



Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія

С.В.ІЛЬІН
А.О. ЧЕЙЛИТКО
І.М. МНИХ

ЕНЕРГОАУДИТ

Навчально-методичний посібник

*для слухачів курсів підвищення кваліфікації
центру безперервної освіти*

Запоріжжя
2018

Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія

ЕНЕРГОАУДИТ

Навчально-методичний посібник

*для слухачів курсів підвищення кваліфікації
центру безперервної освіти*

*Рекомендовано до видання
на засіданні кафедри ТГЕ,
протокол № від 2018 р.*

Енергоаудит. Навчально-методичний посібник по курсу: «Енергоаудит» для слухачів курсів підвищення кваліфікації центру безперервної освіти. /Укл.: Ільїн С.В., Чейлитко А.О., Мних І.М. – Запоріжжя, 2018. – 130 с.

Навчально-методичний посібник призначений для слухачів курсів підвищення кваліфікації центру безперервної освіти ЗДІА, по курсу: «Енергоаудит».

Укладачі: ***С.В. Ільїн, к.т.н., доцент***
А.О. Чейлитко, к.т.н., доцент
І.М. Мних, к.т.н., доцент

Відповідальний за випуск: ***в.о. зав. кафедри ТГЕ***
к.т.н., доц. В.І. Бахтін

Рецензенти:

Качан О.Я., д.т.н., проф.,
завідувач кафедри технології авіаційних двигунів
Запорізького національного технічного університету

Мних А.С., д.т.н., проф.,
Професор кафедри АУТП
Запорізької державної інженерної академії

ВСТУП

Енергоаудит (енергетичний аудит) – добровільне енергетичне обстеження, що проводиться за ініціативою споживача паливно-енергетичних ресурсів

Енергетичне обстеження – обстеження споживачів паливно-енергетичних ресурсів з метою встановлення ефективності використання ними паливно-енергетичних ресурсів і вироблення економічно обґрунтованих заходів по зниженню витрат на паливо- і енергозабезпеченні.

Метою проведення енергоаудиту є визначення способів підвищення енергоефективності підприємства, будівлі, тепломережі чи водоканалу.

Посібник рекомендовано слухачам курсів підвищення кваліфікації центру безперервної освіти Запорізької державної інженерної академії.

ЗМІСТ

Розділ 1. Основні етапи енергетичного аудиту.....	6
Розділ 2. Методологія енергоаудиту.....	11
2.1. Простий енергоаудит.....	12
2.2. Попередній енергоаудит.....	12
2.3. Комплексний енергоаудит.....	13
2.4. Виробнича система як об'єкт енергоаудиту.....	15
2.5. Вимоги до енергетичного аудитора.....	19
Розділ 3. Звіт з енергоаудиту.....	20
3.1. Загальні рекомендації.....	21
3.2. Опис промислового підприємства і будівель.....	24
3.3. Виконання енергетичного аудиту.....	27
3.4. Рекомендації з енергозбереження.....	28
3.5. Перехресна перевірка енергозаощаджень.....	31
3.6. Заощадження первинних і вторинних енергоресурсів.....	32
3.7. Життєздатність проекту.....	33
3.8. Оцінка витрат.....	33
Розділ 4. Методи оцінки вимірів	36
Розділ 5. Датчики температури	48
Розділ 6. Теплові лічильники.....	54
Розділ 7. Перелік питань для професійної атестації.....	62
4.1 Питання для усної відповіді.....	67
4.2 Тестові завдання.....	75
Додаток 1. Порядок проведення професійної атестації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем.....	100
Додаток 2. Результати енергетичного аудиту комплексу будівель....	114
Рекомендовані джерела інформації.....	128

РОЗДІЛ 1

ОСНОВНІ ЕТАПИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

I етап. Одержання інформації про об'єкт енергоаудиту.

– Збір первинних даних про витрати палива, води й електроенергії за попередній і поточний роки. Це дає можливість судити про напрямки у використанні палива й енергії, визначити тенденції у використанні паливно-енергетичних ресурсів, що є базою для визначення техніко-економічних показників об'єкту в цілому.

– Аналіз структури енергоспоживання. Це дозволяє визначити структуру енерговикористання на об'єкті. Аналіз структури дозволяє сформулювати стратегію енерговикористання на перспективу.

– Аналіз структури витрат на енергію. Аналіз частки витрат різних видів енергії в загальних витратах дозволяє намітити попередній напрямок енергетичного аудиту, звернувши увагу на види енергії з найбільшою часткою витрат.

