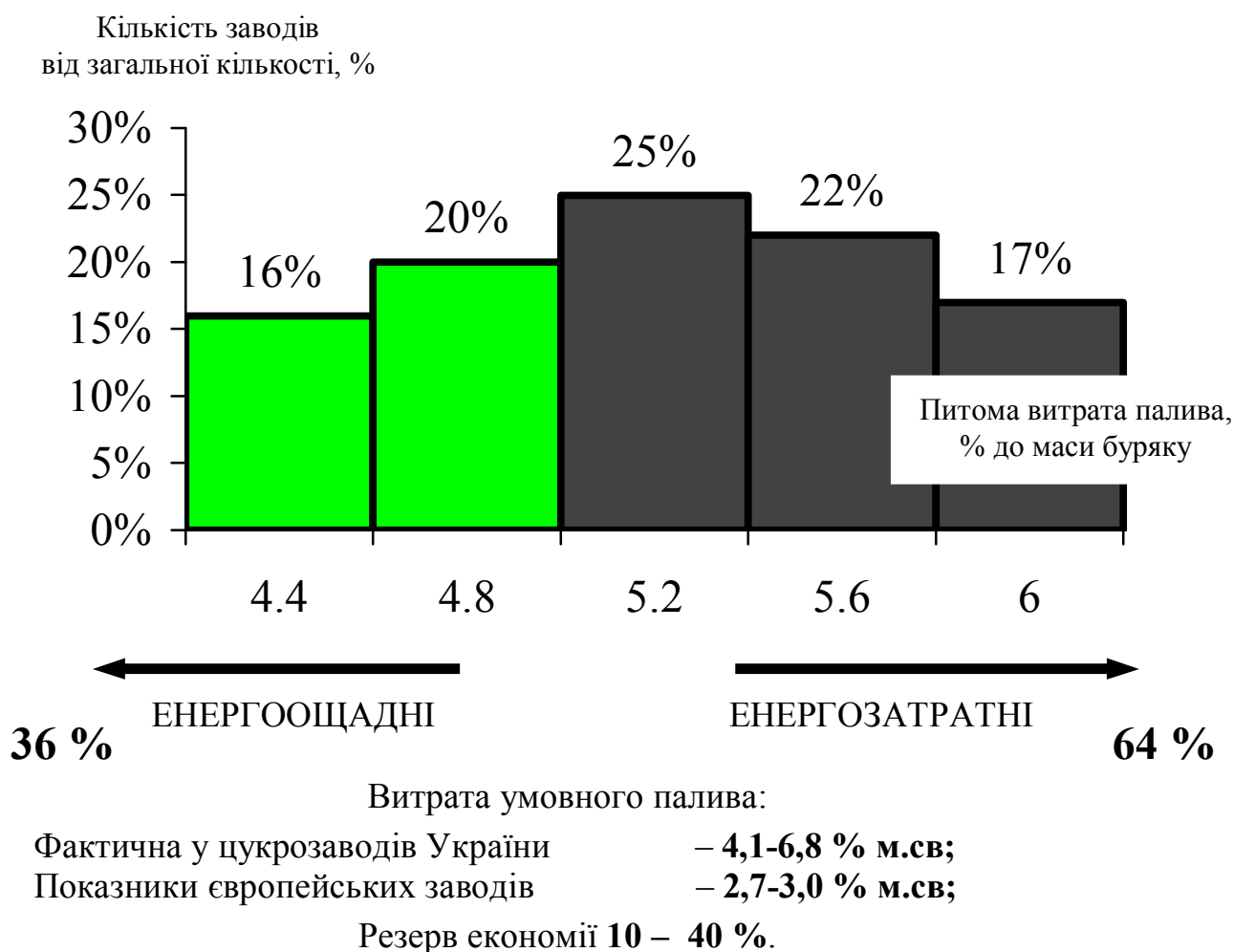


Рис.1.1. Розподіл цукрозаводів України за витратою палива станом на 2000 рік.

1.3. Види енергетичного аудиту

Видами енергетичного аудиту є: первинний, періодичний, позачерговий, локальний, експрес-аудит та специфічний аудит.

Первинний ЕА проводять на передпусковому та перед експлуатаційному етапах функціонування об'єкту ЕА щоб перевірити відповідність монтажу та

налагодження вимогам нормативно-правових актів за показниками енергетичної ефективності обладнання, яке споживає ПЕР. За результатами ЕА приймають рішення про пуск або введення в експлуатацію обладнання, яке споживає ПЕР.

Періодичний ЕА проводять через визначений період часу щоб визначити основні показники, що характеризують ефективність використання ПЕР в умовах підприємства.

Позачерговий ЕА проводять в інтервалі між періодичними ЕА у випадках, коли достовірність результатів попереднього ЕА викликає сумніви, а також у випадках зниження ефективності використання ПЕР.

Локальний ЕА проводять щоб оцінити ефективність використання за окремими видами ПЕР, вторинних енергоресурсів або за окремими показниками енергоефективності роботи підприємства. В локальний ЕА можуть бути включені енергетичні аудити найбільш енергоємних споживачів згідно з вимогами Замовника.

Експрес-аудит проводять на переддоговірному етапі проведення ЕА, а також за наявності обмеження на обсяг та термін проведення для визначення показників енергоефективності роботи об'єкта, що споживає ПЕР, окремих агрегатів або окремих груп агрегатів.

Специфічний ЕА проводять в разі вирішення спеціальних завдань, пов'язаних з ЕА, в яких зацікавлений Замовник.

1.4. Обсяг роботи з енергетичного аудиту

Обсяг аудиторської роботи на промисловому об'єкті включає в себе:

- **постановку задачі** енергозбереження, тобто формулювання узгодженого із Замовником переліком задач, які повинен вирішити енергетичний аудит. Як правило, задачами енергетичного аудиту є наступні: формування системи послідовного впровадження енергоощадних технічних рішень, зменшення абсолютних та питомих витрат ПЕР на виробництво продукції, зменшення енергетичної складової в собівартості шляхом реалізації запропонованого ЕА плану енергозбереження;
- **виявлення** елементів (вузлів) енергетичної недосконалості в існуючій енерготехнологічній схемі установки або підприємства;
- **вирішення задач** аудиту, тобто реалізацію всіх (або частини) етапів ЕА;
- **енергетичну оцінку** запропонованих технічних рішень, тобто визначення обсягів зменшення ПЕР у абсолютних та відносних одиницях виміру;
- **економічну оцінку** запропонованих технічних рішень, тобто визначення прогнозних обсягів витрат коштів на реконструкцію та обсягів їх подальшої економії, та системи показників економічної ефективності;
- **шеф-нагляд** за впровадженням запропонованих ЕА технічних рішень;
- **захист** реально досягнутих показників енергоємності виробництва, тобто, математичне обґрунтування досягнутої економії ПЕР та зменшення собівартості продукції.

1.5. Об'єкти та суб'єкти енергетичного аудиту

Об'єктами енергетичного аудиту є промислові підприємства, джерела енергопостачання та енерготехнологічні установки, що споживають ПЕР і виробляють певні види продукції (промислову продукцію, енергію) або надають послуги (наприклад, транспортні послуги, послуги з теплової обробки продукції або її зберігання, тощо) і зацікавлені у зменшенні питомого енергоспоживання.

Суб'єктами енергетичного аудиту є Замовник та Виконавець робіт з ЕА.

Замовниками ЕА можуть бути нинішні або потенційні власники підприємств, або органи державної влади, в розпорядження яких знаходиться підприємство.

Виконавцем енергетичного аудиту можуть бути профільні науково-технічні фірми будь якої форми власності або висококваліфіковані фахівці з енергетичного менеджменту, що мають державну ліцензію, або офіційне право на здійснення цього виду робіт.

Замовник ЕА може або запросити на своє розуміння Виконавця робіт з ЕА, або організувавши тендер, погодитися із кандидатурою – переможцем тендеру.

Замовник, у виборі претендента на ЕА, може не врахувати результати тендеру або взагалі відмінити його результати.

Примітка:

Якщо Замовником ЕА виступає, державна установа, а об'єкт, що споживає ПЕР, належить до державної форми власності, Виконавець робіт з ЕА визначається згідно з Законом України “Про закупівлю товарів, робіт і послуг за державні кошти”.

1.6. Організаційні етапи енергетичного аудиту

Реалізація робіт з ЕА передбачає сім організаційних етапів його виконання, а саме:

1. **Переддоговірний етап** – передбачає зустріч представника потенційного Виконавця з Замовником, попереднє ознайомлення представника з об'єктом ЕА, відвідування енергоаудиторами об'єкту, що споживає ПЕР, отримання первинної інформації, її аналіз і розробка плану ЕА.
2. **Організаційно-підготовчий етап** – передбачає узгодження плану проведення ЕА з Замовником, підписання договору на проведення ЕА, визначення осіб з боку Замовника для участі в проведенні ЕА, підготовка енергоаудиторської групи, формування наказу по об'єкту.
3. **Етап збору інформації** – передбачає ознайомлення з документальною інформацією та проведення вимірювань на об'єкті ЕА.
4. **Етап оброблення та аналізу інформації** – передбачає виконання аналізу отриманих результатів, оцінку потенціалу енергозбереження та основних техніко-економічних показників ефективності використання ПЕР.
5. **Етап розроблення рекомендацій з енергозбереження** – передбачає розроблення та техніко-економічну оцінку ефективності пріоритетного переліку енергоощадних заходів.

6. **Етап складання звіту та формування висновку** – передбачає складання звіту та аудиторського висновку за результатами проведення ЕА.
7. **Етап презентації результатів** – передбачає проведення презентації основних результатів ЕА та передачу Замовнику звіту та аудиторського висновку.

Реальний обсяг робіт енергетичного аудиту надалі буде в повній мірі відображено у наступних лекціях, що розкривають сутність етапів ЕА.

На практичних заняттях з дисципліни студент буде мати можливість одержати практичні навички з пошуку енергетичних недосконалостей на різних прикладах.

В цілому, проведення енергетичного аудиту потребує застосування 21-го взаємопов'язаних однією метою організаційно-технічних методів.

Опанування цими методами дозволить майбутнім спеціалістам (магістрам) з енергетичного менеджменту одержати базові знання та елементи вмінь для виконання енергетичних аудитів промислових підприємств.

Правовою основою реалізації ЕА є наступні документи: Закони України «Про енергозбереження», «Про метрологію та метрологічну діяльність», «Про закупівлю товарів, робіт і послуг за державні кошти», а також інші нормативні акти даного спрямування.

Запитання для самоперевірки.

1. Обґрунтуйте необхідність енергетичного аудиту на промисловому підприємстві.
2. Наведіть перелік видів ЕА та сформулюйте сутність виконаних робіт для кожного виду ЕА.
3. Наведіть абсолютні параметри енергоносіїв в системі парової котельні та її показники енергетичної ефективності.
4. Наведіть абсолютні параметри енергоносіїв в системі вакуум-конденсаторної установки промислового підприємства та його показники енергетичної ефективності.

Рекомендована література: [9], [10], [11], [21].

Лекція 2

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

План лекції

- 2.1. Загальні положення методології ЕА.
- 2.2. Метод збору вихідних даних для енергетичного аудиту.
- 2.3. Метод формування принципів схем вироблення та споживання ПЕР.
- 2.4. Метод виявлення енергетичних недосконалостей об'єкту ЕА.
- 2.5. Метод вибору бази порівняння та гранично-досяжних показників ефективності.
- 2.6. Метод порівняння технічних рішень та показників енергетичної ефективності об'єкту ЕА з базою порівняння.
- 2.7. Методи визначення експлуатаційних параметрів об'єкту ЕА.
- 2.8. Метод складання енергетичних, теплових, матеріальних балансів.
- 2.9. Метод визначення обсягу теплоти вторинних енергоресурсів.
- 2.10. Метод виявлення втрат теплової енергії та визначення їх обсягів.
- 2.11. Метод визначення ступені завантаження обладнання.
- 2.12. Метод “перехресної” перевірки експлуатаційних параметрів енергоносіїв
- 2.13. Метод термодинамічного аналізу процесів та циклів.
- 2.14. Метод використання стандартних (ліцензованих) методик.
- 2.15. Метод використання навчальних методик.
- 2.16. Метод використання раціональних апробованих промисловістю технічних рішень
- 2.17. Метод усереднення показників та експлуатаційних параметрів і вибору визначального числового значення
- 2.18. Метод визначення когенераційного потенціалу промислового підприємства.
- 2.19. Метод етапності проведення енергетичного аудиту.
- 2.20. Метод представлення результатів енергетичного аудиту.

2.1. Загальні положення методології ЕА

Аудиторська діяльності для досягнення її результативності потребує використання певних методів, які гарантують достовірність результатів, їх переконливість для Замовника та створення необхідної математичної бази для реалізації аудиторських пропозицій.

Методами ЕА – є науково обгрунтовані прийоми (математичні, логічні, вимірювальні), які застосовує фахівець-аудитор при виконанні енергетичного аудиту підприємства.

Методологією ЕА – є систематизований (упорядкований) порядок дій фахівця-аудитора, який реалізується при проведенні енергетичного аудиту підприємства від його початкового до завершального етапу.

В наведеній лекції розглядається загальний перелік методів, що використовуються в аудиторській роботі, з короткою характеристикою кожного, без викладення методології їх реалізації.

2.2. Метод збору вихідних даних для енергетичного аудиту

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у поєднання відомих методів збору інженерно-технічної інформації з формування системи вихідних даних для ЕА і вибору найрезультативнішої комбінації цих методів.

В практиці проведення ЕА використовуються наступні методи збору вихідних даних для ЕА:

- метод опросного листа, відправленого поштою на об'єкт аудиту, з переліком запитань, відповіді на які забезпечать початок аудиторського обстеження;
- метод особистого вивчення існуючих схем споживання ПЕР та власних вимірів експлуатаційних параметрів;
- метод використання вимірів та графічної інформації, наданих групою помічників зі складу аудиторської групи.

2.3. Метод формування принципових схем вироблення та споживання ПЕР

Цей метод є початковим при здійсненні енергетичного аудиту і його належить реалізувати, як для джерел енергопостачання, на яких виробляються ПЕР, так і для підприємств, що їх споживають.

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у створенні у графічному вигляді на паперових носіях або у електронному вигляді розгорнутої принципової схеми споживання ПЕР – палива, теплової і електричної енергії, та штучного холоду або їх генерації.

2.4. Метод виявлення енергетичних недосконалостей об'єкту ЕА

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у пошуку та виявленні технічних рішень в існуючій системі споживання ПЕР промислових підприємств або енергоустановок, експлуатація яких призводить до надмірної (відносно загально визнаних еталонів) витрати ПЕР.

2.5. Метод вибору бази порівняння та гранично-досяжних показників ефективності

Цей метод є необхідним “інструментом” і складовою частиною енергетичного аудиту, оскільки створює перспективу енергозбереження для об'єктів аудиту і є основою для вироблення плану робіт з енергозбереження.

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у виборі підприємства (установки), більш ефективного за рівнем реалізованих технічних рішень та показників енергетичної ефективності. Таке підприємство (установка) розглядається в системі енергетичного аудиту, як база порівняння. Тобто, підприємство (установка) – база порівняння має бути зразком, до рівня показників якого буде удосконалюватися підприємство – об'єкт енергетичного аудиту.

Реалізація цього етапу потрібна для формування у Замовника ЕА упевненості щодо реальності вирішення його енергетичних проблем.

2.6. Метод порівняння технічних рішень та показників енергетичної ефективності об'єкту ЕА з базою порівняння

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у співставленні технічних рішень, експлуатаційних параметрів та показників енергетичної ефективності об'єкту, що підлягає енергетичному аудиту, з такими, які має підприємство – база порівняння.

2.7. Методи визначення експлуатаційних параметрів об'єкту ЕА

Як відомо, підприємства теплоенергетики та холодильної техніки відносяться до виробництв, які максимально укомплектовані вимірювальними приладами, а саме, витратомірами, лічильниками, манометрами, термометрами тощо, які дозволяють одержати числові значення температур, тисків, витрат потоків енергоносіїв.

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у визначенні в умовах експлуатації підприємства, установки (виробництва) за допомогою встановлених засобів виміру, тобто, інструментальними засобами, або допоміжних матеріалів (таблиць, діаграм, графічних характеристик) реальних значень параметрів, що становлять інтерес для енергетичного аудиту

2.8. Метод складання енергетичних, теплових, матеріальних балансів

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у формуванні рівнянь матеріальних, теплових, енергетичних балансів енерготехнологічних процесів та установок, які визнано необхідними для визначення параметрів енергоносіїв, числові значення яких не були визначені інструментальними методами (вимірами).

2.9. Метод визначення обсягу теплоти вторинних енергоресурсів (ВЕР)

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у виявленні серед потоків теплоти – продуктів функціонування енерготехнологічних установок, таких, що за своїм енергетичним потенціалом можуть бути використані у виробництві продукції. Такі потоки теплоти одержали назву вторинних енергоресурсів (ВЕР). У разі їх виявлення, повинні бути визначені обсяги теплоти ВЕР.

Логіка появи теплоти ВЕР в промисловості наступна. Як відомо, органічне паливо спалюється, а його хімічна теплота, в кількості – $Q_{\text{пал}}$, Гкал, використовується в енергогенеруючих та енергоспоживаючих комплексах – котельних, ТЕЦ, КЕС, ГТУ та на промислових підприємствах. В цих комплексах, тепла енергія палива, виконавши певні енергетичні або теплотехнологічні функції, втрачається в навколишнє середовище за наступними напрямками:

- або, виконавши певні енергетичні або теплотехнологічні операції, повністю втрачається в навколишнє середовище. Така картина спостерігається на всіх промислових підприємствах, на транспорті, в житловому секторі;

- або, виконавши певні енергетичні операції, та виробивши певну кількість теплової або електричної енергії частково втрачається в навколишнє середовище. Така картина спостерігається в котельних, ТЕЦ, КЕС, ГТУ.

Слід розуміти, що чим більше на об'єкті ЕА виявлено ВЕР і чим вища буде степінь використання теплоти ВЕР, тим буде більша економія палива і тим вищий економічний ефект заходів з енергозбереження буде одержано.

2.10. Метод виявлення втрат теплової енергії та визначення їх обсягів

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у виявленні в енерготехнологічній схемі об'єкту аудиту всієї системи потоків теплової енергії, що втрачаються в навколишнє середовище, їх термодинамічних характеристик та обсягів. Теплова енергія може втрачатися за трьома напрямками:

- за функціональною необхідністю, тобто у відповідності до технологічного регламенту, наприклад, теплота, що відводиться у вигляді теплої води в масло- та повітря-охолодниках парової турбіни в атмосферу втрачається за експлуатаційним регламентом з метою захисту конструкцій від перегрівання;
- як наслідок порушення експлуатаційного регламенту обладнання та технологічного режиму виробництва;
- як наслідок зменшення ККД або інших показників енергетичної ефективності в системах, що “реагують” на це зменшення збільшенням втрат теплоти в навколишнє середовище (наприклад в КЕС, в ТЕЦ, в цукровому заводі).

Практикою проведення енергетичних аудитів вироблена класифікація цих втрат. Рівень втрат може характеризуватись якісними виразами: відсутні, мінімально можливі, підвищені, високі, надмірні. Ключову фразу має визначити енергоаудитор за власним розумінням явища, маючи на меті посилення враження Замовника від ознайомлення з матеріалами ЕА.

2.11. Метод визначення степені завантаження обладнання

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у визначенні за допомогою “заводських” навантажувальних характеристик теплоенергетичного обладнання степені його експлуатаційного завантаження в системах вироблення або споживання ПЕР з метою подальшого опрацювання у напрямку оптимізації режиму його експлуатації.

2.12. Метод “перехресної” перевірки експлуатаційних параметрів енергоносіїв.

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у застосуванні для підтвердження достовірності вимірів параметрів математичних рівнянь, сформованих на базі теплоенергетичних балансів або інших засобів для визначення параметрів енергоносіїв, уточнення яких виявилось необхідним.