– Визначення витрати енергоносіїв на одиницю продукції, що випускається підприємством та окремими підрозділами. Це дозволяє оцінити питому витрату енергії основного й допоміжного виробництв на одиницю продукції, що випускається, у порівнянні з аналогічними передовими виробництвами, дозволяє оцінити частку вартості енергоносіїв у собівартості продукції.

II етап. Вивчення паливно-енергетичних потоків на об'єкті в цілому та в окремих підрозділах.

– Вивчення технологічної схеми основного виробництва.

– До складу схеми входить послідовність окремих технологічних операцій, їх взаємозв'язок для одержання основної й допоміжної продукції. Схема необхідна для подальшого обліку енергії та оцінки правильності прийнятих технологічних операцій.

- Складання схеми споживання енергетичних ресурсів об'єктом.
- На технологічну схему наносяться місця споживання й передачі паливно-енергетичних ресурсів.
- Складання карти використання енергетичних ресурсів.
- Карта використання енергетичних ресурсів являє собою нанесений на план об'єкта у відповідному масштабі рівень споживання різних видів енергії окремими підрозділами. Це дозволяє оцінити транспортні потоки різних видів енергії й визначити найбільш енергоємні підрозділи.
- Складання балансу підприємства з окремих видів енергоресурсів. Баланс з окремих енергоресурсів об'єкту дозволяє в цілому оцінити ефективність використання різних енергоносіїв, звернути увагу на окремі споживачі енергії для поглибленого їх дослідження.
- Складання паливно-енергетичного балансу підприємства. Паливно-енергетичний баланс об'єкту є основою для оцінки правильності вибору енергоносіїв та прогнозої оцінки їх споживання.
- Виявлення найенергоємніших споживачів і збирання даних по них. Визначення найенергоємніших споживачів об'єкту, для яких встановлюються вихідні дані каталожного характеру, схеми енерговикористання, а також визначаються за допомогою відповідних вимірювань режимні параметри їх роботи для подальшої оцінки ефективності використання енергоносіїв.
- Визначення питомих норм споживання енергії окремими споживачами. Питомі норми споживання енергії окремими споживачами і об'єкту в цілому дають можливість порівняння з аналогічними нормами високопродуктивних виробництв, а також виявити окремих споживачів з низькими нормами для подальшого обстеження.
- Складання енергетичного балансу для окремих енергоємних споживачів. Енергетичний баланс окремих енергоємних споживачів дозволяє

оцінити ефективність використання різних видів енергії, виявити ділянки її нераціонального використання, намітити шляхи економії.

III етап. Аналіз ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів об'єктом.

– Аналіз ефективності використання окремих технологічних процесів. На підставі аналізу роблять висновок про правильність прийнятих в умовах діючого об'єкту окремих технологічних рішень або про заміну деяких з них на прогресивні, при цьому визначаються витрати на зміну технології та обґрунтовується висновок про доцільність інвестицій.

– Аналіз ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів підрозділами об'єкту. На підставі аналізу робиться висновок про доцільність використання того або іншого енергоносія на різних рівнях технологічного процесу в підрозділах об'єкту. У випадку заміни енергоносія наводиться відповідне техніко-економічне обґрунтування. Особлива увага повинна бути приділена питанням транспортування енергоносіїв в умовах об'єкту. Це стосується в першу чергу мережі теплопостачання й пневматичної мережі. Також повинна бути приділена увага специфічним питанням, наприклад, обґрунтування використання того або іншого тарифу на електроенергію в умовах об'єкту.

– Аналіз енерговикористання окремими споживачами. Цей підрозділ має значний обсяг, тому більшість організацій, які проводять енергетичний аудит, обмежуються лише розглядом даного питання. Як наслідок, воно розглядається не всебічно, а за обмеженого часу енергоаудиту приймаються до розгляду лише ті споживачі енергії, які дають очевидний ефект.

– Визначення технологічно припустимих втрат палива й енергії.

– Визначення пріоритетів для поглибленого енергетичного аудиту. На окремих об'єктах мають місце специфічні енергоспоживачі, ефективність роботи яких складно визначити без додаткового енергетичного аудиту. Додатковий енергетичний аудит включає спеціальні обстеження з

використанням спеціального вимірювального обладнання або проведення наукових досліджень. До специфічних енергоспоживачів, належать холодильні, компресорні установки, електричні печі нагрівання й т. ін. Дослідницькі розробки проводяться до вирішення специфічних питань, вказаних у договорі на енергетичний аудит.

IV етап. Поглиблений енергетичний аудит окремих технологічних процесів і енергоспоживачів.

– Проведення додаткових вимірювань проміжних параметрів і визначення робочих режимів.

– Виявлення ефективності роботи споживачів.

– Вирішення специфічних питань (за домовленістю з керівництвом).

V етап. Підведення підсумків енергетичного аудиту.

– Розроблення енергозберігаючих заходів.

– Техніко-економічний аналіз ефективності впровадження заходів.

– Порівняльний аналіз отриманих результатів.

– Вибір нових пріоритетів і постановка завдань на подальше зниження енергоємності продукції та споживання енергоресурсів.

– Складання звіту з енергетичного аудиту. Існує безліч чинників, які визначають важливість і доцільність проведення енергетичного обстеження і пояснюють, чому енергокористувач може довіряти його результатам. Найважливішим аспектом проведення енергоаудиту є додаткова вигода, оскільки дослідження проводиться кваліфікованим фахівцем, а не випадковим працівником компанії. Найчастіше більшою довірою у керівників користуються рекомендації професійного консультанта, а не поради персоналу. Енергокористувач отримує звіт з енергоаудиту й може самостійно вирішувати такі проблеми: – визначати, як споживається енергія всередині об'єкту, формулювати пріоритети в переліку енергозберігаючих рекомендацій. – порівнювати енергоспоживання на даному об'єкті з величинами споживання енергії на інших аналогічних об'єктах, визначаючи

в такий спосіб об'єкт як «поганий» або «добрий» споживач енергії. – показувати необхідність інвестицій для придбання й освоєння нового, економічнішого обладнання. – обґрунтовувати запропонований проект, який не був би затверджений без підтримки зовнішнього консультанта.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДОЛОГІЯ ЕНЕРГОАУДИТУ

Методологія проведення енергоаудиту залежить від інформації, яку прагне одержати й за яку готовий платити клієнт, а також від складу використовуваного в ході обстеження контрольно-вимірювального устаткування. З одного боку, енергоаудит може бути простим оглядом енергоспоживання, що ґрунтується на даних лічильників підприємства. З іншого боку, енергоаудит може бути комплексним і трудомістким процесом визначення та ідентифікації всіх напрямків витрат енергії й передбачати встановлення нового постійного вимірювального устаткування, тестування й вимірювання протягом тривалого періоду часу і в результаті детальної перевірки дозволить сформулювати детальні рекомендації. Природно, що останній тип аудиту буде значно дорожчим, ніж перший.

Професійний енергетичний аудитор повинен вміти провести обстеження підприємства, яке випускає будь-яку продукцію. Це означає, що методика проведення аудиту не повинна залежати ні від виду продукції, що випускається підприємством, ні від технології, що застосовується. Ця методика також не повинна залежати від структури обстежуваного підприємства.

Методика проведення аудиту повинна ґрунтуватися на певному стандартному (типовому) алгоритмі, що, по-перше, забезпечить якомога ефективнішу роботу самого аудитора (не треба «винаходити велосипед» - що, як і в якій послідовності обстежувати, просто треба швидко виконувати пункти стандартної програми), а по-друге, оскільки програма стандартна, забезпечити можливість настільки ж ефективного підключення інших аудиторів на певних (стандартних) етапах роботи. Практично всі енергоаудити можна поділити на такі типи: простий енергоаудит (обхід),

попередній енергоаудит (місцевий, спрощений, міні-аудит), комплексний енергоаудит (детальний, максі-аудит).

Існує безліч способів проведення енергоаудиту, і вибір одного з них залежить від таких чинників:

- кваліфікація енергоаудитора;
- наявні вимірювальні пристрої (стаціонарні й переносні);
- розуміння, чого вимагає й за що готовий платити клієнт.

2.1. Простий енергоаудит

Цей тип енергоаудиту найменш витратний і дозволяє визначити загальні можливості енергозбереження. У ході аудиту проводиться візуальне обстеження об'єкту для визначення потенціалів енергозбереження за рахунок оптимізування експлуатації устаткування, так само відбувається збір інформації для визначення потреби проведення детальнішого аналізу. Таким чином, простий енергоаудит

- складає загальне уявлення про об'єкт енергоаудиту,
- робить загальні висновки про споживання енергії,
- дозволяє підготувати комерційну пропозицію для проведення детальнішого аналізу.

2.2. Попередній енергоаудит

Для проведення цього типу аудиту необхідне використання вимірювальних засобів і обладнання для тестування, щоб дати кількісну оцінку споживачів енергії та втрат, а також визначити очікуваний економічний ефект від впровадження енергозберігаючих заходів. Склавши кілька перших звітів з енергоаудиту, енергоаудитор усвідомить актуальність і важливість рекомендацій щодо економії енергії, як, наприклад, використання

світильників з низьким споживанням енергії, поліпшений тепловий контроль і теплоізоляція. Після цього аудитор може легко досліджувати інші аналогічні об'єкти й визначити можливості застосування технологій енергозбереження, які він з успіхом використав.