2.13. Метод термодинамічного аналізу процесів та циклів

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у використанні методів термодинамічного аналізу процесів, циклів, енергетичного обладнання для одержання параметрів енергоносіїв або показників енергетичної ефективності підприємства – об'єктів аудиту з метою одержання значень експлуатаційних параметрів інструментальне визначення яких становить організаційні труднощі або не взагалі не можливе.

2.14. Метод використання стандартних (ліцензованих) методик

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у використанні, для одержання числових значень експлуатаційних (або проектних) параметрів енергоносіїв та показників енергетичної ефективності виробництв, стандартизованих (ліцензованих) в Україні методик термодинамічного, теплоенергетичного, теплотехнологічного розрахунку теплових та технологічних схем об'єктів аудиту.

2.15. Метод використання навчальних методик

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у використанні для одержання експлуатаційних (або проектних) значень параметрів енергоносіїв та показників енергетичної ефективності виробництв навчальних методик термодинамічного, теплоенергетичного, теплотехнологічного розрахунку теплових та технологічних схем об'єктів аудиту, які є продуктом наукової, інженерної діяльності фахівців з теплоенергетики, викладачів ВНЗ, тощо, які не мають визнання на державному рівні.

2.16. Метод використання раціональних апробованих промисловістю технічних рішень

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у використанні при реалізації технічних рішень, передбачених аудиторським планом реконструкції та удосконалення виробництва або підприємства ефективних, апробованих в промисловості технічних рішень.

2.17. Метод усереднення показників та експлуатаційних параметрів і вибору визначального числового значення

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у виборі прийнятного, того, що відповідає експлуатаційним закономірностям зміни величин параметрів, усереднення визначених інструментальними методами параметрів енергоносіїв та параметрів роботи енергетичного обладнання.

2.18. Метод визначення когенераційного потенціалу промислового підприємства.

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у визначенні числового значення когенераційного потенціалу промислового підприємства – об'єк-

ту енергетичного аудиту і формуванні пропозицій щодо доцільності створення для його комплексного енергозабезпечення тепловою та електричною енергією когенераційного джерела енергопостачання на базі відомих і фінансово доступних енергоустановок – дизель-генераторів, ГТУ, редуційно охолоджувальних установок, парових турбін, котлів-утилізаторів, теплообмінників-утилізаторів теплоти.

2.19. Метод етапності проведення енергетичного аудиту

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у формуванні ефективної послідовності дій (методології) проведення енергетичного аудиту, що буде гарантувати повноту обсягу одержаної інформації і результативність аудиторської роботи.

2.20. Метод представлення результатів енергетичного аудиту

Організаційно-технічна сутність цього методу полягає у виборі ефективного способу представлення (із застосуванням графіків, діаграм, таблиць) результатів енергетичного аудиту, що буде гарантувати доступність у розумінні проблем, які потрібно вирішити на об'єкті господарювання і сформує у Замовника переконання у реальності реалізації рекомендацій енергетичного аудиту і одержання економічного ефекту.

Запитання для самоперевірки.

1. Які методи ЕА можна застосувати для визначення витрати циркуляційної води в конденсаторній установці парової турбіни?
2. Проведіть термодинамічний аналіз ТЕЦ, оснащеною турбоагрегатом з протитиском.
3. Проведіть термодинамічний аналіз компресорної установки з двохступеневим стискання робочого тіла.
4. Складіть методику визначення експлуатаційних параметрів вакуум-конденсаторної установки цукрового заводу.
5. Складіть методику визначення експлуатаційних параметрів когенераційної установки на базі ГТУ та котла утилізатора.
6. Наведіть приклади функціональних, марнотратних та енергетичних втрат теплової енергії в КЕС.

Рекомендована література: [1-7], [10], [11], [21].

Лекція 3

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА СУТНІСТЬ МЕТОДІВ ЗБОРУ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

План лекції

- 3.1. Науково-технічна сутність методу збору вихідних даних для ЕА.
- 3.2. Науково-технічна сутність методу формування принципових схем вироблення та споживання ПЕР.
- 3.3. Науково-технічна сутність методу виявлення вузлів енергетичної недосконалості.
- 3.4. Науково-технічна сутність методу вибору бази наближення та гранично-досяжних показників ефективності.

3.1. Науково-технічна сутність методу збору вихідних даних для ЕА

Як було показано в лекції 2, науково-технічна сутність цього методу полягає у поєднання відомих методів збору інженерно-технічної інформації і виборі найрезультативнішої комбінації цих методів. Цей метод є початковим у здійсненні ЕА. В практиці проведення ЕА застосовуються два методи збору вихідних даних:

- перший – використання інформації, одержаної з опросних листів, надісланих Замовнику поштою. Опросний лист повинен містити такий комплекс запитань, одержані відповіді на які дозволять аудитору визначати фактичні експлуатаційні параметри та фактичні показники ефективності об'єкту аудиту за визначений аудитором термін (декаду, місяць, рік) роботи підприємства – об'єкту аудиту;
- виїзд для обстеження групи аудиторів (як правило 4-х спеціалістів, одного з технології виробництва, другого з теплотехніки виробництва, третього – спеціаліста з енергетичних проблем, четвертого з автоматизації процесів. Спеціалісти на об'єкті аудиту мають здійснити за певною програмою і методикою вивчення експлуатаційних протоколів по всім тепло технологічним станціям та виконати необхідні виміри та визначення фактичних експлуатаційних параметрів (витрат, температур, тисків, потужностей, тощо), фактичних показників ефективності енергоспоживання (насамперед, питомих витрат палива, теплової енергії та електричної енергії), фактичної собівартості продукції та її складових (насамперед, паливної складової).

Виміру підлягають: щогодинне споживання електричної енергії, палива, теплової енергії, теплові та технологічні параметри енергоносіїв та продуктових потоків.

Нижче, на рис.3.1, як приклад, наведена структура споживання палива цукровим заводом, що має бути наведена у звіті з ЕА. Графічне зображення структури споживання палива підприємством полегшує сприйняття Замовником результатів ЕА.

Аналогічні зображення потрібно наводити у звіті з ЕА і з структурою тепло- та електроспоживання підприємством.

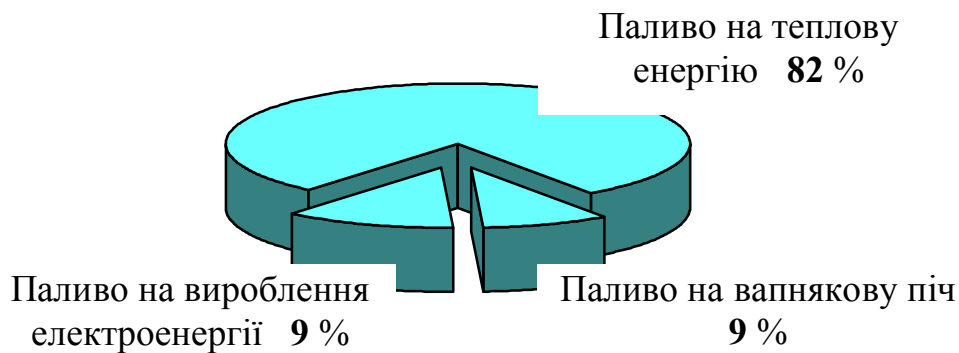


Рис. 3.1. Типова структура споживання палива на цукрозаводі.

Економічні фактори змушують власників підприємств з метою зменшення собівартості продукції модернізувати як технологічні процеси, так і системи енергоспоживання своїх підприємств.

Нижче, на рис. 3.2, наведено структуру собівартості перероблення власного цукрового буряку на цукровому заводі, з якої видно, що паливна (енергетична), складова собівартості становить 28,8 % від загальної заводської собівартості.

А, оскільки, в реальних умовах виробництва оперативний персонал заводу може вплинути тільки на цю складову, то саме паливна складова є єдиним вагомим фактором зменшення собівартості продукції.

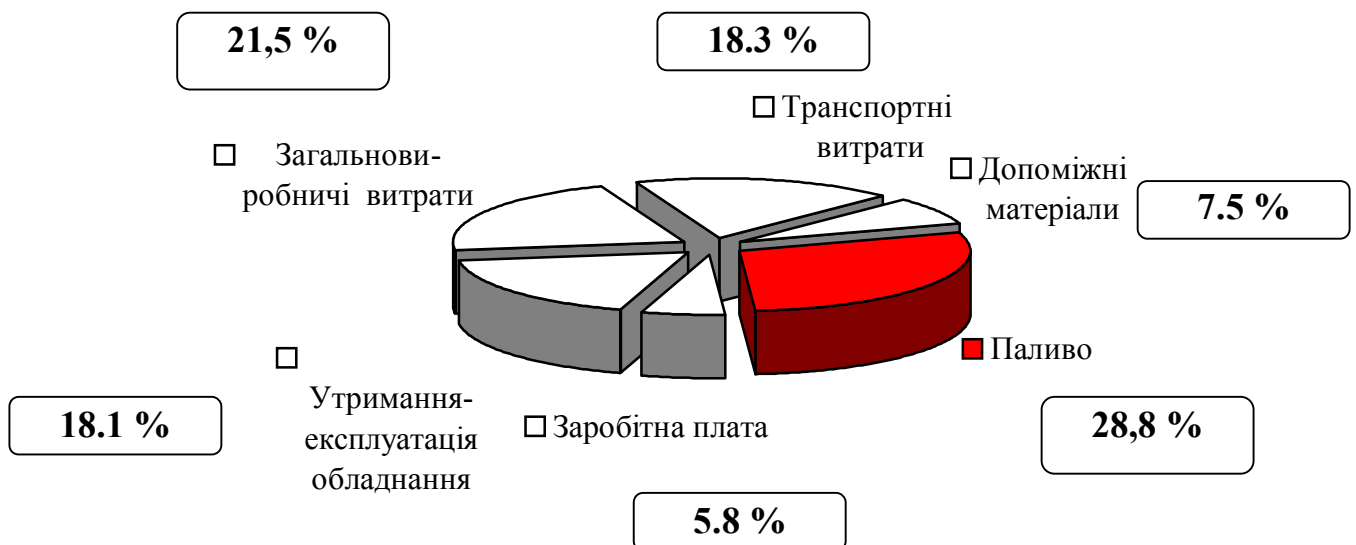


Рис. 3.2. Структура собівартості переробки власного цукрового буряку на цукровому заводі.

3.2. Науково-технічна сутність методу формування принципів схем вироблення та споживання ПЕР

Цей метод є початковим при здійсненні енергетичного аудиту і його належить реалізувати, як для джерел енергопостачання, на яких виробляються ПЕР, так і для підприємств, що їх споживають.

Опанування цього методу дозволить аудитору:

- одержати повномасштабну картину потоків енергоносіїв на об'єктах аудиту, що суттєво полегшує застосування подальших методів аудиторської діяльності;
- одержати графічну базу для порівняння існуючих на об'єкті технічних рішень з сучасними енергозберігаючими технічними рішеннями щодо ефективного використання енергоресурсів;
- одержати в своє розпорядження дієвий інструмент візуального впливу на Замовника.

На принциповій схемі вироблення та споживання ПЕР об'єкту енергетичного аудиту мають бути відображені:

- структура технологічного процесу та відповідне теплотехнологічне обладнання;
- теплова схема виробництва продукції з наведеним енерготехнологічним обладнанням;
- місця розташування вимірювальних приладів;
- положення засобів автоматичного регулювання потоків енергоносіїв;
- технічні характеристик тепло технологічного та енерготехнологічного обладнання;
- експлуатаційні характеристики потоків енергоносіїв;
- місця розташування засобів кількісного виміру обсягів споживання ПЕР.

3.3. Науково-технічна сутність методу виявлення вузлів енергетичної недосконалості

Як було зазначено в лекції 2 сутність цього методу полягає у виявленні енергетичних недосконалостей в існуючій або проектній системі вироблення або споживання ПЕР.

Вузлами енергетичної недосконалості (ВЕН) на об'єкті ЕА є існуючі технічні рішення, які в умовах експлуатації призводять до перевитрати або втрати теплової енергії (палива) в навколишнє середовище відносно загально визнаних енергоощадних технічних рішень.

Прикладами ВЕН на підприємствах можуть бути:

- **неізольовані** поверхні обладнання. Слід пам'ятати, що через неізольовані поверхні може втрачатися від **0,5 Вт/п.м** до **4,0 Вт/п.м** теплоти з одного погонного метра трубопроводу та **0,5 кДж/м²** до **5,5 кДж/м²**, теплоти з одного квадратного метра поверхні, що призводить до перевитрати в джерелах енергопостачання (котельних та ТЕЦ) значних обсягів палива.
- **відмінний** від номінального режим роботи відцентрових насосів, парових, газових турбін, компресорів, вентиляторів, двигунів внутрішнього згорання. Слід пам'ятати, що фактичний ККД відцентрових насосів суттєво залежить від фактичної подачі насосу, і має максимальне значення ККД лише за умови експлуатації з номінальною подачею, як свідчить типова “заводська” характеристика насосу, наведена на рис. 3.3. Аналогічний характер мають характеристик інших нагнітачів та теплових двигунів.

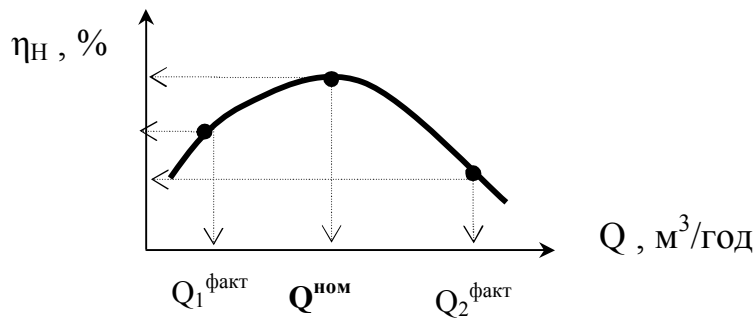


Рис. 3.3. Типова характеристика $\eta_H = f(Q)$ відцентрового насосу.

- **наявність** дросельного регулювання подачі відцентрових насосів. Слід пам'ятати, що використання для регулювання подачі насоса регулюючого клапану, встановленому на нагнітальному трубопроводі, призводить до перевитрати споживаної потужності насосного агрегату у порівнянні з більш економічними системами регулювання, внаслідок появи додаткового гідравлічного опору в трубопроводі;
- **наявність** байпасного регулювання подачі відцентрових насосів. Слід пам'ятати, що використання для регулювання подачі насоса регулюючого клапану, встановленому на байпасному трубопроводі, призводить до перевитрати споживаної потужності насосного агрегату у порівнянні з більш економічними системами регулювання внаслідок збільшення подачі насоса проти потрібного для технології;
- **наявність** високої температури відхідних газів парових котлів. Слід пам'ятати, що наднормативно висока температура відхідних газів зменшує ККД парового котла, внаслідок збільшення втрат теплоти в навколишнє середовище;
- тощо.

Для подальшого засвоєння матеріалів лекційного курсу вам потрібно поновити в своїй пам'яті сутність ВЕН: в системі насосної установки, в системі паротурбінних установок, в системі КЕС, ТЕЦ, в системі вакуум-конденсаторних установок, в системі теплоспоживання цукрового заводу, тощо.

Проблема для аудитора полягає в тому, щоб виявити, визначити обсяги втрат (перевитрат) ПЕР і систематизувати всі ВЕН у такому вигляді, який би справив враження на Замовника ЕА і стимулював би виділення зусиль і коштів на реалізацію рекомендацій ЕА, що усувають виявлені ВЕН.

Практична реалізація цього методу потребує від аудитора наявності і володіння базою знань і здатності виявити (розгледіти) ВЕН в складному переплетенні технічних рішень об'єкту ЕА.

Для цього потрібно тренувати під час практичних занять та самопідготовки свої здібності з виявлення всіх енергетичних потоків, що надходять в систему та відводяться з неї або у навколишнє середовище, або до іншої підсистеми виробництва продукції.

Нижче наведено, як приклади, типи енерготехнологічних установок, струк-

тура яких засвоєна вами під час вивчення попередніх навчальних дисциплін – і які можуть розглядатися як об'єкти для самостійного виявлення ВЕН.

Приклад 1. Паротурбінна турбоустановка на базі парової турбіни типу “Р – 6-35/5”.

Приклад 2. Паротурбінна установка на базі парової турбіни типу “К – 6-35”.

Приклад 4. Система оборотного водопостачання “Конденсатор - Градирня” для паротурбінної установки.

Приклад 5. Вакуум-конденсаторна установка цукрового заводу.

Приклад 6. Конденсатне господарство цукрового заводу

Приклад 7. Паровий котел типу ГМ-50-35/440.

3.4. Науково-технічна сутність методу вибору бази наближення та гранично-досяжних показників ефективності

Як було зазначено в лекції 2 сутність цього методу полягає у виборі бази наближення – підприємства енергоефективнішого за рівнем реалізованих (або проектних) технічних рішень та показників енергетичної ефективності.

В загальному сенсі базами наближення можуть бути:

- підприємства з ідеалізованими т.зв. “теоретичними” уявленнями про енергетичні, теплові та технологічні процеси;
- підприємства з показниками, що мають кращі (світового або європейського рівня) зразки обладнання та схемних рішень;
- підприємства з таким рівнем енергоспоживання, що дозволяє йому за своєю енергетичною складовою собівартості продукції може випускає конкурентно здатну продукцію.

Вибір бази наближення не повинен створювати у Замовника уявлення про “не підйомність” енергетичних проблем на його підприємстві, а навпаки, повинен формувати думку про реальний шлях наближення до пристойного рівня енергоспоживання.

Як правило, базою для порівняння слід вибирати реально існуюче в Україні підприємство, оснащене енергоефективним обладнанням, що реалізує ефективні енерготехнологічні схеми генерації та споживання теплової та електричної енергії, та штучного холоду.

Запитання для самоперевірки.

1. Складіть опросний лист для Замовника для одержання інформації для енергетичного аудиту ТЕЦ з турбогенератором на базі парової турбіни з протитиском.
2. Сформулюйте науково-технічну сутність методу формування принципів схем вироблення та споживання ПЕР.
3. Наведіть принципову схему парової котельні.
4. Наведіть принципову схему водогріної котельні.
5. Наведіть принципову схему теплоспоживання цукрового заводу.

6. Наведіть принципову схему вакуум-конденсаторної установки цукрового заводу.
7. Сформулюйте науково-технічна сутність методу виявлення вузлів енергетичної недосконалості (ВЕН) на об'єкті ЕА.
8. Виявіть ВЕН в системі парової котельні.
9. Виявіть ВЕН в системі теплоспоживання цукрового заводу.
10. Наведіть перелік можливих елементів енергетичної недосконалості в системі вакуум-конденсаторної установки.
11. Наведіть перелік можливих елементів енергетичної недосконалості в системі насосної установки.
12. Наведіть перелік можливих елементів енергетичної недосконалості в системі тягодутьової установки парового котла.
13. Наведіть перелік можливих елементів енергетичної недосконалості в системі парової котельні.
14. Наведіть перелік можливих елементів енергетичної недосконалості в системі ТЕЦ з турбіною "Р-...".
15. Наведіть перелік можливих елементів енергетичної недосконалості в системі КЕС з турбіною "К-...".
16. Наведіть перелік можливих елементів енергетичної недосконалості в системі експлуатації випарної установки.
17. Наведіть перелік можливих елементів енергетичної недосконалості в системі експлуатації теплообмінника "пара – рідина".
18. Наведіть перелік можливих елементів енергетичної недосконалості в системі експлуатації теплообмінника "рідина – рідина".
19. Наведіть перелік можливих елементів енергетичної недосконалості в системі експлуатації поверхнево-плівкової градирні системи ВКУ.
20. Наведіть перелік можливих елементів енергетичної недосконалості в системі експлуатації розпилювальної градирні системи ВКУ.
21. Наведіть перелік можливих елементів енергетичної недосконалості в системі експлуатації компресорної установки.
22. Сформулюйте науково-технічну сутність методу вибору бази наближення та гранично-досяжних показників ефективності.

Рекомендована література: [10], [11], [15], [16], [21].

Лекція 4.

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА СУТНІСТЬ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ СПОЖИВАННЯ ПЕР ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

- 4.1. Метод порівняння технічних рішень та показників енергетичної ефективності об'єкту енергетичного аудиту з гранично-досяжними.
- 4.2. Методи виміру експлуатаційних параметрів об'єкту ЕА.
- 4.3. Метод “перехресної” перевірки експлуатаційних параметрів енергоносіїв об'єкту ЕА.
- 4.4. Метод виявлення втрат теплової енергії та визначення їх обсягів.

4.1. Метод порівняння технічних рішень та показників енергетичної ефективності об'єкту енергетичного аудиту з гранично-досяжними

Як було засвідчено в лекції 2, сутність цього методу полягає у співставленні існуючих на об'єкті технічних рішень та показників енергетичної ефективності процесів та обладнання з такими, які має підприємство (виробництво) – база наближення.

Цей метод є ключовим у методології ЕА оскільки надає Виконавцю потужний інструмент для формування у Замовника відчуття недосконалості свого підприємства, як енергетичної, так і економічної.

Опанування цього методу є вкрай необхідним для аудитора і дозволить йому сформулювати кількісну базу майбутніх технічних рішень, що наблизять об'єкт аудиту до рівня вибраного прототипу.

Проблема для аудитора при опанування цього методу є, і полягає вона у необхідності постійно набувати вмінь у виявленні технічних рішень, їх оцінці та інформованості щодо аналогічних, але ефективніших технічних рішеннях з виявленої проблеми.

Крім цього, аудитору потрібно оволодіти методами визначення показників енергетичної ефективності технічних рішень та перевитрат пари, теплової, електричної енергії та палива, які обумовлює експлуатація такого рішення.

Нижче, наведено два приклади застосування методу порівняння ефективності технічних рішень.

Приклад 1.

На цукровому заводі, аудитором виявлена енергетична недосконалість, яка полягає у неефективній системі паровідборів з ВУ, що призводить до одержання мало концентрованого сиропу з ВУ та перевитрати пари та палива на виробництво цукру.

Застосування методу порівняння полягає у наступних діях аудитора:

- аудитор має визначити загальновизнаний параметр ефективності системи паровідборів ВУ. Як відомо з дисципліни “Тепло технологія харчових виробництв” загальноприйнятим показником ефективності системи паровідборів ВУ є величина $K_{ВУ}$, т випареної води/т грійної пари, що визначається за формулою:

$$K_{\text{ВУ}}^{\text{факт}} = W_{\text{ВУ}}^{\text{факт}} / (D_{\text{ВУ}}^I)^{\text{факт}} \quad (4.1)$$

де:

$W_{\text{ВУ}}^{\text{факт}}$ – кількість фактично випареної води в системі ВУ, т/год;
 $(D_{\text{ВУ}}^I)^{\text{факт}}$ – фактична витрата грійної пари на перший корпус ВУ, т/год.

- аудитор має визначити числове значення фактичного $K_{\text{ВУ}}^{\text{факт}}$. Наприклад, $K_{\text{ВУ}}^{\text{факт}} = 2,70$.
- аудитор має визначити числове значення гранично-досяжного числового значення $K_{\text{ВУ}}^{\text{гран}}$ на цукровому заводі-прототипу. Наприклад, $K_{\text{ВУ}}^{\text{гран}} = 3,10$.
- аудитор має визначити числове значення різниці: $\Delta K_{\text{ВУ}} = K_{\text{ВУ}}^{\text{гран}} - K_{\text{ВУ}}^{\text{факт}}$
- аудитор має визначити числові значення перевитрат пари, теплової енергії та палива, відповідно, $\Delta D_{\text{ВУ}}^I$, $\Delta Q_{\text{ВУ}}$, $\Delta B_{\text{ВУ}}$, за формулами, відомими з попередньо опанованих дисциплін енергетичного напрямку.

Приклад 2.

На цукровому заводі в системі оборотного водопостачання та вакуум-конденсаторної установки (ВКУ) –аудитором виявлена енергетична недосконалість, яка полягає у не ефективній (енергозатратній) системі конденсації водяної пари, що призводить до значної витрати електричної енергії на ВКУ.

Застосування аудитором методу порівняння полягає:

- у визначенні параметра енергетичної ефективності ВКУ. Як відомо з дисципліни “Тепломасообмінні процеси і установки” показником ефективності ВКУ є величина $e_{\text{ВКУ}}^{\text{факт}}$, кВт.год/Гкал відведеної теплоти, що визначається за формулою:

$$e_{\text{ВКУ}}^{\text{факт}} = W_{\text{ВКУ}}^{\text{факт}} / Q_{\text{ВКУ}}^{\text{факт}} \quad (4.2)$$

де:

$W_{\text{ВКУ}}^{\text{факт}}$ – кількість електричної енергії спожитої ВКУ за визначений термін часу, наприклад, за добу, кВт.год/добу;
 $Q_{\text{ВКУ}}^{\text{факт}}$ – кількість теплової енергії, відведеної від ВКУ за визначений термін часу, наприклад, за добу, Гкал/добу.

- у визначенні фактичного числового значення $e_{\text{ВКУ}}^{\text{факт}}$;
- у визначенні гранично-досяжного числового значення $e_{\text{ВКУ}}^{\text{гран}}$ на цукровому заводі-прототипу;
- у визначенні різниці: $\Delta e_{\text{ВКУ}}^{\text{факт}} = e_{\text{ВКУ}}^{\text{гран}} - e_{\text{ВКУ}}^{\text{факт}}$;
- у визначенні перевитрати електричної енергії – $\Delta W_{\text{ВКУ}}$.

Порівняння фактичних показників енергетичної ефективності виробництва – ПЕЕ з такими, що належать підприємству – базі наближення, не викликає методологічних труднощів і зводиться лише алгебраїчного порівняння їх величин та пошуку формул взаємозв’язку між показниками і витратою ПЕР (палива, теплоти, електричної енергії).

Нижче, наведено, як приклад кілька таких формул.

Формулами взаємозв’язку між параметрами енергетичної ефективності ТЕЦ і відповідних витрат палива є:

$$B_T^{\text{ТЕЦ}} = b_T^{\text{ТЕЦ}} \cdot Q_{\text{відп}}^{\text{ТЕЦ}} \quad (4.3)$$

де:

$b_T^{\text{ТЕЦ}}$ – питома втрата умовного палива з відпущеної від ТЕЦ теплової енергії, кг у.п./Гкал;

$Q_{\text{відп}}^{\text{ТЕЦ}}$ – обсяг, наприклад, добовий відпущеної від ТЕЦ теплової енергії, Гкал/добу.

$$B_e^{\text{ТЕЦ}} = b_e^{\text{ТЕЦ}} \cdot W_{\text{відп}}^{\text{ТЕЦ}} \quad (4.4)$$

де:

$b_e^{\text{ТЕЦ}}$ – питома втрата умовного палива з відпущеної від ТЕЦ електричної енергії, г у.п./кВт.год;

$W_{\text{відп}}^{\text{ТЕЦ}}$ – обсяг відпущеної від ТЕЦ електричної енергії, кВт.год/добу.

4.2. Методи визначення експлуатаційних параметрів об'єкту ЕА

Як було вказано в лекції 2, сутність цього методу полягає у визначенні в умовах експлуатації підприємства (установки) реальних значень експлуатаційних параметрів енергоносіїв, що становлять інтерес для ЕА, за допомогою або вимірювальних приладів (засобів виміру), або інших (діаграмних, розрахункових) методів їх визначення.

Вимірювальні прилади можуть бути як **безпосереднього** (прямого) виміру параметрів енергоносія, так і **опосередкованого** (не прямого). У разі застосування вимірювального приладу не прямого виміру вимірювальним приладом визначається параметр, який потім у обчислювальному пристрої перетворюється у потрібний параметр – витрату, кількість, тощо.

Прикладами вимірювальних приладів прямого виміру можуть бути спиртові, ртутні термометри, пружинні манометри, ротаційні витратоміри, тощо.

Приладами вимірювальних приладів опосередкованого виміру можуть бути термометри опору, термопари, манометричні термометри, ваттметри або вимірювально-обчислювальний комплекс для виміру витрати рідини або газу в трубах, що складаються з діафрагми, диференційного манометру та обчислювально-показуючого пристрою.

До переліку вимірювальних приладів відносяться: витратоміри, лічильники, амперметри, вольтметри, ваттметри, манометри, термометри, термопари, термометри опору, пірометри, рН-метри, газоаналізатори, густиноміри, вимірювачі рівня, рефрактометри, фотометри, та інш.

Умови застосування, класи точності, робочі діапазони та інші параметри експлуатації вимірювальних приладів відомі вам з дисциплін “Метрологія і стандартизація” та “Теплотехнічні вимірювання та прилади”.

Для проведення ЕА необхідно мати мінімальний комплект засобів вимірювальної техніки, до складу якого входять:

а) для електромеханічних вимірювань:

- тестер (мультиметр) та/або прилади відповідного класу точності для вимірювання струму, напруги, потужності, коефіцієнта потужності;

- аналізатор електричних сигналів (осцилограф або інші, у тому числі комп'ютеризовані прилади);
- обладнання для отримання графіків навантажень технологічного устаткування;
- тахометр, люксметр, секундомір.

б) для вимірювань параметрів теплоти, рідин, повітря, газів:

- газоаналізатор або інше обладнання, що дає можливість аналізувати повноту згоряння палива, а також шкідливі викиди до навколишнього середовища;
- набір термометрів з різними датчиками: повітряними, рідинними (заглибленими), поверхневими (накладними, контактними) тощо;
- манометри, трубка Піто, витратоміри рідин та газів, анемометр, гігрометр, секундомір.

Залежно від специфіки ЕА комплект засобів вимірювальної техніки може бути доповнений такими приладами:

- аналізатором показників якості електроенергії;
- приладом для вимірювання опору електроізоляції;
- приладом для вимірювання опору заземлення;
- мікроомметром для перевірки опору контактів;
- кореляційним визначником місць пошкодження трубопроводів;
- витокопошукачами та детекторами газів;
- тепловізором;
- високотемпературним інфрачервоним термометром (пірометром) з верхньою межею 2000 °С;
- товщиноміром для визначення товщини стінок трубопроводів і резервуарів;
- витратоміром для стоків;
- манометрами і дифманометрами на різні межі вимірювання;
- прилади для вимірювання витоків стисненого повітря в трубопроводах;
- визначником якості води (солеміст, рН);
- динамометрами для вимірювання зусилля і моменту;
- автономними приладами для тривалої реєстрації температури повітря;
- тепловірами для вимірювання теплового потоку;
- устаткуванням для вимірювання інфільтрації повітря в приміщеннях;
- іншими приладами.

Проблемою для аудитора у разі застосування цього методу є підтвердження достовірності одержаного результат вимірів. З різних експлуатаційних причин (механічна поломка, вібрація, окислення, втрата герметичності, тощо) вимірювальний прилад може давати невірні показники.

Виходом із такого становища, тобто одержання достовірного числового значення експлуатаційного параметру енергоносія є застосування розрахункових методів, шляхом т.зв. “перехресної” перевірки параметрів.

У разі неможливості здійснити вимір експлуатаційних параметрів інструментальними методами застосовуються методи визначення їх за методом логічної побудови дій і за допомогою таблиць, діаграм, графічних характеристик та певних розрахунків.

Наприклад:

Поставлена задача – Визначити значення ентальпії потоку гострої пари перед стопорним клапаном парової турбіни.

Для визначення ентальпії можна:

- використати «HS» діаграму стану водяної пари і за визначеними значеннями тиску та температури пари визначити потрібне значення ентальпії;
- використати програмне забезпечення для ПЕОМ і за відомими тиском і температурою пари визначити відповідне значення її ентальпії.

Поставлена задача – Визначити значення температури потоку гострої пари перед стопорним клапаном парової турбіни.

Для визначення температури можна:

- визначити початкової температури пари з парового котла за допомогою вимірювальних приладів, якими оснащений паровий котел;
- потім визначити втрати теплоти у транспортуючому паропроводі (за формулами теплопередачі або формулами нормування втрат теплоти);
- потім визначити зменшення температури за формулою теплового балансу транспортного паропроводу;
- визначити потрібне значення температури як різницю визначених раніше температур.

Поставлена задача – Визначити тиск гострої пари перед стопорним клапаном парової турбіни. Пара надходить від парового котла по ізолюваному паропроводу 219/7 мм довжиною 150 м.

Для визначення температури можна:

- використати встановлений манометр;
- використати систему автоматичного виміру тиску (Первинні, вторинні, показуючі прилади);
- використати розрахунковий метод, який полягає у:
 - визначенні початкового тиску пари з парового котла за допомогою вимірювальних приладів, якими оснащений паровий котел;
 - визначенні втрат тиску у транспортуючому паропроводі (за формулами гідравліки або за номограмами);
 - визначити потрібне значення тиску, як різницю визначених раніше тисків.

Поставлена задача – Визначити витрату циркуляційної води в охолоджувальному контурі ВКУ цукрового заводу. Циркуляційна вода надходить у ВКУ від градирні.

Застосувати можна наступні методи:

- використати встановлений витратомір (лічильник);
- використати систему автоматичного виміру витрати (Первинні, вторинні, показуючі прилади);
- використати розрахунковий метод, який полягає у формуванні теплового балансу ВКУта визначенні з нього потрібної для аудитора витрати.

Зрозуміло, що для цього аудиторі потрібно визначити, використовуючи відповідні методи, числові значення всіх експлуатаційних параметрів, що входять до формули теплового балансу.

Поставлена задача – Визначити електричну потужність, що виробляє турбогенератор.

Для визначення електричної потужності турбогенератора можна застосувати наступні методи:

- використати встановлений на шинах генератора трьохфазний ваттметр;
- використати встановлені лічильники активної потужності на шинах генератора і;
- використати розрахунковий метод, який полягає у визначанні потужності з теплоенергетичного балансу турбоустановки.

Вибір аудитором того, чи іншого методу визначення експлуатаційного параметру залежить від:

- наявності відповідного вимірювального приладу;
- степені довіри аудитора до показників встановлених приладів;
- вимоги дублювання вимірів.

4.3. Метод “перехресної” перевірки експлуатаційних параметрів енергоносіїв об’єкту ЕА

Під час проведення ЕА часто виникає ситуація за якою певну частину енергетичних параметрів аудиторі або не має можливості визначити іструментальними методами, або аудитор не впевнений у істиності показань вимірювальних приладів.

Як було показано в лекції 2, сутність цього методу полягає у застосуванні теплоенергетичних або інших рівнянь, для встановлення достовірності виміру тих або інших параметрів, визначити які інструментальними методами аудиторі не було можливості.

Під час перевірки даних часто виявляються невідповідності, тобто оцінка індивідуального енергоспоживання складових системи не завжди узгоджується із загальним виміряним енергоспоживанням.

Перехрестна перевірка даних сприяє виявленню невідповідності між локальним статтями енергоспоживанням та загальним енергоспоживанням, визначеним безпосередніми вимірами на вході в об’єкт.

Процедура перехресної перевірки зводиться до формування аудитором системи рівнянь, що містять в собі невідомі (не визначені інструментально) параметри, та алгебраїчне визначення їх числових значень з цих рівнянь.

Цей метод дає змогу аудиторі визначити значну кількість експлуатаційних параметрів, інструментальне визначення яких не було можливості визначити.

Проблемою для аудитора у разі потреби його застосувати цей метод є недостатність досвіду складання балансів та формування співвідношень між експлуатаційними параметрами процесів, агрегатів та установок.

Наприклад, під час енергетичного аудиту насосної установки, що експлуатується в системі конденсаторної установки парової турбіни, не було можливості визначити витрату циркуляційного потоку охолоджувальної води – $G_{\text{цирк}}$, т/год.

Визначити величину витрати циркуляційної води можна:

- або за допомогою розв'язання відносно $G_{\text{цирк}}$ рівняння теплового балансу конденсатора, за формулою:

$$G_{\text{цирк}} = Q^{\text{КД}} / [4,2 \cdot (t_2^{\text{КД}} - t_1^{\text{КД}})] \quad (4.5)$$

де:

$Q^{\text{КД}}$ – теплове навантаження конденсатора парової турбіни, Гкал/год;

4,2 – співвідношення кВт і ккал, кВт/ккал;

$t_2^{\text{КД}}$ – температура циркуляційної води на виході з конденсатора, °С;

$t_1^{\text{КД}}$ – температура циркуляційної води на вході в конденсатор, °С;

- або за допомогою рівняння балансового взаємозв'язку механічної потужності та електричної потужності, що споживає насосний агрегат:

$$G_{\text{цирк}} = I \cdot U \cdot 3600 \cdot \eta_{\text{нас}} \cdot \eta_{\text{е.дв}} \cdot 1,73 \cdot \cos(\varphi) / N_{\text{нас}} \cdot 10 \quad (4.6)$$

де:

I – сила електричного струму в токопроводі до електричного двигуна – приводу насосу, А;

U – напруга на клеммах електроприводу насосу, В;

3600 – співвідношення секунда/година;

$\eta_{\text{нас}}$ – експлуатаційний КПД насосу, од;

$\eta_{\text{е.дв}}$ – експлуатаційний електроприводу насосу, од;

1,73 – результат визначення $\sqrt{3}$, од;

$\cos(\varphi)$ – коефіцієнт потужності електричної енергії в системі електроспоживання, од;

$N_{\text{нас}}$ – експлуатаційний напір насосу, м в.д.ст.;

10 – коефіцієнт кореляції, од.

У подібний спосіб можна одержати числові значення і інших теплоенергетичних параметрів енергоносіїв, наприклад, витрати соку по корпусам ВУ, концентрації сиропу по корпусам ВУ, ентальпій та температур теплоносіїв на вході та виході теплообмінників, втрати тиску та температури при транспортування енергоносіїв, тощо.

4.4. Метод виявлення втрат теплової енергії та визначення їх обсягів

Сутність цього методу полягає у виявленні в енерготехнологічній схемі об'єкту аудиту всієї системи потоків теплової енергії, що втрачається в навколишнє середовище, їх термодинамічних характеристик та обсягів.

Загально відомо, що у будь якому виробництві існують потоки теплоти або електроенергії, що виконали свої енерготехнологічні функції з виробництва продукції і втрачаються в навколишнє середовище.

Наприклад, **теплота пари, одержана від ТЕЦ на цукровому заводі**, надійшла в завод, після виконання своїх теплотехнологічних функцій (одержання соку, його нагрівання, випаровування, кристалізацію, сушіння) і повністю втрачається

в навколишнє середовище у вигляді 13-ти потоків. На виході заводу одержано потік охолодженої теплоти у вигляді товарного цукру.

У цифрах це виглядає таким чином:

- завод одержав 60 т/год пари з ентальпією 2240 кДж/кг, тобто одержав 60 Гкал/год теплоти;
- у вигляді теплоти (з холодним цукром 300 т/добу) завод відпустив 0,5 Гкал теплоти.
- решта теплоти у 59,5 Гкал/год заводом втрачена у вигляді пооків конедсату, потоків продуктів, випарів, втрат в навколишнє середовище.

Наприклад, теплота палива, що надійшла в ТЕЦ, оснащену турбоагрегатом з паровою турбіною з протитиском (типу Р-....), виконавши свої енергетичні функції (з вироблення електричної і теплової енергії) у вигляді відпрацьованої пари, втрачається в навколишнє середовище 5-ма напрямками.

Наприклад, теплота палива, що надійшла в КЕС, оснащену турбоагрегатом з паровою турбіною конденсаційного типу (типу К-...), виконавши свої енергетичні функції (вироблення електричної енергії втрачається в навколишнє середовище у вигляді цілого комплексу потоків теплової енергії, в т.ч. з димовими газами котлів та циркуляційною водою конденсатора турбіни.

Практикою проведення енергетичних аудитів вироблена певна класифікація цих втрат теплової енергії в навколишнє середовище.