Цей технічний прийом часто використовується компаніями, які продають енергозберігаюче обладнання, для знаходження ринків збуту. Крім того, такий прийом може використовуватися «внутрішніми» енергоменеджерами компанії, у якій всі об'єкти мають подібні енергетичні проблеми. Наприклад, енергоменеджер компанії, яка володіє мережею готелів, міг би визначити перелік енергозберігаючих заходів, які можна застосувати до всіх готелів даної мережі.

Цей метод рекомендується також застосовувати професійним консультантам з енергетичних питань. Таким чином, попередній енергоаудит:

- забезпечує базове енергетичне обстеження;
- дає карту розподілу енергії;
- приділяє особливу увагу стандартним заходам щодо економії енергії;
- дозволяє визначити економічний ефект впровадження енергозберігаючих заходів.

2.3. Комплексний енергоаудит

Такий аудит іде на один крок далі, ніж попередній енергоаудит. У цьому випадку проводиться оцінка того, скільки енергії витрачається в кожному процесі, як, наприклад, освітлення, технологічні потреби й т. ін. Для виявлення тенденцій енергоспоживання й розроблення попередніх прогнозів на рік необхідне проведення аналізу моделі, наприклад,

комп'ютерне моделювання, що враховує різні змінні фактори (погодні умови й т. ін.).

Цей метод ґрунтується на визначенні кількості використаної енергії й порівнянні цієї величини з промисловими нормативами й теоретичним енергоспоживанням. Метод допомагає виявити потенційну економію енергії. В першу чергу доцільно підрахувати кількість енергії, спожитої всіма основними видами обладнання і порівняти цю величину із загальним енергоспоживанням на підприємстві.

Виконавши цю роботу, аудитор виявляє шляхи економії енергії, засновані на модернізації обладнання, новому технічному обслуговуванні та режимі експлуатації, реструктуризації споживання енергії на об'єкті (децентралізоване електропостачання, використання альтернативних процесів виробництва, комбіноване виробництво теплової й електричної енергії та ін.). Наведена методологія дозволяє провести високоякісний енергоаудит, заснований на науковому підході, дослідженні й вимірюванні різних параметрів режимів об'єкту енергоаудиту, а також на досвіді експерта.

Таким чином, комплексний енергоаудит:

- забезпечує детальне енергетичне обстеження;
- для точного визначення енергоспоживання використовує такі прийоми, як регресійний аналіз і енергетичний баланс;
- розглядає широке коло можливостей енергозбереження, включаючи структурні зміни, такі як когенерація, децентралізація або використання альтернативних джерел пального.

У реальному житті частіше зустрічається поєднання першого і другого методів проведення енергетичного обстеження. Такий підхід має на увазі використання складних аудиторських прийомів, але замість пошуку широкого кола можливостей економії енергії він фокусується на невеликій кількості технологій енергозбереження.

Третій метод орієнтований на створення автоматизованого робочого місця енергоменеджера. Всі об'єкти, на яких проводиться енергоаудит, повинні мати вимірювальне обладнання. Це можуть бути лише комерційні лічильники підприємства. Деякі підприємства можуть мати велику мережу додаткових лічильників, і завжди існує можливість використання тимчасового переносного вимірювального обладнання.

У комерційних стосунках енергоаудитору дуже важливо дати клієнтові те, чого він хоче, але не більш того, за що він бажає заплатити. На додаток до загального обсягу наданої клієнту необхідної інформації аудитор також повинен враховувати те, яким чином ця інформація повинна бути представлена. Здійснюючи енергоаудит, аудитор завжди повинен пам'ятати про те, чого потребує клієнт і про наявні ресурси (час і гроші).

Ці моменти вплинуть на:

- детальність енергоаудиту;
- кількість використовуваних вимірювальних приладів;
- наголос на застосуванні певного устаткування або на заходах щодо енергозбереження;
- розподіл енергії за центрами проведення перевірки;
- види використовуваних показників роботи;
- метод розрахунку енергоспоживання.

2.4. Виробнича система як об'єкт енергоаудиту

Будь-яку виробничу систему можна розбити на три основні складові:

- підсистема вироблення енергії (котел, компресор, помпа, електричний двигун або генератор);
- підсистема розподілу, перетворення і передачі енергії (трубопроводи, кабельні або повітряні лінії, ремінні передачі);
- навантаження, тобто елемент, заради якого працює все інше.