Теплова енергія може втрачатися:

- за функціональною необхідністю, тобто у відповідності до технологічного регламенту, наприклад, теплота, що відводиться у вигляді теплої води в масло-охолодниках та повітря-охолодниках парової турбіни в атмосферу втрачається за експлуатаційним регламентом (Захист від перегрівання) ;
- з причини порушення експлуатаційного регламенту обладнання та технологічного режиму виробництва;
- з причини зменшення ККД або інших показників енергетичної ефективності в системах, що “реагують” на це зменшення збільшення втрат теплоти в навколишнє середовище (наприклад КЕС, ТЕЦ, цукровий завод).

Мірою наявності втрат енергії в процесі, в агрегаті або в системі є поняття ККД – η , тобто відношення кількості корисного ефекту (ефектів), одержаного в системі до кількості затраченої енергії на функціонування цієї системи.

Першоосновою формули, що визначає числове значення ККД є вираз:

$$\eta = (q_{\text{підвед}} - q_{\text{втрат}}) / q_{\text{підвед}} \quad (4.7)$$

де:

$q_{\text{підвед}}$ – кількість енергії, що підведена до агрегату, установки, виробництва, МВт;

$q_{\text{втрат}}$ – кількість енергії, що втрачена агрегатом, установкою, виробництвом в навколишнє середовище, установки, МВт;

Відомі вам формули для визначення ККД, є предметами розгляду навчальних дисциплін енергетичного напрямку – і є похідними від цієї першооснови.

Наприклад, відома вам формула визначення термічного ККД циклу У. Ренкіна:

$$\eta_t = (i_o - i_{к.а}) / (i_o - i_{конд}) \quad (4.8)$$

є похідною від рівняння (1.4), одержаним шляхом нескладного математичного перетворення і скорочення іднoіменного параметру:

$$\eta_t = (i_o - \cancel{i_{конд}}) - (i_{к.а} - i_{конд}) / (\cancel{i_o} - i_{конд}) \quad (4.9)$$

де:

$(i_o - i_{к.а})$ – теплота, підведена до турбоустановки, кДж/кг;

$(i_{к.а} - i_{конд})$ – теплота, втрачена турбоустановкою, кДж/кг;

Всі потоки втрат теплоти на об'єкті ЕА мають бути визначені аудитором. Нижче, на рис. 4.1, наведена повна система втрат теплової енергії в цукровому заводі.

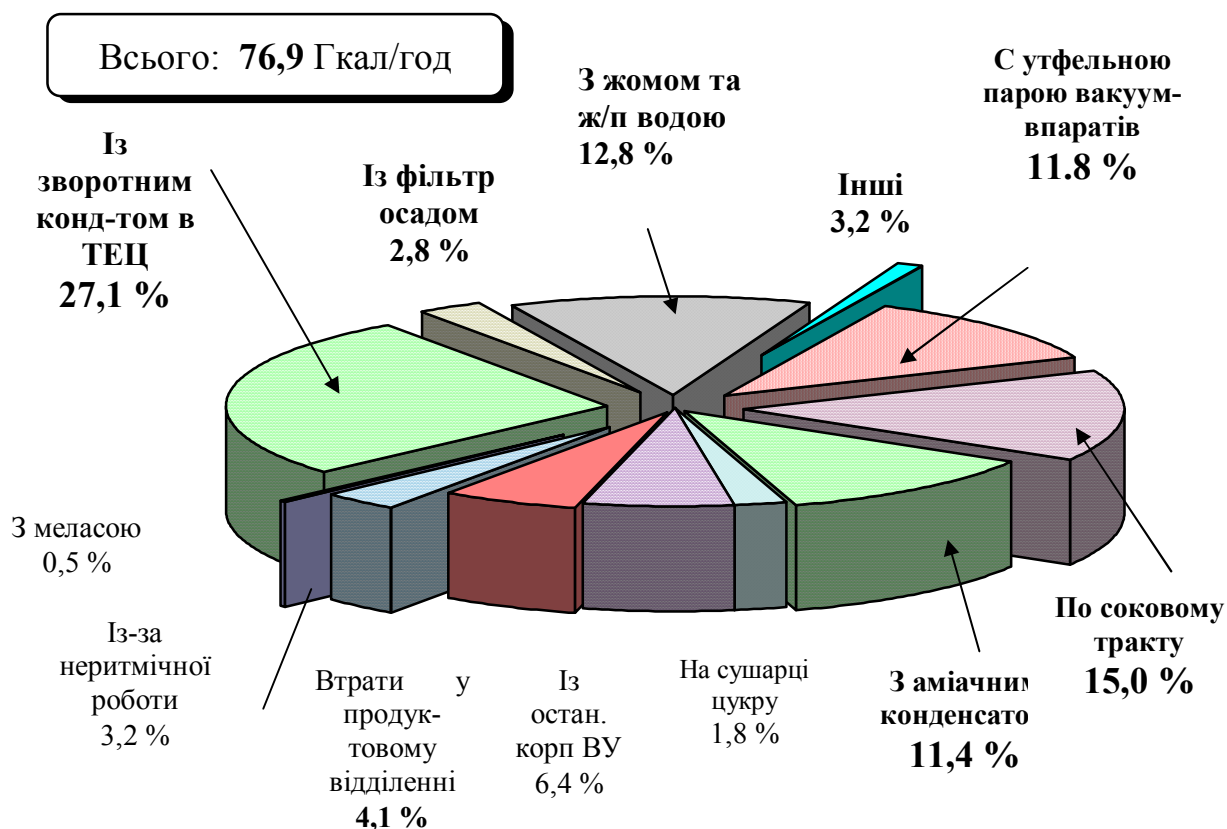


Рис. 4.1. Структура втрат теплоти у тепловій схемі цукрозаводу

Запитання для самоперевірки

1. Викладіть сутність методу порівняння технічних рішень та показників енергетичної ефективності об'єкту енергетичного аудиту з гранично-досяжними.
2. Наведіть перелік визначальних параметрів енергоспоживання промислового підприємства.
3. Наведіть перелік визначальних параметрів енергоспоживання ТЕЦ.
4. Наведіть перелік визначальних параметрів енергоспоживання КЕС.
5. Наведіть існуючі методи визначення експлуатаційних параметрів об'єкту ЕА.

6. Надайте графічне зображення на принциповій технологічній схемі вакуум-конденсаторної установки з градирнею розміщення приладів вимірювання експлуатаційних параметрів (енергозберігаючого напрямлення).
7. Надайте графічне зображення на принциповій технологічній схемі котельної установки розміщення приладів вимірювання експлуатаційних параметрів (енергозберігаючого напрямлення):
8. Надайте графічне зображення на принциповій технологічній схемі випарної установки розміщення приладів вимірювання експлуатаційних параметрів (енергозберігаючого напрямлення).
9. Надайте графічне зображення на принциповій технологічній схемі ТЕЦ з турбіною “Р- ...” розміщення приладів вимірювання експлуатаційних параметрів (енергозберігаючого напрямлення).
10. Викладіть сутність методу “перехресної” перевірки експлуатаційних параметрів енергоносіїв об’єкту ЕА.
11. Викладіть сутність методу виявлення втрат теплової енергії та визначення їх обсягів.
12. Наведіть на технологічній схемі котельної установки перелік потоків енергії, що витрачаються на реалізацію процесів та втрачаються в системі, та визначте обсяги витрат та втрат енергоресурсів.
13. Наведіть на технологічній схемі вакуум-конденсаторної установки перелік потоків енергії, що витрачаються на реалізацію процесів та втрачаються в системі, та визначте обсяги витрат та втрат енергоресурсів:
14. Наведіть на технологічній схемі ТЕЦ з турбіною типу “Р-....” перелік потоків енергії, що витрачаються на реалізацію процесів та втрачаються, та визначте обсяги витрат та втрат енергоресурсів.
15. Наведіть на технологічній схемі КЕС з турбіною типу “К-....” перелік потоків енергії, що витрачаються на реалізацію процесів та втрачаються, та визначте обсяги витрат та втрат енергоресурсів.
16. Наведіть на технологічній схемі цукрового заводу перелік потоків енергії, що витрачаються на реалізацію процесів та втрачаються в системі, та визначте обсяги витрат та втрат енергоресурсів.
17. Наведіть на технологічній схемі холодильної установи перелік потоків енергії, що витрачаються на реалізацію процесів та втрачаються та визначте обсяги витрат та втрат енергоресурсів.

Рекомендована література: [10], [11], [15], [16], [20], [21].

Лекція 5.

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА СУТНІСТЬ МЕТОДІВ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ БАЛАНСІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛАДНАННЯ

План лекції.

- 5.1. Метод складання енергетичних, теплових, матеріальних балансів.
- 5.2. Метод визначення обсягів використання теплоти ВЕР.
- 5.3. Метод використання заводських експлуатаційних характеристик обладнання.
- 5.4. Метод визначення степені завантаження обладнання.
- 5.5. Метод термодинамічного аналізу процесів та циклів.
- 5.6. Метод використання стандартних (ліцензованих) методик.

5.1. Метод складання енергетичних, теплових, матеріальних балансів

Як було наведено в лекції 2 сутність цього методу полягає у формуванні математичних рівнянь матеріальних, теплових, енергетичних балансів тепло-енергетичних та теплотехнологічних процесів, агрегатів, установок, виробництв необхідних для встановлення параметрів енергоносіїв, числові значення яких не були визначені інструментальними методами (вимірами).

Різновидами енергетичних балансів є:

- **Паливно енергетичний баланс**, що пов'язує витрати палива на промислове підприємство, одержану енергію, як вид продукції і втрати енергії;
Прикладом такого рівняння є рівняння енергетичного балансу конденсаційної електричної станції (КЕС):

$$W_{\text{КЕС}} = B_{\text{КЕС}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{КЕС}}^{\text{е}} \quad (5.1)$$

де:

$W_{\text{КЕС}}$ – кількість електричної енергії, відпущеної від КЕС, кВт.год/добу;

$B_{\text{КЕС}}$ – витрата палива в КЕС, т/добу;

$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – нижча теплота згорання палива, кДж/кг;

$\eta_{\text{КЕС}}^{\text{е}}$ – ККД КЕС з відпуску електричної енергії.

- **Паро-конденсатні баланси**, що пов'язують витрати пари і витрати конденсату в системі підприємства;
Прикладом такого рівняння є: пароконденсатний баланс промислового підприємства:

$$D_{\text{ПП}} = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n - \sum G_{\text{втр}} \quad (5.2)$$

де:

$D_{\text{ПП}}$ – кількість пари, що надійшла в промислове підприємство, т/год;

G_1 – кількість конденсату одержаного від 1-го споживача пара, т/год;

G_2 – кількість конденсату одержаного від 2-го споживача пара, т/год;

G_n – кількість конденсату одержаного від n-го споживача пара, т/год;

$\sum D_{\text{втр}}$ – сумарні втрати пари в системі підприємства, т/год;

$\sum G_{\text{втр}}$ – сумарні втрати конденсату в системі підприємства, т/год.

- Електромеханічні баланси, що пов'язують витрати електричної енергії та витрати механічної роботи.

Прикладом такого балансу є співвідношення (3.2) і (4.2.) – електричної енергії, яку споживає насосний агрегат і механічної роботи, яку він виконує, транспортуючи рідину:

$$W_{\text{е.дв}} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = Q_{\text{нас}} \cdot H_{\text{нас}} / (3600 \cdot \eta_{\text{н}}) \rho \cdot g \cdot 10^{-3} \quad (5.3)$$

де:

$W_{\text{е.дв}}$ – електрична потужність, спожита електродвигуном – приводом насосу і передана насосу, кВт(е);

$N_{\text{н}}$ – механічна потужність, спожита насосом і передана потоку переміщеної рідини, кВт(м);

$\sqrt{3}$ – кореляційний коефіцієнт, од;

U – електрична напруга на клеммах електродвигуна, В;

I – сила струму у фазах обмоток електродвигуна, А;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт використання потужності в електричній мережі електродвигуна, од;

$Q_{\text{нас}}$ – фактична подача насосу, м³/год;

$H_{\text{нас}}$ – фактичний напір насосу, м в.ст;

3600 – кореляційний коефіцієнт, с/год;

$\eta_{\text{н}}$ – фактичний експлуатаційний ККД насосу, од;

ρ – густина транспортованого насосом потоку, кг/м³;

g – величина земного прискорення – 9,8 м/с²;

10^{-3} – кореляційний коефіцієнт, од.

Проблемою для аудитора у разі застосування цього методу є володіння знаннями, щодо необхідної кількості відомих і не відомих параметрів для формування балансових рівнянь, та вміння скласти відповідні теплоенергетичні баланси.

За належного опанування навчальних дисциплін “Теплотехнологія харчових виробництв”, “Джерела енергопостачання промислових підприємств”, “Теплові мережі”, “Системи виробництва та розподілу енергоносіїв”, “Тепломасообмінні процеси та установки” та одержання відповідних знання та вмінь, аудитор має змогу сформулювати балансові рівняння будь якої енергетичної установки, що входять до складу об'єкту ЕА.

5.2. Метод визначення обсягів використання теплоти ВЕР

Загально відомо – теплота, втрачається в підприємстві певними потоками (т. зв. скидна теплота), а кожен потік такої теплоти має свій індивідуальний енергетичний потенціал (температуру, тиск, теплоту згорання). У тому разі, коли енергетичний потенціал скидної теплоти може бути (за наявності відповідних технічних рішень) використаний або в цьому підприємстві, або в системі іншого підприємства, такий потік теплоти визначається як вторинний енергоресурс (ВЕР).

Наприклад:

- скидна теплота утфельної пари цукрозаводу може бути використана в тепловій схемі самого цукрозаводу для нагрівання сокового потоку;
- скидна теплота вихлопних газів ГТУ може бути використана як в рамках самої ГТУ (в системі регенеративного підігріву повітря після компресора), так і в іншій системі – в системі опалення житлового масиву;
- скидна теплота вихлопу пари з конденсаційної турбіни може бути використана в іншій системі – в системі теплового насосу.

Як було показано в лекції 2, сутність цього методу полягає у визначенні обсягів теплової енергії ВЕР в тепловій схемі об'єкту ЕА.

Наприклад, на цукровому заводі виявлено наступні потоки теплоти ВЕР із загальним тепловим потенціалом 86,0 МВт (т) або 74,2 Гкал/год, у т.ч.:

- теплота утфельної пари від вакуум-апаратів – 25,2 Гкал/год
- теплота конденсату головних корпусів ВУ – 25,6 Гкал/год
- теплота конденсат останніх корпусів ВУ – 13,3 Гкал/год
- теплота жомопресової води – 6,0 Гкал/год
- теплота випару із апарату 1-ї сатурації – 4,1 Гкал/год

На рис. 5.1. наведено діаграму наявності та використання теплоти ВЕР в цукровому заводі.

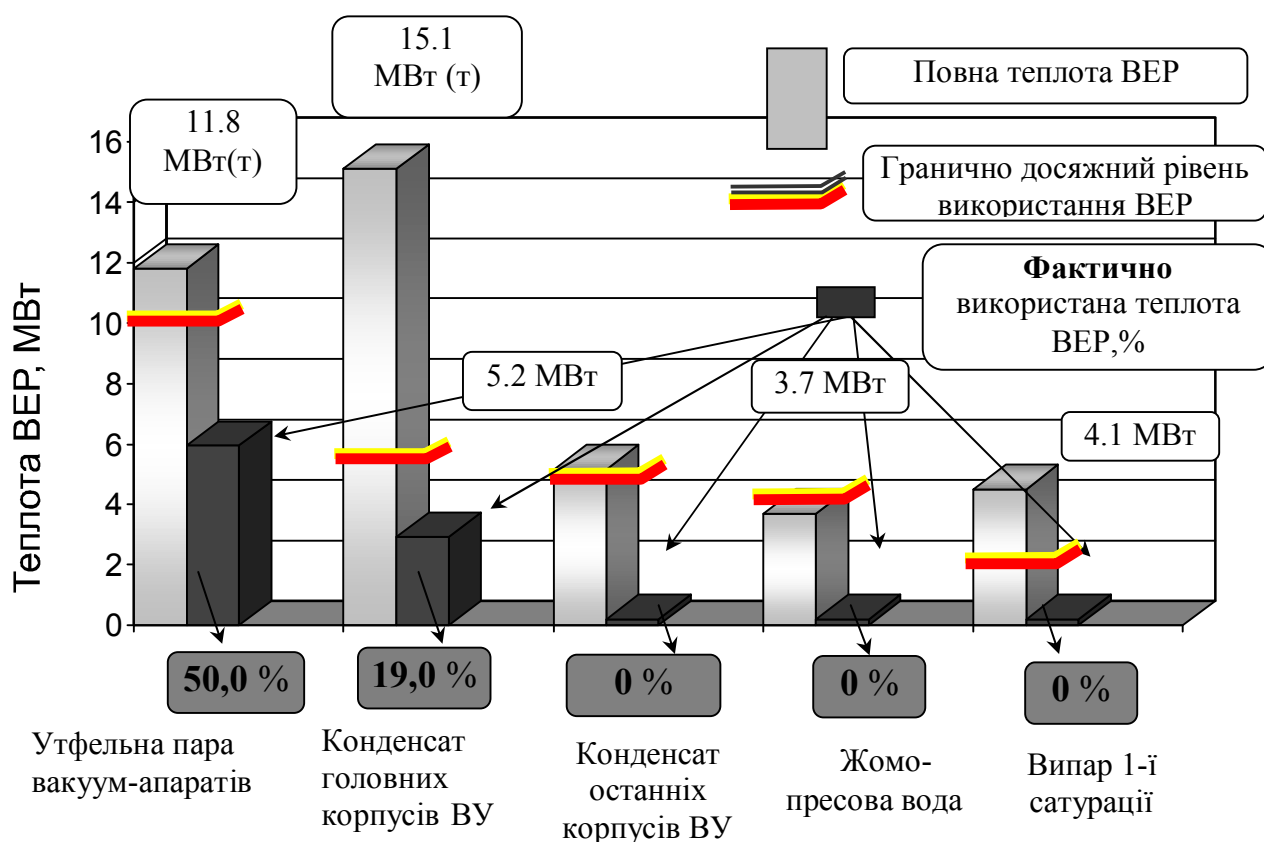


Рис. 5.1. Діаграма наявності та використання теплоти ВЕР в цукровому заводі.

Використання теплоти ВЕР призводить до “витіснення” теплоти первинного енергоносія і до економії палива або теплової енергії у кількості, відповідно, $\Delta B^{\text{ВЕР}}$ і $\Delta Q^{\text{ВЕР}}$, еквівалентних (або дещо менших) за обсяг використаної теплоти ВЕР – $Q_{\text{ВЕР}}$.

Приклад 1.

Паровий котел має потік теплоти у вигляді димових газів (продуктів згорання палива), що функціонально втрачається в атмосферу. Температура димових газів – 130 °С...160 °С. У разі не використання цієї теплоти – вона отримує статус втрат теплоти, а у разі використання цієї теплоти для нагрівання до 45 °С ...50 °С води для господарських потреб підприємства потік цієї теплоти отримує статус ВЕР. Використання цієї теплоти “замістить” еквівалентну витрату палива в котельній, яка раніше нагрівала цю воду для підприємства, що призведе до економії коштів підприємства на енергопостачання, тобто підвищить його економічну ефективність.

Приклад 2.

В експлуатаційній схемі парогенератора функціонує система безперервного продування котлової води для підтримання на регламентному рівні солевий баланс його пароводяного тракту. Температура котлової води 195 °С...250 °С. У разі не використання цієї теплоти – вона отримує статус втрат теплоти, а у разі використання цієї теплоти для нагрівання хімічищеної та деаерованої води, або води для господарських потреб підприємства потік цієї теплоти отримує статус ВЕР. Використання цієї теплоти “замістить” еквівалентну витрату палива в котельній, яка раніше нагрівала цю воду для підприємства, що призведе до економії коштів підприємства на енергопостачання, тобто підвищить його економічну ефективність.

Теорія і практика теплоенергетики засвідчують, що чим більше виявлено потоків теплоти в статусі ВЕР, і чим вища степінь їх використання, тим більша економія палива і тим вище економічний ефект енергозбереження для підприємства.

Шляхом використання ВЕР пройшли, наприклад, всі цукрові заводи промислово розвинених держав (Франції, Данії, Германії), на яких утилізовано 60-70 % теплоти ВЕР.

Проблема для аудитора у разі використання цього методу полягає, у виробленні грамотного підходу до використання теплоти ВЕР у виробництві.

Використання теплоти ВЕР не може розглядатися як однозначно економічно вигідне дійство. Справа у тому, що у корисній справі використання ВЕР аудитор повинен бачити чотири обмеження, що утруднюють їх впровадження і звужують діапазон використання обсягів ВЕР. Нижче, наведено ці обмеження:

- **Перше** обмеження полягає у тому, що температура потоку теплоти ВЕР може бути нижчою за температуру, достатню для передачі теплоти певному продуктовому потоку виробництва, тобто можливого споживачу теплоти ВЕР.

Наприклад, у цукровому заводі температура конденсації потенційного потоку ВЕР – утфельної пари (60 °С, тиск – 0,2 ата) недостатня, із врахуванням необхідного температурного напору (6 °С ...10 °С) в теплообміннику, для нагрівання найхолоднішого продуктового потоку заводу – дифузійного соку, температура якого становить 50 °С.

У подібних випадках використання теплоти ВЕР стає неможливим.

Для розв'язання існуючої проблеми аудитор повинен у матеріалах енергетичного аудиту запропонувати власнику підприємства здійснити певні техніко-технологічні рішення в дифузійному відділенні заводу, реалізація яких призвела б до зменшення температури дифузійного соку до рівня не меншого за 30 °С. Тільки низька температура дифузійного соку дозволить використати виявлену теплоту ВЕР і досягти економії пари, теплоти і палива.

- **Друге** обмеження полягає в тому, що може бути взагалі відсутнім технічне рішення щодо використання конкретного потоку теплоти ВЕР.

Наприклад, у цукровому заводі існують потоки теплоти гарячого (80 °С) відпрацьованого сатураційного газу в суміші з водяною парою та гарячого (70 °С) “сирого” або “відпресованого” жому. А економічно доступні для заводу відповідні технічні рішення для використання цієї теплоти – відсутні.

У подібних випадках використання теплоти ВЕР стає неможливим. Для розв'язання існуючої проблеми аудитор повинен у матеріалах енергетичного аудиту або засвідчити факт фінансової неприйнятності енергоощадного технічного рішення, або запропонувати власнику підприємства виділити більший обсяг коштів, погодившись із збільшеним строком окупності реалізації, закупити та змонтувати потрібне обладнання і реалізувати використання теплоти ВЕР.

- **Третє** обмеження полягає в тому, що виявлений потік ВЕР являє собою обов'язкове відведення теплоти для функціонування іншого об'єкту підприємства або є термодинамічно необхідним функціональним відведенням теплоти.

Наприклад, у цукрозаводі існує технологічна потреба використати 100 % теплоти конденсату одержаної технологічної пари для живлення парових котлів ТЕЦ або котельні, а в КЕС існує термодинамічна потреба відвести теплоту низькотемпературної відпрацьованої пари парової турбіни в навколишнє середовище.

У подібних випадках використання теплоти ВЕР стає також неможливим. У такому разі аудитор повинен у матеріалах енергетичного аудиту засвідчити факт наявності значного потоку теплоти ВЕР, визначити його годинний та добовий обсяг та зазначити факт з відповідним обґрунтуванням неможливості його використання.

- **Четверте** обмеження полягає у частковому взаємо-поглинанні позитивних ефектів використання теплоти ВЕР для складних взаємопов'язаних теплоенергетичних та тепло технологічних систем.

За цих умов тільки певна частина сумарної теплоти всіх виявлених ВЕР може бути використана для енергозбереження в підприємстві – об'єкті енергетичного аудиту. Наприклад, у цукровому заводі використання теплоти ВЕР (утфельної

пари або конденсату) для нагрівання сокового потоку у кількості – $Q_{\text{ВЕР}}$, Гкал/год, може призвести не до зменшення, а навпаки, до збільшення витрати теплоти, а відповідно палива, на виробництво цукру. “Зворотний” ефект використання ВЕР обумовлено наявністю балансового взаємозв’язку між параметрами випарної установки цукрового заводу.

А, наприклад, в КЕС, використання теплоти беззаперечного ВЕР – пари самовипаровування продувальної води парових котлів для нагрівання конденсату в системі регенеративного підігрівання живильної води “буде працювати” на збільшенні витрати палива на вироблення електричної енергії. Такий ефект використання ВЕР обумовлений зменшенням термічного ККД термодинамічного циклу КЕС, внаслідок “витіснення” парою самовипаровування частки відбору на підігрівник живильної води пари з парової турбіни.

В табл. 5.1, наведено наведені фактичні обсяги виявлених потоків ВЕР в цукровому заводі і їх потенційний (гранично-можливий) рівень використання.

Результат одержані за матеріалами проведеного автором енергетичного аудиту цукрового заводу ТОВ “Хоростків Цукор”.

Таблиця 5.1.

Баланс теплоти ВЕР цукрового заводу ТОВ “Хоростків Цукор”.

№	Назва ВЕР	Потенційно існуючий обсяг теплоти, Гкал/год	Фактично використується, %	Спосіб фактичного використання теплоти ВЕР	Проектна можливість використати ВЕР, Гкал/год	Проектне технічне рішення для використання ВЕР
1	Утфельна пара від вакуум-апаратів	25,2	35,1 %	Існує частково. У вигляді нагрівання баром. води у чистому відсіку ВКУ	<u>0,0</u>	Відсутнє ! Завод не має низькотемпературної відкачки соку
2	Конденсат головних корпусів	25,6	10,0 %	Існує частково У вигляді парів самовипаровування	<u>1,36</u>	Додати 3-ю ступінь самовипаровування до 103 °С для конденсату відпрацьованої пари
3	Конденсат останніх корпусів	13,3	0 %	Не існує Теплота втрачається	<u>2,34</u>	Впровадити додатковий підігрівник соку ППД_1 і охолодити конденсат до 75 °С .
4	Жом та жомопресова вода	6,0	0 %	Не існує Теплота втрачається	<u>0</u>	Не планується Для жому - Апробоване технічне рішення відсутнє Для води - Апробоване технічне рішення для використання існує.
5	Сатурційний випар	4,1	0 %	Не існує Теплота втрачається	<u>0,0</u>	Відсутнє апробоване технічне рішення
	Всього	74,2			<u>3,70</u>	

Як свідчать наші розрахунки, завод має реальні резерви використання ВЕР в обсязі, **3,70** Гкал/год, що становить **4,5** % від загальної витрати теплоти на завод.

Проблема для аудитора таких випадках полягає у оволодінні досконалими (не спрощеними) методиками теплоенергетичних розрахунків систем пароспоживання об'єктів аудиту. Потрібно здійснювати повномаштабний розрахунок та формувати ефективний комплекс технічних рішень (основних та компенсуючих) по використанню теплоти ВЕР в схемах теплоспоживання, які мають взаємо пов'язані теплові, термодинамічні та технологічні параметри.

5.3. Метод використання заводських експлуатаційних характеристик обладнання

Як було вказано в лекції 2 сутність цього методу полягає у використанні заводських характеристик обладнання для визначення його параметрів роботи в умовах експлуатації на об'єкті енергетичного аудиту.

Заводські характеристики можуть мати як графічний характер, тобто представлені у вигляді взємопов'язаних лініями експлуатаційних параметрів так і мати вигляд математичних формул.

Характеристики енергоспоживаючого та енергогегеруючого обладнання вже відомими вам з дисципліни “Нагнітачі та теплові двигуни” – це заводські характеристики насосів, вентиляторів, компресорів, двигунів внутрішнього згорання, парових та газових турбін.

5.4. Метод визначення степені завантаження обладнання

Як було показано в лекції 2 сутність цього методу полягає у визначенні за допомогою “заводських” навантажувальних характеристик теплоенергетичного обладнання степені його експлуатаційного завантаження в системах вироблення або споживання ПЕР.

Як засвідчують характеристики, експлуатаційне недонавантаження машини до номінального значення породжують два фактори, а саме:

- з однієї сторони – призводить до абсолютного зменшення споживання ПЕР (кВт.год/год, Гкал/год) у відповідності до балансового взаємозв'язку витрати ПЕР і спожитої потужності, тобто у відповідності до рівняння паливо-енергетичного балансу машини;
- з другої сторони, внаслідок зменшення ККД агрегату, викликає відносне підвищення споживання ПЕР, наприклад, електричної енергії – $\Delta W_{\text{первитр}}$, кВт.год/добу, відносно умов роботи з номінальним ККД агрегату, яке можна розрахувати за формулою:

$$\Delta W_{\text{первитр}} = W_{\text{потр}} / \eta_{\text{недо}} - W_{\text{потр}} / \eta_{\text{ном}} \quad (5.4)$$

де:

$W_{\text{потр}}$ – потреба в електричній потужності, кВт.год/год;

$\eta_{\text{недо}}$ – ККД машини, що працює з недонавантаженням до номінальної потужності, од;

$\eta_{\text{ном}}$ – ККД машини, що працює з навантаженням, що дорівнює номінальному, од;

На прикладі роботи насосного агрегату ситуація виглядає таким чином:

- насос працює в номінальному режимі споживаючи 30,8 кВт електричної потужності, переміщуючи 30,0 м³/год води і розвиваючи напір 20,0 м в.ст. з ККД = 75 %,
- у разі зменшення його навантаження по витраті води з 30 м³/год до 15,0 м³/год, наприклад, внаслідок дросельного регулювання подачі, потужність яку споживає насос зменшилася від 30,8 кВт до 20,8 кВт, а ККД насосу зменшився від 75 % до 60 %.
- таким чином, абсолютне зменшення споживаної потужності становить – 14,2 кВт (30,8 – 15,0 = 14,2);
- але у разі роботи насосу зі зменшеною подачею, але із номінальним ККД (на рівні 70 %) споживана ним потужність становила б 17,0 кВт.

Різниця фактично спожитої потужності та умовної потужності, яку споживав би насос за даних умов експлуатації (недонавантаженням по подачі) з номінальним значенням ККД називають відносною перевитратою потужності.

В практиці енергетичного аудиту загально прийнято кваліфікувати відносну перевитрату як енергетичну недосконалість і у разі її виявлення, сформулювати пропозиції щодо її зменшення або уникнення.

Вирішенням проблеми недонавантаження є :

- або, за наявності коштів, закупівля та заміна існуючого енергетичного агрегату на агрегат з меншою за існуючу номінальною потужністю;
- або здійснення роботи технологічного напрямку (наприклад, збільшення виробничої потужності підприємства), що збільшить експлуатаційне навантаження агрегату .

5.5. Метод термодинамічного аналізу процесів та циклів

Як було показано в лекції 2, сутність цього методу полягає у використанні методів термодинамічного аналізу процесів, циклів, енергетичного обладнання для одержання параметрів енергоносіїв або показників енергетичної ефективності об'єктів ЕА, що реалізують в своїй діяльності термодинамічні процеси.

Як вам відомо, виробничі процеси одержали назву “термодинамічних” тому, що їх параметри можуть бути визначені за допомогою термодинамічних формул та графічних діаграм. Як правило, термодинамічні процеси пов'язані зі зміною агрегатного стану, стисненням та розширенням газоподібних речовин.

Термодинамічний аналіз полягає у використанні формул та діаграм технічної термодинаміки для:

- визначення термодинамічних параметрів енергоносіїв в елементах машин та обладнання;
- визначення термодинамічної ефективності циклів, що знайшли реалізацію на об'єктах ЕА;
- визначення питомих та абсолютних обсягів робіт та потоків теплоти, що присутні на об'єктах ЕА.

Наприклад,

- визначення термодинамічних параметрів парової турбіни здійснюються за діаграмами стану водяної пари та лініями процесів, що відображають закономірності їх реалізації у проточній частині турбіни.
- визначення термічного ККД паросилового циклу на базі парової турбіни з протитиском – η_t^P , од, здійснюються за формулою:

$$\eta_t^P = (i_o - i_{\Pi}) / (i_o - i_{\text{конд}}) \quad (5.5)$$

де:

i_o – ентальпія гстрої пари перед стопорним клапаном турбіни, кДж/кг;

i_{Π} – ентальпія відпрацьованої пари у вихлопному патрубку турбіни, кДж/кг;

$i_{\text{конд}}$ – ентальпія зворотного конденсату відпрацьованої пари, що надходить в систему турбінної установки від підприємства, що використало цю пару, кДж/кг.

- визначення питомої роботи у поршневому компресорі, що стискає повітря, та його експлуатаційних параметрів визначається за відповідною методикою, за допомогою діаграми стану повітря та числового значення індикаторного (адіабатного) ККД компресора та побудови реального процесу стискання;
- визначення питомої величини холоду, одержаного в фреоновій парокомпресорній холодильній установці визначається за відповідною методикою, за допомогою діаграми стану фреону, числового значення індикаторного (адіабатного) ККД компресора та побудови термодинамічного циклу холодильної установки.

5.6. Метод використання стандартних (ліцензованих) методик

Сутність цього методу полягає у використанні для одержання експлуатаційних (або проектних) значень параметрів енергоносіїв та показників енергетичної ефективності виробництв стандартизованих (ліцензованих) в Україні методик термодинамічного, теплоенергетичного, теплотехнологічного розрахунку теплових та технологічних схем об'єктів аудиту.

Загально відомо, що всі експлуатаційні параметри процесів, агрегатів, установок, виробництв мають бути попередньо розраховані перед введенням в експлуатацію обладнання.

Відповідальність з позицій цілісності конструкцій, безпеки праці, енергоефективності перед спеціалістами, що проектують і експлуатують обладнання – величезна (адміністративна, кримінальна). Тому методи розрахунку (визначення) експлуатаційних параметрів в усіх державах контролюються загально-державними і галузевими інспекціями та установами. І визначення енергетичним аудитором будь яких експлуатаційних параметрів, будь якого обладнання має базуватися на використанні стандартизованих (ліцензованих) методик.

Оскільки в Україні робота в напрямку створення стандартизованих методів розрахунку на сьогодні далеко не завершена, то допускається при реалізації цього методу використання опублікованих у відкритих джерелах відповідних методик. Вважається (небезпідставно) що автори таких публікацій наводять науково обґрунтовані та апробовані промисловістю матеріали.

В діяльності енергоаудиторів знайшли використання:

- державні стандарти (ДСТУ) з енергоємності виробництв теплової енергії, електричної енергії, штучного холоду, різних видів промислової продукції – цукру, олії, спирту, тощо;
- методики теплового розрахунку та визначення показників ефективності енергетичних систем та виробництв – ТЕЦ, КЕС, ГТУ, холодильних установок, цукрових заводів, оліє-жирових комбінатів, тощо;
- методики визначення показників економічної ефективності енергозберігаючих заходів;
- методики визначення собівартості енергії (продукції), що містять енергетичну складову;
- методики теплового розрахунку підігрівників, випарних апаратів, конденсаторів, сушильних установок, тощо;
- методика вибору насосів, вентиляторів, компресорів, тощо.

Запитання для самоперевірки

1. Викладіть сутність методу складання енергетичних, теплових, матеріальних балансів.
2. Складіть тепловий та матеріальний баланс вакуум-конденсаторної устани цукрового заводу.
3. Складіть енергетичний баланс ТЕЦ.
4. Складіть енергетичний баланс КЕС.
5. Викладіть сутність методу визначення обсягів використання теплоти ВЕР.
6. Визначіть обсяг теплоти, що міститься в продувальній воді парового котла.
7. Визначіть обсяг теплоти, що міститься в конденсаті грійної пари випарного апару.
8. Викладіть сутність методу використання заводських експлуатаційних характеристик обладнання.
9. Наведіть вигляд заводських характеристик відцентрового насосу, вентилятору, парової турбіни.
10. Викладіть сутність методу визначення степені завантаження обладнання.
11. Визначіть перевитрату потужності у разі експлуатації відцентрового насосу з подачею, що набагато нижча за номінальну.
12. Викладіть сутність методу термодинамічного аналізу процесів та циклів.
13. Здійсніть термодинамічний аналіз джерела енергопостачання за власним вибором.
14. Здійсніть термодинамічний аналіз компресорної установки.
15. Надайте термодинамічне обґрунтування робіт з енергозбереження у системі ТЕЦ з турбіною “Р-...”.
16. Надайте термодинамічне обґрунтування робіт з енергозбереження у системі КЕС з турбіною “К-...”.
17. Надайте термодинамічне обґрунтування робіт з енергозбереження у системі ГТУ.

- 18.. Надайте термодинамічне обґрунтування робіт з енергозбереження у системі ТЕЦ з турбіною “П-...”.
19. Надайте термодинамічне обґрунтування робіт з енергозбереження у системі ТЕЦ з турбіною “Т-...”.
20. Надайте термодинамічне обґрунтування робіт з енергозбереження у системі парокомпресійної холодильної установки.
21. Надайте термодинамічне обґрунтування робіт з енергозбереження у системі парокомпресійного теплового насосу.
22. Викладіть сутність методу використання стандартних (ліцензованих) методик.

Рекомендована література: [1], [2], [7], [10], [11], [21].

Лекція 6.

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА СУТНІСТЬ МЕТОДІВ ВИКОРИСТАННЯ ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

План лекції.

- 6.1. Метод використання навчальних методик.
- 6.2. Метод використання раціональних апробованих технічних рішень
- 6.3. Метод визначення когенераційного потенціалу об'єкту ЕА.
- 6.4. Метод усереднення показників та експлуатаційних параметрів і вибору визначального числового значення
- 6.5. Метод поетапного визначення результатів енергетичного аудиту.

6.1. Метод використання навчальних методик

Сутність цього методу полягає у використанні для одержання експлуатаційних (або проектних) значень параметрів енергоносіїв та показників енергетичної ефективності виробництв методик термодинамічного, теплоенергетичного, теплотехнологічного розрахунку теплових та технологічних схем об'єктів аудиту, які є продуктом наукової, інженерної діяльності фахівців з теплоенергетики, викладачів ВНЗ, тощо і які не мають державного визнання.

6.2. Метод використання раціональних апробованих технічних рішень

Сутність цього методу полягає у використанні при реалізації технічних рішень, передбачених аудиторським планом реконструкції та удосконалення виробництва або підприємства ефективних, апробованих в промисловості технічних рішень.

База таких рішень формується аудитором на основі вивчення власного досвіду експлуатації, досвіду експлуатації партнерів, інформації з технічних звітів промислових підприємств, пусконаладжувальних організацій, рекламних проспектів фірм – виробників обладнання та надання послуг в напрямі енергозбереження.

6.3. Метод визначення когенераційного потенціалу об'єкту ЕА

Сутність цього методу полягає у визначенні числового значення когенераційного потенціалу промислового підприємства – $\theta_{\text{пп}}$, МВт(т) / МВт(е), об'єкту енергетичного аудиту і формуванні пропозицій щодо доцільності створення для його енергозабезпечення (теплова енергія + електрична енергія) когенераційної енергетичної установки (наприклад, ТЕЦ) на базі відомих енергоустановок.

Як відомо, впровадження когенераційних установок забезпечує для підприємств:

- або фінансову вигоду за рахунок економії палива у разі використання теплоти скидної теплоти власних енергетичних установок;
- або фінансову вигоду, за рахунок вироблення власної електричної енергії на базі власних енергетичних установок.

Когенераційний потенціал підприємства – $\theta_{пп}$, визначається за формулою:

$$\theta_{пп} = Q_{пп} / W_{пп} \quad (6.1)$$

де

$Q_{пп}$ - споживання теплової енергії підприємством, МВт(т). Визначається або нормування або рівнем фактичного використання.

$W_{пп}$ - споживання електричної енергії підприємством, МВт(е). Визначається або нормування або рівнем фактичного використання.