Таким останнім може бути деякий технологічний процес, де використовується вироблене тепло, або це може бути вентилятор, що обертається електричним двигуном через систему передач.

Методика визначення можливостей економії енергії, особливо економії, яка не вимагає витрат або яка потребує їх найменшої кількості, полягає в оцінці навантаження або втрат у навантаженні з подальшою оцінкою мережі розподілу. Внесення технічних змін безпосередньо в підсистему вироблення енергії часто вимагає значних інвестицій. Втрати енергії присутні у всіх компонентах системи, однак, вартість усунення цих втрат з різних елементів системи, як правило, дуже різниться. Розмірковуючи про можливість енергопостачання, необхідно підходити до таких систем комплексно. Дуже мудро почати розгляд не спочатку (заміна електродвигуна або компресора обійдеться недешево!), а з кінця, - як правило, найдешевші можливості економії приховані саме в навантаженні. Наприклад, не варто змінювати нехай і не найсучасніший, але працюючий компресор холодильної камери з численними витокami холодного повітря з неї. Спочатку потрібно усунути ці витоки з камери (це практично нічого не буде коштувати, і тому фінансова ефективність цієї операції буде величезною). Потім потрібно усунути втрати із підсистеми розподілу, перетворення і передачі, і лише після того, як це буде зроблено, можна буде розглянути можливості усунення недоліків підсистеми вироблення енергії або заміни її новою.

Перелічимо найбільш типові енергетичні установки і виробничі системи:

- котли;
- сушильне устаткування;
- устаткування технологічних ліній для подачі тепла;
- опалення приміщень і водопостачання;
- різання, подрібнення матеріалів;
- плавлення;

- відлив;
- холодильні установки;
- стиснене повітря;
- вентиляція;
- освітлення;
- помпи;
- інше устаткування з електроприводом.

Основна увага повинна приділятися найенергоємнішим виробничим системам, що, як правило, характеризуються такими показниками:

- високими або низькими температурами (у порівнянні з температурою навколишнього повітря);
- інтенсивністю виробництва;
- високим рівнем споживання води, пари, стисненого повітря і т. ін.

Зазвичай, економія енергії безпосередньо пов'язана з відповідями на такі запитання:

– Чи виправдане навантаження даної установки? (Приклади: помпа працює цілий рік, а її робота реально потрібна лише протягом 8 годин на добу; недбале ставлення користувача системи до своїх обов'язків; незадовільна робота або відсутність керування).

– Чи можна забезпечити навантаження використанням іншої системи? Приклади: деревний пил транспортується на велику відстань за допомогою стисненого повітря. Можна запропонувати використання механічного транспорту (наприклад, шнекового конвеєра) як альтернативний варіант. Пневмоінструмент може бути замінений на інструмент з електроприводом. Що в даному випадку більше підходить: конвективний чи променевий теплообмін, водяне чи випарне охолодження і т. ін.

– Чи можна знизити навантаження? Приклади: втрати тепла можна зменшити шляхом удосконалення теплової ізоляції і зменшення потоку повітря, яке вентилює робоче приміщення. Навантаження компресора можна

зменшити, використовуючи пневмоінструмент, що не має витоків повітря, скоротивши час роботи з цим інструментом; ліквідувати недбале ставлення користувача до своїх обов'язків, незадовільну роботу або відсутність пристроїв автоматичного керування, поліпшуючи теплоізоляцію, оптимізуючи аеродинаміку і т. ін.

– Наскільки великі втрати в мережі? (Витоки стисненого повітря в системах, втрати тепла через поверхні розігрітих трубопроводів, втрати в газопроводах, зниження тиску в трубопроводах через витоки).

– Які втрати при передачі енергії? (Незадовільний стан ремінних передач, незадовільне або відсутнє змащування).

– Наскільки потужність продуктивної системи відповідає навантаженню? (Робота систем великої потужності з малим навантаженням характеризується низькою ефективністю; потужність системи було розраховано на інше навантаження; якщо потужність системи занадто мала, це знижує термін експлуатації системи і може бути джерелом небезпеки.)

– Наскільки добре система обслуговується? (Запилені фільтри, брудна поверхня теплообмінників значно знижують ефективність роботи системи).

– Який рівень підготовки персоналу, інженерів, керівництва цехом і всім підприємством?

– Чи контролюється робота допоміжного устаткування? (При вимиканні котла або холодильної установки через нульове навантаження допоміжні насоси і вентилятори іноді можуть бути також вимкнені).