Когенераційний потенціал джерела енергопостачання (енергоустановки) -

$$\theta_{ey} = Q_{відп} / W_{відп} \quad (6.2)$$

де:

$Q_{відп}$ - тепла енергія, що відпускається від джерела енергопостачання (від енергоустановки) для зовнішнього споживання, МВт(т);

Визначається як різниця між виробленою енергією $Q_{вир}$ та часткою енергії, що споживається в системі власних потреб $Q_{вл.п}$ джерела. Визначається за формулою:

$$Q_{відп} = Q_{вир} - Q_{вл.п} \quad (6.3)$$

$W_{відп}$ - електрична енергія, що відпускається від джерела енергопостачання для зовнішнього споживання, МВт(е).

Визначається як різниця між виробленою енергією $W_{вир}$ та часткою енергії, що споживається «на себе»: в системі власних потреб $W_{вл.п}$. за формулою:

$$W_{відп} = W_{вир} - W_{вл.п} \quad (6.4)$$

Реальними і економічно обґрунтованими для впровадження енергетичними установками вважаються:

- турбоагрегати на базі парових турбін;
- турбоагрегати на базі газових турбін;
- газомоторні та дизельні генератори;

Для одержання максимального економічного ефекту когенераційний потенціал енергетичної установки повинен бути меншим за потенціал підприємства у відповідності до співвідношення:

$$\theta_{ey} < \theta_{пп} \quad (6.5)$$

Тільки в цьому випадку когенераційні можливості енергоустановки будуть на 100 % використані підприємством.

В протилежному випадку - когенераційні можливості енергоустановки будуть використані тільки частково.

6.4. Метод усереднення показників та експлуатаційних параметрів і вибору визначального числового значення

Сутність цього методу полягає у виборі вірного, що відповідає експлуатаційним закономірностям зміни величин параметрів, усереднення визначених інст-

рументальними методами параметрів енергоносіїв та параметрів роботи енергетичного обладнання. Як правило, енергоспоживання агрегатів, установок та виробництв не є сталим у часі.

В практиці ЕА використовують усередненні числові значення параметрів. Для матеріальних та теплових балансів, та визначення показників ефективності слід застосовувати середні за годину значення параметрів. Для економічних розрахунків слід використовувати середні за місяць та середньо-річні значення параметрів енергоспоживання.

6.5. Метод поетапного визначення результатів енергетичного аудиту

Як було вказано в матеріалах лекції 2, сутність цього методу полягає у виборі ефективної послідовності дій (тобто, методології) проведення енергетичного аудиту, яка гарантуватиме повноту обсягу одержаної інформації і результативність аудиторської роботи.

Для проведення ЕА пропонується здійснити 13 етапів аудиторської роботи, сформованих на базі досвіду, одержаного автором лекційного курсу під час проведення аудитів на підприємства країн СНД.

1-й етап – Сформувати систему макропоказників енергоспоживання об'єкту аудиту вихідних даних.

2-й етап – Викреслити енерготехнологічну схему об'єкту аудиту.

3-й етап – Визначити за звітними матеріалами об'єкту (див. 1-й етап) питомі показники енергоспоживання існуючої системи споживання ПЕР та енергетичну складову “заводської” собівартості (загальну собівартість).

4-й етап – Визначити підприємство – базу наближення за показниками енергоємності виробництва для об'єкту аудиту.

5-й етап – Визначити вузли енергетичної недосконалості (ВЕН) в існуючій системі споживання ПЕР об'єкту ЕА, що обумовлюють завищену енергоємність виробництва відносно кращих показників галузі.

6-й етап – Використати стандартну (або розроблену власними силами та узгоджену із Замовником) методику теплового та енергетичного розрахунку об'єкту ЕА та визначити за нею фактичні експлуатаційні параметри та фактичні показники ефективності і у відповідності до базових вихідних даних.

7-й етап – Сформувати у вигляді поетапного плану загальний перелік енергоощадних технічних рішень та послідовність їх впровадження, що пропонуються для ліквідації елементів енергетичної недосконалості на об'єкті аудиту відповідно до технічних та фінансових можливостей Замовника.

8-й етап – Визначити проектно-очікувані параметри енергоносіїв, макропоказники та питомі показники споживання ПЕР, що будуть поетапно одержані підприємством в результаті реалізації плану впровадження енергоощадних рішень.

9-й етап – Визначити поетапні очікувані показники економічної ефективності запропонованого комплексу технічних рішень.

10-й етап – Здійснити комплектацію основного енергогенеруючого та енергоспоживаючого обладнання, потрібного для реалізації рекомендацій ЕА.

11-й етап – Здійснити шефнагляд за виконання робіт з впровадження енергоощадних рішень та пусконаладжувальні роботи на об'єкті ЕА.

12-й етап – Здійснити балансові дослідження реконструйованої системи споживання ПЕР і довести ефективність реалізованих технічних рішень.

13-й етап – Представлення результатів енергетичного аудиту.

Запитання для самоперевірки

1. Сформулюйте умови використання навчально-методичних методик для розрахунку систем вироблення та енергоспоживання ПЕР.
2. Сформулюйте методику визначення експлуатаційних параметрів насосної установки.
3. Сформулюйте методику визначення експлуатаційних параметрів вакуум-конденсаторної установки з конденсатором змішування.
4. Сформулюйте методику визначення експлуатаційних параметрів вакуум-конденсаторної установки з поверхневим конденсатором.
5. Сформулюйте методику визначення експлуатаційних параметрів деаераційно-живильної установки парової котельні.
6. Визначте сутність методу використання раціональних апробованих технічних рішень.
7. Наведіть приклади раціональних технічних рішень в системі парової котельні.
8. Наведіть приклади раціональних технічних рішень в ГТУ.
9. Наведіть приклади раціональних технічних рішень в системі вакуум-конденсаторної установки цукрового заводу.
10. Наведіть приклади раціональних технічних рішень в системі власних потреб ТЕЦ промислового підприємства.
11. Визначіть когенераційний потенціал об'єкту ЕА та первинної енергоустановки за власним вибором.
12. Сформулюйте умову ефективного реалізації когенераційної установки в системі промислового підприємства.
13. Наведіть перелік етапів енергетичного аудиту.
14. Сформулюйте сутність кількох етапів енергетичного аудиту за власним вибором.

Рекомендована література: [10], [11], [18], [20], [21].

Лекція 7

МЕТОДОЛОГІЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПІДГОТОВЧИХ ЕТАПІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

План лекції.

- 7.1. Етап 1. Формування бази вихідних даних для ЕА.
- 7.2. Етап 2. Формування принципової енерготехнологічної схеми об'єкту ЕА.
- 7.3. Етап 3. Визначення показників енергетичної ефективності об'єкту ЕА.
- 7.4. Етап 4. Визначення бази наближення для об'єкту ЕА.
- 7.5. Етап 5. Визначення вузлів енергетичної недосконалості об'єкту ЕА.
- 7.6. Етап 6. Формування методик теплоенергетичного розрахунку об'єкту ЕА.

Нижче, наведено послідовний розгляд етапів енергетичного аудиту аудиту з необхідними коментарями та поясненнями.

7.1. Етап 1. Формування бази вихідних даних для ЕА

Система базових вихідних даних для ЕА об'єкту повинна містити п'ять груп інформації, а саме:

1. перелік видів енергії, що споживає об'єкт ЕА;
2. перелік джерел енергопостачання об'єкту ЕА;
3. щогодинні, щодобові, щомісячні обсяги споживання палива, теплової енергії, електричної енергії, штучного холоду сформовані в таблиці (для зручності використання даних) та діаграми (для візуалізації даних);
4. щодобові значення теплових та технологічних параметрів
5. звітні показники ефективності енергоспоживання;
6. нормативні показники ефективності енергоспоживання.

Одержання вказаної інформації може бути здійснено:

- силами аудиторської групи з використанням існуючих на об'єкті стаціонарно встановлених приладів виміру з використанням (або без використання) власних (мобільних) засобів вимірювання;
- шляхом вивчення аудиторською групою оперативних журналів обліку числових значень параметрів енергоносіїв та їх витрат на об'єкті аудиту (за умови їх наявності та довіри до інформації, що містяться в цих журналах);
- шляхом комбінації власних вимірів та використання інформації журналів обліку.

Тривалість одержання інформації може складати три-чотири доби, в залежності від обсягу параметрів, ритмічності роботи підприємства, ресурсів аудиторської групи. В результаті попередніх аудиторських досліджень мають бути встановлені **шість** груп цифрової аудиторської інформації, а саме:

- **перша група** – набір фактичних експлуатаційних термодинамічних параметрів (температур, тисків, ентальпій) продуктових потоків (соків, сиропів, напівпродуктів, тощо) і потоків енергоносіїв (палива, пари, конденсату, повітря, продуктів згорання, дренажів, продувок);

- **друга група** – система витрат продуктивних потоків і потоків енергоносіїв. Взаємопов’язаність їх, для гарантії достовірності вимірних значень, має бути перевірена аудиторською групою системою рівнянь теплового і матеріального балансів кожного “локального” об’єкту;
- **третя група** – система експлуатаційних, регламентних, номінальних параметрів енергоспоживаючого обладнання – насосів, вентиляторів компресорів, парових котлів, парових/газових турбін, теплообмінників;
- **четверта група** – система геометричних розмірів трубопроводів для подачі до споживачів природного газу, мазуту, пари, води, конденсату, повітря, продуктивних потоків що визначають енергетичні витрати на їх транспортування і можуть становити інтерес;
- **п’ята група** – система показників енергетичної ефективності системи енергоспоживання об’єкту. Загально прийнятою системою показників ефективності споживання ПЕР є система ККД і система питомих витрат ПЕР на вироблення продукції.
- **шоста група** – система фінансово-економічних показників – вартість палива, електроенергії, теплової енергії, собівартість виробленої продукції та складові собівартості, в т.ч. енергетичної складової собівартості продукції.

Вказані вище параметри та величини витрат є необхідними для наступних етапів аудиту, в т.ч. для формування матеріальних, теплових і енергетичних балансів об’єкту в цілому та його окремих енерготехнологічних систем.

Наприклад, для цукрового заводу – об’єктом аудиту є енерготехнологічний комплекс “Завод-ТЕЦ”, а його складовими системами є: вакуум-конденсаторна установка, система підігрівників сокового потоку, продуктове відділення, система збору конденсату, випарна установка.

Як правило, в аудиторській роботі, орієнтованій на оперативне удосконалення виробництва, використовуються середньогодинні та середньодобові значення параметрів, а в роботі, орієнтованій на подальшу реконструкцію об’єкту – середньомісячні та річні.

До заводської документальної інформації належить:

- форми статистичної звітності підприємства (форми 1-ТЕП, 4-МТП, 6-ТП, 11-МТП, 23-Н Мінстату України);
- проектна документація на енергогосподарство об’єкта, що споживає ПЕР;
- енергетичний паспорт об’єкту, що споживає ПЕР.

7.2. Етап 2. Формування принципової енерготехнологічної схеми об’єкту ЕА

Викреслити енерготехнологічну схему об’єкту аудиту. Нанести на неї:

- тепло технологічне обладнання,
- всі трубопроводи з вказаними діаметрами,
- запірну та регулювальну арматуру,
- контрольно-вимірювальні прилади
- експлуатаційні параметри енергоносіїв та за наявності технологічного процесу – продуктивних потоків

Аудитору для цього потрібно:

- мати досконалі знання зі структурної схеми підприємства;
- розуміти функціональний взаємозв'язок між тепло технологічним обладнанням;
- знати перелік параметрів, що контролюється та регулюється існуючою системою контрольно-вимірювальних приладів;
- мати практичні навички з представлення у прийнятному для Замовника вигляді принципів енерготехнологічних схем та діаграм.

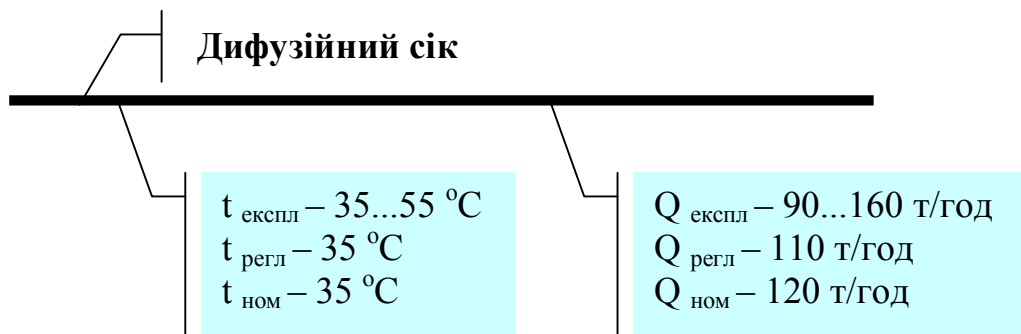
Викреслена аудитором принципова енерготехнологічна схема забезпечує візуалізацію взаємодії продуктових потоків технологічної схеми підприємства і потоків енергоносіїв, що суттєво полегшує сприйняття Замовником висновків і майбутніх пропозицій енергетичного аудиту.

Схема, для нескладних систем енергопостачання може містити всі потоки і обладнання, розміщені на одному аркуші.

Для об'єктів із складною системою енергоспоживання доцільно використовувати комбіноване представлення, а саме, з однією принциповою схемою енергопостачання об'єкту і кількома локальними схемами, на яких представлені схеми енергоспоживання окремих технологічних відділень або цехів. Наприклад, для цукрового заводу локальними відділеннями можуть бути дифузійне відділення, продуктове відділення, випарна установка, тощо.

Схеми оснащуються таблицями з експлуатаційними, регламентними та номінальними параметрів потоків на всіх ділянках системи енергоспоживання, та щогодинними витратами енергоносіїв.

За зразком,



Інформація для цих таблиць одержується або із власного (аудиторського) обстеження об'єкту або, за умови довіри, з експлуатаційних журналів відповідних цехів та відділень об'єкту аудиту, або з відповідей на надіслані опросні листи.

Наприклад, для об'єкту аудиту – парової котельні:

- витрата газу – з журналів обліку природного газу вузла обліку газу;
- витрата пари – з оперативних журналів машиністів парових котлів котельного відділення;
- витрата електроенергії – з оперативних журналів електроцеху котельні;
- витрата води – з оперативних журналів відділення ХВО.

7.3. Етап 3. Визначення фактичних показників енергетичної ефективності об'єкту ЕА

Визначення фактичних показників енергетичної ефективності споживання або генерації ПЕР виконується аудиторською групою за визначеними на етапі 2 експлуатаційними параметрами та відомими формулами визначення ККД та питомих витрат енергоресурсів на вироблення продукції. У разі не співпадіння розрахункови та звітних “заводських” показників слід провести їх взаємоузгодження або обґрунтований висновок щодо невідповідності “заводських” звітних показників – розрахунковим (аудиторським).

7.4. Етап 4. Визначення бази наближення для об'єкту ЕА

Визначення бази наближення є необхідною складовою методології ЕА. Цей вибір ще на початку аудиторської роботи орієнтує на реалізацію найефективніших технічних рішень з енергозбереження. Орієнтація на оптимально вибрану базу наближення дозволить надалі сформулювати прийнятну для Замовника з позицій обсягу булівельно-монтажних робіт і граничного обсягу фінансових затрат систему технічних рішень, що мають реальну перспективу впровадження.

Базами наближення можуть бути (у загально-науковому розумінні):

- **ідеалізована (т.зв. теоретична) межа енергетичної ефективності.** Прикладом ідеалізованої енергоефективності для конденсаційної ТЕС може розглядатися ККД циклу С. Карно, а для насосного агрегату – $\eta_{\text{насосу}}=100\%$
- **кращі досягнення підприємств розвинених країн.** Прикладом граничної ефективності енергоспоживання європейських цукрових заводів є питома витрати у 122,0 Мкал/т буряку;
- **кращі досягнення в енергозбереженні вітчизняних підприємств.** Прикладом енергоощадності кращого вітчизняного цукрового заводу є питома витрата природного газу 28,0 м³/т буряку;
- **об'єктивно досяжний, узгоджений із Замовником рівень енергоспоживання.** Прикладом такого є питома витрата газу у 32,0 м³/т буряку.

Слід мати на увазі, що вибір європейського підприємства з його “захмарни” для України показниками ефективності, як бази наближення, не буде сприяти реалізації ваших аудиторських рекомендацій. Замовника може “зупинити” величезний обсяг капіталовкладень і будівельно-монтажних робіт.

Вибір бази спорідненого вітчизняного підприємства з високоефективною організацією виробництва, що дають можливість вийти на ринок продукції з її низькою енергетичною складовою собівартості, буде схвально сприйняте Замовником. І аудитор отримає шанс реалізувати рекомендації свого аудиту.

Джерелами інформації у виборі бази наближення можуть бути: навчальні матеріали ВНЗ, підручники, матеріали виставок, науково-технічних конференцій, стандарти енергоємності, проспекти фірм, що пропонують свої послуги в сфері енергозбереження, інформаційний ресурс Інтернету.

За визначеною аудитором різницею фактичних та гранично досяжних показників ефективності енергоспоживання Замовник отримає інформацію про резерви економії ПЕР на об'єкті і зможе об'єктивно оцінити пропозиції аудиту і свої кроки в напрямку енергозбереження.

7.5. Етап. 5. Визначення вузлів енергетичної недосконалості об'єкту ЕА

Для визначення вузлів енергетичної недосконалості (ВЕН) в існуючій системі споживання ПЕР об'єкту ЕА, що обумовлюють завищену енергоемність його виробництва аудитор належить:

- досконало знати технічні рішення, реалізовані на об'єкті ЕА, що призводять до перевитрати або втрати енергії;
- числові значення параметрів та витрат енергоносіїв, що перевитрачаються (втрачаються).

Відомо, що ВЕН являють собою технічні рішення, притаманні теплотехнологічній або енергетичній системі, функціонування якого обумовлює перевитрату енергоносія відносно загально визнаного енергоощадного технічного рішення.

Енергетичні недосконалості можуть бути простими, системними та системно-процесними.

Простими ВЕН є не складні за своєю технічною сутністю технічні рішення явища, які обумовлюють такі втрати та перевитрати теплоти, виявлення яких та визначення їх обсягу не становить розумових та технічних труднощів. Прикладами простих ВЕН можуть бути:

- наявність втрат теплової енергії через неізольовану поверхню трубопроводів або обладнання;
- наявність втрат енергоносіїв через нещільність елементів трубопровідних систем;
- наявність втрат енергоносіїв через продувальні або дренажні трубопроводи.

Системні ВЕН є складними за своєю сутністю технічні рішення притаманні агрегатам, установкам, виробництвам промислової теплоенергетики. Їх виявлення базуються на певній системі інженерних знань аудитора з:

- технології виробництва;
- термодинаміки процесів;
- законів теплопередачі;
- конструкцій машин та агрегатів;
- режимів експлуатації машин (номінальні / не номінальні);
- правил компонування машин в системі енерговикористання.

Співставляючи фактичні експлуатаційні параметри конкретної установки з параметрами, що має база наближення аудитор робить висновок, що існуюча система її енергоспоживання є енергозатратно. А маючи в своєму розпорядженні певну базу даних (схем, параметрів, технічних рішень, конструкцій), реалізація яких гарантують енергоощадність установки аудитор формує перелік відмінностей, які і розглядаються як вузли енергетичної недосконалості установки –

ВЕН. Кількість виявлених ВЕН на об'єкті ЕА може бути від одного до вісімнадцяти відповідно складності структури об'єкту ЕА.

Наприклад дифузійна установка цукрового заводу може налічувати до п'яти ВЕН, цукровий завод – до 18 ВЕН.

Відомо, що вузлами енергетичної недосконалості є технічні рішення, притаманні тепло-технологічній або енергетичній системі, функціонування якого обумовлює перевитрату енергоносія відносно загально визнаного енергоощадного технічного рішення.

Енергетичні недосконалості можуть бути простими, системними та термодинамічними.