– Чи можлива рекуперація тепла для даної системи або тепла, що виробляється даною системою? (Використання тепла компресорів і холодильних установок для систем гарячого водопостачання). Шляхом ретельного аналізування всіх перерахованих вище аспектів для кожної установки і системи можна досягти високих результатів з економії енергії, навіть якщо деякі з них здаються на перший погляд неефективними.

2.5. Вимоги до енергетичного аудитора

Кваліфікація, яка визначається:

- освітою (належна теоретична підготовка на рівні інженера);
- підготовкою в галузі аудиту;
- практичним досвідом у сфері енергозбереження;
- тим, що аудитор повинен бути скоріше фахівцем широкого профілю, а ніж вузьким фахівцем;
- комунікабельністю (уміння працювати з керівництвом підприємства і з інженерно-технічними працівниками);
- умінням складати звіти.

Вміння, яке визначається наступними видами діяльності:

- збирання ключових даних щодо споживання енергії; створення карти її споживання;
- складання переліку можливостей економії;
- оцінка термінів окупності;
- реалізація програм енергозбереження;
- впровадження системи енергетичного менеджменту на підприємстві.

Професійні знання:

- принципу роботи енергогенеруючих установок (котлів; устаткування центрального опалення; місцевих ТЕЦ);
- принципу роботи енергоспоживаючих установок (холодильні установки, компресорні станції; вентиляційні та освітлювальні системи; насоси; електропривод);
- сутності технологічних процесів (сушіння; плавлення; лиття; термооброблення, випалення виробів; подача тепла на виробничі потреби; система опалення; водопостачання і водопідготовлення; різання (подрібнення матеріалів).

РОЗДІЛ 3

ЗВІТ З ЕНЕРГОАУДИТУ

Звіт з енергетичного аудиту подає інформацію про кількість енергії, яка споживається різними видами енергоспоживачів (котельні, компресори, освітлення, виробниче устаткування).

Енергоаудит, як правило, вказує споживання в енергетичних і грошових одиницях і відображає інформацію як в таблицях (наприклад, таблиця загальної кількості купленого палива) так і в графічній формі. Опис промислового підприємства і будівель характеризує наявні установки і обладнання, режими їх роботи і продуктивність. Наприклад, опис котельної характеризує кількість і тип котлів, режими управління, що використовуються, а також вказує, що тиск продукуваної пари для певних споживачів за даний проміжок часу відповідає вимогам.

Рекомендації з енергозбереження містять перелік пропозицій, розроблених в ході дослідження. Ці рекомендації в загальному вигляді можуть бути реалізовані, як частина кампанії з енергозбереження, хоча деякі з них можуть бути взаємно протилежними (наприклад, установлення нових регуляторів у системі опалювання або монтаж нової опалювальної системи). Опис шляхів енергозбереження має чотири ключові моменти:

- 1) що потрібно зробити, щоб заощадити енергію,
- 2) як саме ці дії допоможуть заощадити енергію,
- 3) визначення кількості заощадженої енергії і капітальних витрат і
- 4) визначення економічної ефективності можливостей енергозбереження.

3.1. Загальні рекомендації

Звіт з енергетичного аудиту є документом, у якому відображені результати обстеження об'єкту. Порядок і повнота викладу повинні відповідати домовленостям між замовником і виконавцем. Типовий звіт з енергоаудиту складається з чотирьох основних розділів.

Вступний розділ:

- коротка експертиза;
- перелік рекомендацій;
- управління виробництвом і енергоменеджмент.

Опис промислового підприємства і будівель:

- існуючі будівлі, установки і обладнання;
- режим роботи обладнання;
- оцінка ефективності виробництва.

Проведення енергоаудиту:

- вимірювання споживання енергії;
- аналіз інформації;
- коментарі щодо кількості і вартості спожитої енергії.

Рекомендації з енергозбереження:

- опис запропонованих рекомендацій;
- пояснення того, як запропоновані дії допоможуть заощадити енергію;
- техніко-економічне обґрунтування запропонованих рекомендацій.

Висновки:

- узагальнений аналіз рекомендацій з енергозбереження;
- прогноз подальших кроків.

Нижче розглянуто методику оформлення змістовної частини звіту. Щодо рекомендацій з вступного і завершального розділів, то вони зводяться до наступного. Мета вступного розділу – інформувати читача про підготовку

і хід досліджень на об'єкті, а також про очікувані результати. Вступ також повинен описувати методику проведення аудиту і параметри звіту, а саме, виявити особливості енергоспоживання.