Простими ВЕН є не складні за своєю технічною сутністю технічні рішення, які обумовлюють такі втрати та перевитрати теплоти, виявлення яких та визначення їх обсягу не становить розумових та технічних труднощів. Прикладами простих ВЕН можуть бути:

- наявність втрат теплової енергії через неізольовану поверхню трубопроводів або обладнання;
- наявність втрат енергоносіїв через нещільність елементів трубопровідних систем;
- наявність втрат енергоносіїв через продувальні або дренажні трубопроводи.

Системно-процесні ВЕН - базуються на певній системі інженерних знань і потребують значного обсягу знань з технології виробництва, термодинаміки процесів, конструкцій машин, режимів експлуатації машин (номінальні / не номінальні), правил компонування машин в системі енерговикористання, законів теплопередачі.

Розглянемо приклад системно ВЕН на прикладі дифузійної установки цукрового заводу. Дифузійна установка має наступні експлуатаційні параметри:

- відкачку соку – 130 % до маси буряку;
- температуру соку на виході з дифузії – 47 °С;
- обігрів ізолюючих камер дифузійного апарату здійснюється вторинною парою 2-го корпусу ВУ;
- конденсат грійної пари відводиться на аміачний ящик;
- склад живильної води – виключно барометрична вода, підігріта до 68 °С.

Для оцінки теплової схеми дифузійної на предмет визначення системних ВЕН потрібно знати, що теплоенергетикою цукрового виробництва визначено 5-ть експлуатаційних факторів, що визначають її енергоощадність, тобто її “внесок” у мінімізацію витрати пари на завод, а саме:

- **1-й фактор** – використання в якості живильної води максимально можливої, до 45 %мб, кількості стерилізованої жомопресової води та до 50 %мб деамонізованого, охолодженого до 68 °С конденсату останніх корпусів ВУ. Деамонізація конденсату потрібна за умови вмісту в ньому аміаку вище 50 мг/л.
- **2-й фактор** – використання для підтримання регламентної температури процесу виключно вторинної пари 3-го корпусу ВУ та поверненням конденсату в систему конденсатного господарства ВУ.

- **3-й фактор** – спроможність дифузії “видавати” сік з температурою не вище **30 °С**, що гарантує можливість використання утфельної пари для наступного нагрівання соку перед прогресивним переддефекатором.
- **4-й фактор** – спроможність дифузії “тримати” низьку відкачку соку за умови допустимих, **0,25...0,30 %мб**, втратах цукру в жомі. Енергоощадлива відкачка соку становить **115...120 %мб**.
- **5-й фактор** – спроможність системи автоматизації дифузії “тримати” регламентне співвідношення “стружка-вода”, забезпечуючи низьку відкачку соку та регламентні втрати цукру в жомі.

Таким чином, співставляючи фактичні параметри експлуатації дифузійної установки з факторами енергоощадності, робимо висновок, що існуюча система її енергоспоживання є **енергозатратно**, оскільки характеризується наявністю п’яти ВЕН, а саме:

- відкачка соку становить 130 %, тобто вище енергоощадного рівня 120 % до маси буряку;
- температуру соку на виході з дифузії – 47 °С, тобто вище енергоощадного рівня 30 °С;
- обігрів ізолюючих камер дифузійного апарату здійснюється вторинною парою 2-го корпусу ВУ, а не 3-го корпусу;
- конденсат грійної пари відводиться на аміачний ящик, не в систему конденсатного господарства заводу;
- склад живильної води – виключно барометрична вода, а не суміш її з деамонізованим конденсатом та жомопресовою водою.

Термодинамічні ВЕН – пов’язані з недосконалістю термодинамічних процесів або циклів, розуміння яких базується на опануванні певних термодинамічних понять, а саме: понять про термодинамічні цикли, понять про термодинамічні процеси (дроселювання, стискання, розширення, пароутворення, перегрівання, конденсація), понять про ККД (абсолютні, термічні, відносні, електричні, теплові), понять про питомі витрати теплоти, палива, електроенергії на вироблення теплоти, холоду, електроенергії.

Слід мати на увазі, що наявність термодинамічних недоліків в схемах об’єктів ЕА обумовлюють найсуттєвіші втрати енергії в навколишнє середовище, і, відповідно високий рівень енергоємності продукції.

Ознаками термодинамічних недоліків є:

- низькі початкові параметри (p_0 , t_0) гострої пари перед паровими турбінами;
- високий тиск або мале розрідження (p_k) у вихлопному патрубку парової турбіни;
- мала або відсутня степінь регенерації теплоти в теплових схемах ГТУ, КЕС.
- висока температура охолодження циркуляційної води в градирнях систем оборотного водопостачання;
- тощо.

Складність у виявленні термодинамічних ВЕН полягає:

- у складності розуміння термодинамічних процесів– в схемах теплових насосів, в схемах КЕС, ТЕЦ, ГТУ, в холодильних установках, в установках кондиціонування, в когенераційних системах.
- у громіздкості методик визначення кінцевого ефекту реалізації раціональних енерготехнологічних систем, що використовують термодинамічні процеси.

Слід відзначити, що визначення ВЕН – носить в значній мірі суб'єктивний характер. Для одного аудитора – застосування мінеральної вати (з $\lambda = 0,22$ Вт/м.К) для ізоляції поверхні є недосконалість, а для іншого застосування шамоту (з $\lambda = 0,44$ Вт/м.К) є недосконалість. Але накопичений досвід аудиторських робіт дозволяє сформулювати загальноприйняті підходи до визначення ВЕН.

Загально визнана система ВЕН включає в себе:

1. Недостатні термодинамічні параметрів енергоносіїв. Такі ВЕН зменшують ККД перетворення теплової енергії в роботу і призводять до перевитрати палива, та збільшують втрати енергії.
2. Недовикористання ВЕР.
3. Функціональні втрати теплоти.
4. Марнотратні втрати теплоти.
5. Експлуатаційне недонавантаження обладнання відносно номінального режиму роботи.
6. Неритмічність роботи підприємства.
7. Проектні помилки.
8. Експлуатаційні помилки.
9. Фізично та морально застарілі технічні рішення.

Методологія визначення ВЕН полягає у порівнянні існуючих на об'єкті аудиту параметрів енергоносіїв, або технічних рішень з базою ефективних параметрів та технічних рішень, яка є в розпорядженні аудиторів.

Інформаційною базою для виявлення ВЕН можуть бути: інформаційний ресурс Інтернету, матеріали власних досліджень та спостережень, інформаційний ресурс навчальних матеріалів, науково-технічних виставок, публікацій.

Кожен виявлений ВЕН у об'єкта аудиту має характеризуватися, як мінімум, за п'ятьма характеристиками, а саме:

- мати чітко і однозначно сформульовану назву, яка унеможливить двозначне його трактування при подальшому використанні;
- супроводжуватися вичерпним поясненням технічної сутності ВЕН, що обумовлює завищену енергозатратність;
- супроводжуватися розрахунком перевитрати палива, пари, теплоти, електроенергії, тиску відповідно кожного ВЕН;
- супроводжуватися вказівкою щодо можливості / не можливості його усунення;
- супроводжуватися інформацією про наявність одного/кількох технічних рішень з його ліквідації.

Приклад термодинамічного ВЕН розглянемо на існуванні незбалансованості споживання електро- та теплової енергії в системі “ТЕЦ-Цукровий завод, оснащеної турбоагрегатом на базі парової турбіни з протитиском.

Розгляд цієї проблеми потребує аналізу специфічних показників роботи заводу і турбоустановки, які ми вважаємо за потрібне навести нижче, а саме:

- d_o^{TY} , –питома витрата гострої пари на вироблення 1 кВт.год, кг.пари/ кВт.год;
- $e_{техн}$ – питома витрата електроенергії на перероблення буряку, кВт.год/т бур;
- $q_{техн}$ – питома витрата теплової енергії на перероблення буряку, Мкал/т бур;
- η_{oi}^{TY} – ККД проточної частини парової турбіни, %.

Несприятливий для енергоспоживання збіг вказаних вище експлуатаційних факторів, а саме:

- низькі параметри гострої пари ;
- низькі ККД проточної частини турбін,
- занадто високе електроспоживання заводу ($e_{техн} > 36,0$ кВт.год/т бур.),

що формують високу потребу у пропуску пари через турбіну для вироблення потрібної електричної потужності ($d_o^{TY} > 9,6$ кг.пари/ кВт.год), наближає завод до появи проблеми незбалансованості тепло- та електроспоживання.

Негативним наслідком цієї проблеми є **неминуча втрата зекономленої на заводі пари** у вигляді вихлопу частини відпрацьованої пари турбіни у вигляді його вихлопу в атмосферу у **разі початку робіт з економії пари на завод.**

Наприклад, питоме споживання теплової енергії цукрозаводом у вигляді пари від турбіни і від РОУ становить 293,8 Мкал/т бур, а питомого електро-споживання заводу- 43,0 кВт/т бур.

За такого співвідношення проблеми для заводу не існує. Пропуск пари, який є гарантією відсутності небалансу енергоспоживання, через РОУ становить – 5,3 т/год.

Примітка:

Наявність пропуску не менше 6.1 т/год пари через РОУ – є ознакою нормальної збалансованості тепло- та електроспоживання цукрового заводу і не викликає перевитрати енергоресурсів.

Але за умови очікуваного зменшення потреби пари в заводі (очікується економія пари в заводі) проблема виникне. Пропуск пари на завод через РОУ стане відсутнім. Виникне постійний вихлоп пари з вихлопного патрубку парових турбін в атмосферу.

Нижче, в табл. 7.1 визначені граничні співвідношення величин - d_o^{TY} , $e_{техн}$, та $q_{техн}$, що визначають межу, за якою зменшувати витрату пари на завод потрібно тільки разом із зменшенням електричного навантаження на турбогенераторів.

Для уникнення цієї проблеми незбалансованості необхідно розпочати роботи по зменшенню електроспоживання заводу від 43,0 кВт.год/т бур до 32-34 кВт. год/т бур.

Таблиця 7.1.

**Таблиця граничних показників споживання енергоресурсів для
турбогенератора цукрового заводу**
(нижче яких змешувати його, не супроводжуючи зменшенням
електроспоживання, не можна)

Фактична на 2004 р. середньовагова питома витрата пари на турбіни d^{ty}_0 , кг/кВт.год	Проектні та фактична (43,0) питома витрата ел/енергії на завод - $e_{техн}$, кВт.год/т бур			
	30	34	38	43
	Питома витрата теплоти на завод - $q_{техн}$, Мкал/т бур			
11,5	213	241	270	305

Для цукрозаводу ця межа вже пройдена !! Оскільки $e_{техн} = 43,0$ кВт.год/т а $d^{ty}_0 = 11,5$ кг /кВт.год, то гранична межа теплоспоживання становить - $q_{гран} = 305$ Мкал/т
А завод фактично має $q_{гран} = 293,5$ Мкал/т, (див. Додаток 2, 3) тобто вже нижче
граничного !! І виробничий персонал вже спостерігає за картиною періодичного
вихлопу.

Системно-процесні ВЕН обумовлені моральною застарілістю процесів або систем, що використовуються, і можливість їх заміни має і економічне обґрунтування і технічну можливість, наприклад:

- систему охолодження конвекцію можна замінити системою випарувального охолодження;
- систему сушіння гарячим повітрям можна замінити системою сушіння інфрачервоним випромінюванням;
- батарейне опалення, можна замінити системою газового випромінювання,
- енергопостачання від котельні та РЕС можна замінити системою комбінованого вироблення теплової та електричної енергії в ТЕЦ;
- газове опалення можна замінити системою опаленням на базі трансформаторів теплоти;
- барометричну воду для живлення дифузійних установок цукрових заводів можна замінити сумішшю жом пресової води та деамонізованого конденсату;
- кожухотрубі та секційні підігрівники сокового потоку можна замінити пластинчастими;
- випарні апарати з природною циркуляцією доцільно замінити довоготрубними плівковими;
- тощо.

Задача аудитора, у разі виявлення таких недосконалостей запропонувати в звіті з ЕА нові, енергоощадні технічні рішення, з реалізації процесів, довести

відповідними розрахунками їх енергетичні та економічні переваги та визначати проектно-очікуване зменшення обсягів споживання ПЕР.

Важливе значення для результативності ЕА, а результативністю ЕА – є рішення про одержання фінансування реалізації аудиторських пропозицій, є форма подачі виявлених ВЕН в аудиторському звіті.

Формою подачі ВЕН може бути звичайний текстовий перелік ВЕН, або перелік, сформований у вигляді таблиці, або графічне зображення принципової схеми об'єкту, на якому ВЕН обводиться пронумерованим колом яскравого кольору, різного для кожного виду ВЕН.

Форма визначається аудитором. Подача інформації по кожному ВЕН має вразити Замовника і спонукати його до включення технічного рішення з ліквідації їх в першочерговий план реконструкції ваших аудиторських пропозицій.

7.6. Етап 6. Формування методик теплоенергетичного розрахунку об'єкту ЕА

Метою теплоенергетичного розрахунку системи енергоспоживання об'єкту ЕА є визначення витрат та параметрів енергоносіїв та показників ефективності енергоспоживання. Загально прийнято, що розрахунки енергетичних та теплотехнологічних схем об'єктів ЕА здійснюються за відповідними галузевими нормативними методиками.

Протягом навчання в НУХТ студентами опрацьовувались наступні методики:

- методика теплового розрахунку парових котлів;
- методика теплового розрахунку парових та водогрійних котелень;
- методики теплового розрахунку теплообмінників;
- методика розрахунку насосних установок;
- методики теплового розрахунку ТЕЦ з турбінами типу “Р-...” та “П-...”;
- методика теплового розрахунку цукрового заводу;
- методика розподілу палива в ТЕЦ.

Деякі з вищевказаних методик мають статус “нормативних”, а деякі – статус “навчально-методичних”. У разі відсутності доступу у аудитора до нормативних методик, допускається, за узгодженням із Замовником, використання методик, навчально-методичного та іншого походження.

Але слід мати на увазі, що проектно-очікувані результати впровадження “аудиторських” рішень, визначені за “саморобними” методиками, не можуть бути використані для опублікування у відкритих джерелах інформації.

При виконання цього етапу ЕА потрібно досягти за рахунок корекції методик повного співпадіння розрахункових і фактичних параметрів по витратах палива, теплоти, електроенергії, та якісних показників технології виробництва – температур, тисків, концентрацій. Це потрібно для одержання упевненості у аудитора та Замовника у тому, що одержані розрахунковим методом за використаною методикою майбутні (енергоощадні) проектно-розрахункові експлуатаційні параметри та показники також будуть достовірними і можуть бути покладені в основу розрахунків визначення економічної ефективності проекту. Як відомо, економічні розрахунки проекту реконструкції є основою для виділення коштів для капіталовкладень у його реалізацію.

За умови досягнення співпадіння результатів з фактичними параметрами енергоспоживання об'єкту в звіті про ЕА потрібно акцентувати увагу Замовника на цьому.

Запитання для самоперевірки.

1. Сформулюйте методологію реалізації етапу формування бази вихідних даних для ЕА.
2. Сформулюйте методологію реалізації етапу формування принципової енерготехнологічної схеми об'єкту ЕА.
3. Сформулюйте методологію реалізації етапу визначення показників енергетичної ефективності об'єкту ЕА.
4. Сформулюйте методологію реалізації етапу визначення бази наближення для об'єкту ЕА.
5. Сформулюйте методологію реалізації етапу визначення вузлів енергетичної недосконалості енерготехнологічної схеми об'єкту ЕА.
6. Сформулюйте методологію реалізації етапу формування методик розрахунку теплоенергетичного розрахунку енерготехнологічної схеми об'єкту аудиту.

Рекомендована література: [10], [11], [15 – 17], [21].

Лекція 8

МЕТОДОЛОГІЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАВЕРШАЛЬНИХ ЕТАПІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

План лекції.

- 8.1. Етап 7. Формування системи енергоощадних технічних рішень об'єкту ЕА.
- 8.2. Етап 8. Визначення очікуваних параметрів енергоносіїв об'єкту ЕА у разі реалізації рекомендацій ЕА.
- 8.3. Етап 9. Визначення очікуваних економічних показників об'єкту ЕА у разі реалізації рекомендацій ЕА.
- 8.4. Етап 10. Комплектація основного енергоспоживаючого (енергогенеруючого) обладнання об'єкту ЕА.
- 8.5. Етап 11. Шефнагляд за виконанням робіт з реалізації рекомендацій ЕА.
- 8.6. Етап 12. Балансові дослідження системи споживання ПЕР об'єкту ЕА у разі реалізації рекомендацій ЕА..
- 8.7. Етап 13. Представлення результатів ЕА.

8.1. Етап 7. Формування системи енергоощадних технічних рішень для об'єкту ЕА

Цей етапу ЕА має стратегічно важливе значення для всієї аудиторської роботи тому, що належить до розряду техніко-політичних.

На цьому етапі аудитор має сформувавши стратегію енергозбереження на підприємстві, окресливши першочергові, найефективніші рішення та другорядні, які “нестимуть” скромніші обсяги економії ПЕР з урахуванням технічних та фінансових можливостей Замовника.

В загальному сенсі енергоспоживання, промислове підприємство може споживати або кожен вид паливно-енергетичних ресурсів (паливо, теплову енергію, електричну енергію) – окремо, або разом у будь-якій комбінації.

На цьому етапі аудитору потрібно визначатися в тому, який енергоресурс, або комбінацію яких видів ПЕР буде заощаджено в системі енергоспоживання.

Вибір повинен базуватися на користь того виду ПЕР, що має найвищий рівень споживання. Саме зменшення споживання такого виду ПЕР забезпечить суттєвий економічний ефект аудиторських рекомендацій. Наприклад,

- у разі формування аудиторських рекомендацій для цукрового заводу пріоритет має бути відданий зменшенню споживання теплової енергії, тому що тепла енергія в структурі енергоспоживання цукрового заводу займає 90 %, а електроенергія – лише 10 %;
- у разі формування аудиторських рекомендацій для системи власних потреб водогрійної котельні пріоритет має бути відданий зменшенню споживання електричної енергії, тому що електрична енергія в структурі енергоспоживання системи власних потреб займає 95 %, а тепла енергія – лише 5 %.
- у разі формування аудиторських рекомендацій для вапняково-обпалювального відділення цукрового заводу пріоритет має бути відданий зменшенню споживання палива (вугільного коксу, або антрациту), тому що паливо в

структурі енергоспоживання вапнякової печі займає 90 %, а електрична енергія – лише 5 %.

Цілком допустимо формувати мету енергетичного аудиту у всіх напрямках економії ПЕР, не втрачаючи пріоритети енергозбереження.

Повномасштабна система енергоощадних технічних рішень має бути сформована, виходячи з ліквідації максимумального числа виявлених ВЕН.

Енергоощадними рішеннями зі зменшення споживання електричної енергії можуть бути:

- збільшення $\cos \phi$ в електричних мережах;
- зменшення витрати потоку, що перекачується;
- зменшення перепаду тисків, що “долає” той або інший нагнітач
- відмова від електроприводу і перехід на паровий привід того або іншого нагнітача;
- заміна типорозміру привода до відповідності “номінал – факт”;
- відмова від дросельного (або байпасного) регулювання подачі насосів і перехід на їх тиристорне або частотне регулювання.

Енергоощадними рішеннями зі зменшення споживання теплової енергії можуть бути:

- технічні рішення з удосконалення технології виробництва у напрямку зменшення витрат продуктових потоків, що підлягають нагріванню, та зменшення рівня температур теплового оброблення;
- ізолювання поверхонь технологічного обладнання та трубопроводів;
- технічні рішення з підвищення ККД термодинамічних циклів;
- тощо.

8.2. Етап 8. Визначення очікуваних параметрів енергоносіїв об’єкту ЕА у разі реалізації рекомендацій ЕА

Виконання цього етапу робіт здійснюється за методиками, сформованими на етапі 6. Числові значення та технічні рішення, за якими буде проведено проектний розрахунок і визначені очікувані параметри енергоносіїв повинні відповідати прийнятим на етапі 7 до впровадження рекомендаціям енергетичного аудиту.

8.3. Етап 9. Визначення очікуваних економічних показників об’єкту ЕА у разі реалізації рекомендацій ЕА

На цьому етапі розрахунковому визначенню підлягають фінансові показники реконструкції та показники економічної ефективності по етапного впровадження у відповідності до рекомендацій ЕА такі, як: обсяг капіталовкладень, обсяг коштів на демонтаж обладнання, що виводиться з експлуатації, обсяг коштів на експлуатаційні витрати, обсяг коштів на закупівлю палива, теплової та електричної енергії, обсяг амортизаційних витрат, прибуток, строк окупності капіталовкладень, собівартість продукції.

Показники економічної ефективності визначаються галузевими методиками, затвердженими галузевими адміністративними структурами у відповідності до умов фінансування.

Умовами фінансування робіт з енергозбереження можуть бути:

- фінансування власними обіговими коштами підприємства з власного банківського рахунку;
- фінансування за кошти лізингових компаній, як вітчизняних, так і закордонних, яким урядом дозволено вести цю діяльність;
- фінансування за кошти позичок вітчизняних або закордонних банків, яким урядом дозволено вести цю діяльність;
- фінансування за кошти державних або закордонних грантів;
- фінансування у комбінований спосіб.

Слід мати на увазі, що методики визначення економічної ефективності за різних умов фінансування не ідентичні.

Як виключення, за узгодженням із Замовником, аудиторам можуть бути використані підручники та розробки навчально-методичного походження.

8.4. Етап 10. Комплектація основного енергоспоживаючого (енергогенеруючого) обладнання об'єкту ЕА

На цьому етапі ЕА аудитор повинен здійснити нагляд за закупівлею типорозмірів обладнання, у відповідності до проекту та надати необхідні консультації у разі його вимушеної заміни.

8.5. Етап 11. Шефнагляд за виконанням робіт з реалізації рекомендацій ЕА

На цьому етапі ЕА аудитор повинен здійснити:

- шефнагляд за монтажем та ув'язкою нового обладнання з обладнанням, що залишилося в експлуатації.
- доведення роботи реконструйованої системи до проектного регламенту;
- розроблення інструкцій з експлуатації реконструйованої системи енергоспоживання.

Шефнагляд за виконанням монтажних робіт потрібен для того, щоб унеможливити відхилення від проектних рішень. Відхилення можуть бути обумовлені різними причинами, в т.ч. за відсутністю необхідного обладнання та матеріалів.

Слід пам'ятати, що відхилення від проектних рішень призведуть до зменшення енергетичного і економічного ефектів. Відхилення від проектних рішень можуть бути допущені тільки у разі переконливого обґрунтування.

Відхилення від проекту документується відповідним протоколом або актом, в якому вказується технічна сутність відхилення і визначені аудитором очікувані зміни у результатах проекту.

Пусконалагоджувальні роботи необхідні для доведення експлуатаційного режиму реконструйованої системи енергоспоживання до регламентного (проектно-розрахункового) рівня.

Необхідність цих робіт може обумовлюватися: вимогою Замовника, відповідальністю аудитора, значною новизною впроваджуваних технічних рішень, потребою аудитора одержати експлуатаційні дані в перехідних (пускових) режимах або потребою аудитора засвідчитись у відсутності “прихованих” недоліків в реалізованих проектних рішеннях.

Розроблення інструкції з експлуатації реконструйованої схеми енергоспоживання об'єкту ЕА є необхідним документом ЕА. Необхідність в її розробленні обумовлена вимогою додержання регламентних параметрів і допусків їх відхилення під час експлуатації оперативним персоналом.

8.6. Етап 12. Балансові дослідження системи споживання ПЕР об'єкту ЕА у разі реалізації рекомендацій ЕА

Балансові випробовування реконструйованих систем енергоспоживання є необхідною складовою частиною ЕА. Призначення їх полягає в доведенні на практиці ефективності проектних технічних рішень, визначених ЕА, і одержанні стійкого ефекту зменшення обсягів споживання, або питомих витрат ПЕР на вироблення продукції.

Балансові випробовування здійснюються за затвердженими відповідними органами з енергозбереження програмами і методиками (ПМ). Самодіяльні випробовування реконструйованих систем енергоспоживання не забороняються, але допускаються за рішенням дирекції підприємств. У цьому разі аудитором має бути розроблена відповідна ПМ, яка узгоджується, як мінімум, із Замовником, а, як максимум, із профільною науково-дослідною установою.

Особливістю захисту результатів впровадження рекомендацій ЕА в реальних виробничих умовах є те, що ефект енергозбереження, може бути одержаний в результаті взаємодії цілого ряду реалізованих технічних рушень, як аудиторського переліку, так і інших, виконаних одночасно.

У цьому разі робота аудитора суттєво ускладнюється. Для цього потрібно досконало володіти методиками виділення із загальної економії енергоресурсів, яке одержало підприємство, результат реалізації саме технічних рішень ЕА.

Виконання цього етапу ЕА має включати в себе створення аудитором математичної моделі об'єкту, яка б дозволяла “виділити” в загальному ефекті вплив тільки рекомендацій ЕА. Наприклад, в цукровому заводі одночасно здійснювалися роботи за двома напрямками:

- за технологічним напрямом – зі зменшення надходження води в соковий потік заводу (впроваджено сучасну станцію фільтрації соку);
- за напрямом енергозбереження – з підвищення ефективності системи паровідборів випарної установки;

Обидві групи робіт призводять до ефекту енергозбереження, тобто до зменшення витрати пари на виробництво. І завод, реалізувавши обидві групи робіт, одержав зменшення витрати пари на завод у певній кількості.

Аудитором була створена методику розрахунку теплотехнологічної схеми цукрового заводу, яка дозволила розрахунковим методом:

- одержати економію пари у разі реалізації обох груп робіт, підтверджену реальним результатом – $\Delta D_{\Sigma} = 11,0$ т/год, т/год;
- одержати економію пари у разі реалізації тільки “аудиторського” переліку робіт – $\Delta D_A = 7,0$ т/год;
- одержати прогнозну економію пари у разі реалізації тільки “технологічного” переліку робіт – $\Delta D_T = 4,0$ т/год.

Розподіл економічного ефекту між різноплановими роботами здійснюється, за узгодженням зацікавлених сторін, пропорційно, а саме – доля теплотехнічних робіт – 0,64 ($7,0/11 = 0,64$), а доля технологічних робіт – 0,36 ($4,0/11 = 0,36$).

Цей етап ЕА має бути закінчений оформленням протоколу або акту, які засвідчать результати впровадження результатів рекомендацій ЕА.

8.7. Етап 13. Представлення результатів ЕА

Як було вказано в лекції 2, представлення результатів аудиту має полягати у виборі найефективніших способів представлення (із застосуванням графіків, діаграм, таблиць) результатів енергетичного аудиту, що будуть гарантувати доступність розуміння проблем, які потрібно вирішити на об’єкті господарювання і формувати переконання у реальності запропонованих технічних рішень і одержаного економічного ефекту.

Як правило, результати енергетичного аудиту представляються Замовнику у формі друкованого текстового звіту та можуть дублюватися презентацією за допомогою мультимедіа засобів.

Презентація є достатньо регламентованою процедурою і у стислому “слухово-візуальному” вигляді представляє результати проведення ЕА керівництву об’єкту, що споживає ПЕР та персоналу, що відповідає за ефективність використання ПЕР на об’єкті, що споживає ПЕР.

Під час проведення презентації ЕА для активізації роботи і створення умов ефективного сприйняття інформації учасникам слухань може бути розданий т.зв. “роздатковий” матеріал.

Результати проведення ЕА надаються у вигляді резюме обсягом не більше трьох сторінок.

Презентація повинна складатися з двох основних частин:

- результати аналізу стану споживання ПЕР на об’єкті, що споживає ПЕР;
- перелік запропонованих енергоощадних заходів, результати їх техніко-економічного оцінюванню та оцінюванню їх впливу на довкілля.

Результати аналізу стану споживання ПЕР на об’єкті, що споживає ПЕР подаються у вигляді стислої характеристики об’єкта, що споживає ПЕР щодо ефективності використання ПЕР з обов’язковим наведенням:

- величини втрат ПЕР;
- балансу споживання ПЕР об’єктом, що споживає ПЕР;
- балансу витрат коштів на ПЕР;

- основних напрямків економії ПЕР на об'єкті, що споживає ПЕР;
- орієнтовної величини технологічно доступного потенціалу енергоощадності у натуральному та грошовому еквіваленті по запропонованим енергоощадним заходам.

Перелік запропонованих енергоощадних заходів подається у вигляді стисло-го опису кожного з енергоощадних заходів відповідно до пріоритетності їх впровадження. Для кожного з енергоощадних заходів під час презентації не обхідно наводити:

- опис сутності енергоощадного заходу;
- обсяг капіталовкладень необхідних для впровадження;
- орієнтовної величини технологічно доступного потенціалу енергоощадності у натуральному та грошовому еквіваленті;
- простий термін окупності.

Презентація повинна закінчуватися підсумком роботи та переліком енергоощадних заходів, сформованим відповідно до порядку доцільності їх впровадження.

Під час презентації бажано використовувати засоби мультимедії та комп'ютерної техніки.

Структура звіту з ЕА в принципі не регламентується – вона є в значній степені довільною і визначається можливостями Виконавця, а також загальноприйнятими вимогами.

Слід брати до уваги вимоги Замовника, який зазвичай не є фахівцем-енергетиком, і якому не цікаві формули, обґрунтування, термодинамічні аналізи тощо.

Доцільно скласти звіт з енергетичного аудиту з двох частин:

1-ша частина – “Резюме”, що має містити три складових, а саме: результати аналізу існуючого стану споживання ПЕР об'єктом аудиту з обґрунтуванням необхідності реалізації енергозберігаючих рішень (пропозицій аудитора), перелік конкретних рекомендації щодо удосконалення системи споживання ПЕР з переліком реконструйованого та нового обладнання, проектно-очікувані результати проектно-очікуваної економії ПЕР та економічного обґрунтування робіт з енергозбереження.

2-га частина – “Повний звіт”, що містить текст резюме та повномасштабні матеріали для аналізу фахівцями-теплотехніками, які працюють на підприємстві Замовника. Звіт має містити опис технології, опис теплотехнічної схеми, опис джерел енергопостачання, паспорт підприємства, дані про використання ПЕР за попередні роки і т.д.

На сьогодні структурами Національної агенції з ефективного використання енергоресурсів (НАЕР) та Інспекції розроблено рекомендовану структуру тексту звіту з аудиторської перевірки, яка наведена нижче.

Звіт за результатами проведення ЕА готує енергоаудиторська група. При цьому кожний енергоаудитор подає звіт про стан тих об'єктів ЕА, на яких він проводив ЕА. Звіт підписують усі члени енергоаудиторської групи і затверджує керівник. Звіт з ЕА повинен містити такі частини:

- а) загальну частину, що складається з титульної сторінки, списку Виконавців, реферату, змісту, переліку умовних позначень, символів, скорочень та термінів, передмови,
- б) основну частину, що складається з вступу, опису об'єкту, що споживає ПЕР; плану проведення ЕА; аналізу стану споживання ПЕР; аналіз стану СЕМ об'єкта, що споживає ПЕР; переліку енергоощадних заходів на об'єкті, що споживає ПЕР; оцінку економічної ефективності енергоощадних заходів; джерела фінансування енергоощадних заходів; результатів та висновків; переліку використаних джерел інформації;
- в) додатки.

У розділі «Вступ» наводять:

- обґрунтування проведення ЕА;
- інформація про те, чи є він частиною загальнодержавної, регіональної чи місцевої програми з енергозбереження;
- джерела фінансування проведення ЕА;
- наявність звітів з попередніх ЕА на об'єкті, що споживає ПЕР;
- відповідальні особи за проведення ЕА;
- інформація про субпідрядників;
- терміни проведення ЕА тощо.

У розділі «Опис об'єкта, що споживає ПЕР» наводять:

- коротку історичну довідку про об'єкт, що споживає ПЕР;
- основні виробництва об'єкта, що споживає ПЕР;
- енерго-технологічну схему процесу виробництва;
- опис будівель,
- тощо.

У розділі «План проведення ЕА» наводять:

- перелік запланованих енергоаудиторських робіт (конкретні об'єкти і суть енергетичного обстеження), терміни їх виконання та відповідальних виконавців робіт як з боку Виконавця, так і з боку Замовника;
- відомості стосовно збирання інформації (для інформації, отриманої шляхом вимірювань, вказується доцільність та обсяг проведення вимірювань, вимірювальне обладнання, що застосовувалось, терміни вимірювань).

У розділі «Аналіз стану споживання ПЕР» наводять інформацію, як про об'єкт, що споживає ПЕР в цілому, так і про окремі енергоємні підрозділи. До неї належить:

- енерго-технологічна схема виробництва;
- динаміка споживання ПЕР за минулі терміни часу;
- величина фінансових витрат за споживані ПЕР;
- величина потенціалу енергозбереження;
- паливно-енергетичні баланси;
- питомі витрати ПЕР;
- карти споживання ПЕР тощо.

Доцільно розробити і навести в аудиторському звіті:

- графічну діаграму із структурою **витрат ПЕР** за видами обладнання та видами продукції, що випускається (кВт, Гкал/год, т/год);
- графічну діаграму структури **втрат ПЕР** в енергетичній системі підприємства та обчислені складові цієї структури.

У розділі «Аналіз стану енергетичного менеджменту об'єкту, наводять пропозиції стосовно впровадження чи вдосконалення діяльності служби існуючого / не існуючого енергетичного менеджменту.

У розділі «Енергоощадні заходи на об'єкті, що споживає ПЕР» наводять перелік та опис запропонованих заходів. На основі запропонованих заходів може бути розроблена програма енергозбереження об'єкта, що споживає ПЕР. Програма енергозбереження розробляється окремим документом і може бути включена у розділ звіту «Додатки».

У розділі «Оцінення економічної ефективності енергоощадних заходів» наводять:

- результати проектного аналізу енергоощадних заходів;
- пріоритетність впровадження енергоощадних заходів тощо.

У розділі «Джерела фінансування енергоощадних заходів» наводять перелік можливих джерел фінансування енергоощадних заходів.

У розділі «Результати та висновки» наводять:

- основні джерела нераціонального використання ПЕР;
- перелік чинників, які впливають на ефективність використання ПЕР;
- стислі результати проведення ЕА та висновки тощо.

У розділі «Перелік використаних джерел» наводять літературні та інші джерела інформації, що використовувались під час проведення ЕА і складання звіту.

У розділі «Додатки» може бути наведено додаткову інформацію, отриману за період проведення ЕА (наприклад, перелік результатів вимірювань, тощо).

Замовник має одержати уявлення про складність структури енергоспоживання та про найвагоміші складові енергоспоживання його підприємства.

Запитання для самоперевірки

1. Сформулюйте методологію реалізації етапу формування системи енергоощадних технічних рішень для об'єкту ЕА.
2. Сформулюйте методологію реалізації етапу визначення проектно-очікуваних параметрів енергоносіїв енергоощадного об'єкту ЕА.
3. Сформулюйте методологію реалізації етапу визначення фінансово економічних показників експлуатації енергоощадного об'єкту ЕА.
4. Сформулюйте методологію реалізації етапу балансових досліджень реконструйованої системи споживання ПЕР об'єкту ЕА.
5. Сформулюйте методологію реалізації етапу представлення результатів енергетичного аудиту.

Рекомендована література: [10], [11], [17], [21].

Список рекомендованої літератури

1. Енергобаланс промислового підприємства. Загальні положення. Терміни та визначення: ДСТУ 2804-94.– [Введ. в дію 02.06. 1994].– К.: Держспоживстандарт України, 2005.- 33 с.
2. Енергозбереження. Паливно-енергетичні баланси промислових підприємств. Методика побудови та аналізу: ДСТУ 4714-2007.– [Введ. в дію 01.01. 2007].– К.: Держспоживстандарт України, 2007.- 43 с.
3. Енергозбереження. Методика визначення повної енергоємності продукції, робіт та послуг: ДСТУ 3682-98.– [Введ. в дію 16.08. 2005].– К.: Держспоживстандарт України, 2007.- 43 с.
4. Енергозбереження. Номенклатура показників енергоефективності та порядок їхнього внесення у нормативну документацію: ДСТУ 3755-98.– [Введ. в дію 12.04. 1998].– К.: Держспоживстандарт України, 1998.- 43 с.
5. Енергоощадність. Методика аналізу та розрахування питомих витрат енергоресурсів: ДСТУ 4110-2002.– [Введ. в дію 10.05. 2002].– К.: Держспоживстандарт України, 2002.- 43 с.
6. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження: ДСТУ 2155-93.– [Введ. в дію 11.05. 1993].– К.: Держстандарт України, 1993.- 43 с.
7. Методики по визначенню нормативних показників питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у цукровій промисловості. – К.: Цукор України, 2004.- 144 с.
8. Основи теплотехнології цукрового виробництва : навч. посіб. з грифом МОН України Прядко М.О.Павелко В.І.Петренко В.П.Масліков М.О. та ін.– Вінниця: Нова книга, 2007.– 295 с.
9. Порядок організації та проведення енергетичних обстежень бюджетних установ, організацій та казенних підприємств [Оригінал] : наказ від 15.09.99 Державного Комітету України з енергозбереження № 78.– К.: НАЕР, 1999.– 54 с.
10. Прокопенко, В.В. Енергетичний аудит. З прикладами та ілюстраціями : навч. посіб. / В.В. Прокопенко, О.М. Закладний, П.В. Кульбачний.– К.: «Освіта України», 2009.- 436 с.
11. Прокопенко, В.В. Методология и методы энергетического аудита: навч. посіб. / В.В. Прокопенко. - К.: Центр підготовки енергоменеджерів НТУ «Київський політехнічний інститут», 2009.- 66 с.
12. Проектування котелень з паровими та водогрійними котлами. Методичні вказівки до виконання кваліф. проекту рівня підготовки бакалавра, напряму 6.050601 “Теплоенергетика” для студентів ден. та заоч. форм навч. Частина 2. / уклад. М.О.Прядко, В.М. Філоненко.– К.: НУХТ, 2011.– 81 с.
13. Ресурсозбереження. Порядок встановлення показників ресурсозбереження в документації на продукцію: ДСТУ 3052-95.– [Введ. в дію 24.04. 1995].– К.: Держстандарт України, 1995.- 43 с.

14. Тимчасове положення про порядок проведення енергетичного обстеження підприємств і атестації спеціалізованих організацій на право його проведення [Оригінал] : наказ від 12.05.97. Державного Комітету України з енергозбереження № 49 від:– К.: НАЕР,1997.– 54 с.
15. Філоненко, В.М. Енергозбереження та експлуатаційні фактори в цукровому заводі / В.М. Філоненко // Цукор України.- №2 (19).- 2000.- С.17-19.
16. Філоненко, В.М. Енергозбереження в бурякоцукровій галузі. Реальний стан та перспективи // В.М. Філоненко, М.О. Прядко.- Цукор України.- 2005.- № 5.- С. 35-38.
17. Филоненко, В.Н. От аудита к реконструкции. Теплотехнический аспект / В.Н. Филоненко, В.В. Сыщиков, О.В. Никитин // Сахар.– 2005.– № 6.– С. 24-26.
18. Филоненко, В.Н. Выбор типоразмера насоса при рециркуляционном регулировании его производительности / В.Н. Филоненко, Д.Н. Цыганков // Сахар.- 2012.- № 10.– С. 44-49.
19. Филоненко, В.Н. Электроэнергия собственной выработки ТЭЦ сахарных заводов: проблема и решения / В.Н. Филоненко, Д.Н. Цыганков, А.А. Швецов // Сахар.- 2013.- № 6.– С. 81 – 85.
20. Філоненко, В.М. Вплив вартості палива та електроенергії на формування проектного рівня питомого тепло споживання цукрового заводу / В.М. Філоненко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2009.– № 32.– С. 49-52.
21. Фокин, В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита / В.М. Фокин. – М.: Машиностроение-1, 2006.- 256 с.