Вступ зазвичай містить наступні пункти:

– підготовка звіту з енергоаудиту (звіт формується компанією/консорціумом, які готують звіт, або проводять перевірку на об'єкті);

– коротка експертиза та обґрунтування енергоаудиту (чи є даний енергоаудит одним з декількох проектів для різних підрозділів компанії? Чи є він частиною нової кампанії енергоменеджменту?);

– мета енергоаудиту (виявити потенційні можливості енергозбереження);

– параметри звіту (чи має звіт намір підкреслити особливі аспекти енергоспоживання або виключити деякі з них, оскільки вони є частиною окремого дослідження);

– методи проведення перевірки (використання вимірювачів, візуальне дослідження устаткування, аналіз енергетичних даних, отриманих протягом певного часу).

Висновки з енергоменеджменту пояснюють ситуацію минулих періодів, виявлену енергоаудитом, і визначають важливі пункти, що стосуються використання енергії.

Висновок повинен вказувати рекомендований напрям дій, спрямованих на поліпшення ефективності використання енергії на об'єкті, а також показувати вигоди і збитки, до яких може призвести економія. Крім цього, даний розділ повинен бути написаний зрозуміло і стисло, без надмірного вживання технічної лексики.

Висновок щодо енергоменеджменту зазвичай охоплює наступні моменти:

- існуючий стан справ на досліджуваному об'єкті (використання енергії як слабе, задовільне, хороше енергоспоживання в порівнянні з іншими об'єктами);
- основні пункти дослідження енергоспоживання (високий/низький рівень використання енергії);
- обґрунтування необхідних змін (рекомендований напрям діяльності, альтернативні дії);
- прогнозований результат (отримання економічних вигод в майбутньому за умови, що рекомендації будуть реалізовані.)

Пункти, що містяться в розділі висновків, сфокусовані на діях, зроблених енергоаудитором в ході робіт. Тому висновки містять дані про дослідження об'єкту і джерела отримання необхідної інформації.

Висновок показує загальний потенціал енергозбереження і наводить обґрунтовані аргументи на користь одних рекомендацій в порівнянні з іншими. Нарешті, висновки обґрунтовують необхідність подальших досліджень і/або дій, які повинні бути виконані з об'єктом та вказують загальну розраховану вигоду від цих дій.

Розділ висновків зазвичай охоплює наступні моменти:

- рішення і висновки енергоаудиту (поділ енергії на різні категорії, виявлені невідповідності (наприклад з “Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів”) або нераціональне енергоспоживання, порівняння енергоспоживання на об'єкті з іншими аналогічними об'єктами);
- висновок з рекомендацій щодо енергозбереження (вартість і вигоди від реалізації беззатратних, високо- та низькозатратних рекомендацій, альтернативні можливості енергозбереження);
- рекомендовані дії і прогноз (рекомендації, за якими можуть впроваджуватись енергозберігаючі заходи, прогнози наслідків вживання заходів з енергозбереження на об'єкті);

– наступний крок (подальші необхідні детальні дослідження, робота, яку необхідно виконати самій компанії, проведення тендеру, тощо).

3.2. Опис промислового підприємства і будівель

Опис промислового підприємства і будівель входить у звіт з енергоаудиту як опис спостережень енергоаудитора, якими він обґрунтовував свою перевірку і розробляв рекомендації щодо енергозбереження.

Енергія, яка постачається на об'єкт. Слід навести короткий опис обладнання з постачання енергії (труби, регулятори тиску і головні щити введення електроенергії), а також обладнання для зберігання палива, головне вимірювальне і централізоване обладнання компенсації реактивної потужності.

Обладнання перетворення енергії. Цей розділ містить опис такого обладнання, як наприклад, котли, повітряні компресори, холодильні установки.

Розподіл енергії. У цій частині міститься інформація про системи розподілення енергії, зокрема, системи розподілення охолодженої та гарячої води, пароконденсації і розподілу стисненого повітря. Коментарі повинні бути орієнтовані на ефективність роботи згаданих систем і звертати особливу увагу на причини втрат енергії, такі як слабка (погана) ізоляція або витоки.

Обладнання, яке споживає електроенергію. В цьому розділі слід описати обладнання, яке споживає первинну або вторинну енергію. Це устаткування містить виробничі механізми, системи опалювання і гарячого водопостачання (ГВП), освітлювальне та офісне обладнання і т. ін. Опис зазвичай містить назву (або тип) встановленого устаткування, норми енергоспоживання (якщо це можливо), опис автоматичних систем контролю і/або процедури ручного управління. Якщо для роботи обладнання потрібне

вимірювання деяких параметрів (температура, сила світла і норма продуктивності) – це також потрібно відмітити.

Структура будівель. Цей розділ наводить опис елементів конструкції будівель з точки зору дизайну і використаних матеріалів. Наприклад, може бути вказано, що стіни складені з цегли або бетону, вікна виготовлені з склопакета або з одинарним склінням; будівля має плоский дах чи похилий. Опис також повинен містити дані про існуюче в будівлі вентилявання: природне або примусове. Ці елементи в сукупності з розмірами будівлі можуть бути використані для розрахунків теоретично необхідного опалювання внутрішніх приміщень. Потім результати розрахунків можна порівняти з фактичним споживанням енергії на опалювання.

В опис слід включити час знаходження в будівлі працівників, щоб перевірити роботу установок, які регулюють фактичний час опалювання будівлі. Категорії споживачів енергії:

- будівлі,
- котельна установка,
- система паророзподілення,
- холодильна система,
- установка опалювання,
- система подачі гарячої води,
- виробниче обладнання, що споживає пару,
- система постачання і розподілу електроенергії,
- система вироблення стисненого повітря,
- системи вентиляції і кондиціонування,
- виробниче обладнання, що споживає електроенергію,
- виробниче обладнання, що працює на газі/нафтопродуктах,
- офісне обладнання, різнорідне енергоспоживання,
- освітлення,
- обладнання підприємств громадського харчування,

- обладнання пралень,
- інші споживачі.

Другий розділ повинен бути не просто переліком обладнання. Він повинен також включати коментарі та спостереження щодо способу використання енергії. Можна рекомендувати наступні пункти для включення в розділ:

- фізичний опис обладнання (тип, номер моделі, потужність, системи управління);
- як воно використовується (які функції виконує, тривалість експлуатації, система управління);
- вимірювані величини (електроенергія, нормативні витрати рідини, температура, вологість, рівні освітленості);
- загальні спостереження (ефективність управління, неполадки, несумісне обладнання).

Для зручності значна частина інформації, зібраної під час енергетичного обстеження, може бути представлена в табличній формі. Якщо таблиці виходять дуже великими, їх слід оформити як додатки. Типові приклади даних, що включаються в таблиці і додатки:

- перелік устаткування:
 - освітлювальне обладнання,
 - обладнання, яке опалює приміщення,
 - електропривід,
 - обладнання підприємств громадського харчування,
 - обладнання пралень,
 - виробничого обладнання,
 - перелік неізолюваних трубопроводів гарячої води,
- вимірювані дані:
 - дані тесту аналізу горіння,
 - точкове вимірювання температури,

- точкове вимірювання рівнів освітленості,
- вимірювання потоку повітря/вологості,
 - графічні дані:
- енергетичні діаграми обладнання,
- фотознімки стандартні,
- фотознімки в інфрачервоному промінні.

3.3. Виконання енергетичного аудиту

Закінчивши аналіз передісторії енергоспоживання на об'єкті, енергоаудитор може приступати до здійснення енергоаудиту, що містить:

- розрахунок споживання енергії різними споживачами;
- розподіл фінансових витрат на енергію пропорційно між споживачами;
- складання енергобалансу;
- порівняння енергоспоживання з показниками роботи найкращих підприємств;
- виявлення відхилення в енергоспоживанні у порівнянні з галузевими нормами.

Дана інформація дуже важлива для клієнтів, оскільки вона або підтверджує, або спростовує переконання, що раніше склалося про розміри енергоспоживання в межах об'єкту. Той факт, що інформація представлена професійними енергетичними консультантами, що окинули об'єкт «свіжим поглядом», особливо важливий. Іноді в процесі підготовки енергоаудиту виявляються відхилення від норми. Ці відхилення можуть бути викликані невірними рахунками постачальників палива, в таких випадках іноді можна добитися повернення грошей. У іншому випадку можуть бути виявлені відхилення від норми, викликані зловживанням енергією. У такій ситуації енергоаудит успішно змальовує цю негативну практику, тим самим

спонукаючи менеджмент підприємства вжити відповідних заходів для уникнення повторення подібних ексцесів.

Для виконання енергетичного обстеження енергоаудитор використовує дещо (або все) з наступних матеріалів:

- звіт про річну закупівлю палива,
- графік регресійного аналізу,
- таблиця енергоаудиту,
- діаграма Сенкі,
- кругові діаграми (карти) енергоспоживання,
- енергобаланси,
- енергетичні характеристики.

У енергоаудиті застосовуються два типи графіків:

- лінійний графік енергоспоживання (який також може містити дані, що належать до змінної величини продукції/погоди, з якою порівнюється кількість вимірюваної енергії),
- графік регресійного аналізу.

3.4. Рекомендації з енергозбереження

Четвертий розділ звіту містить рекомендації з економії енергії. У загальному сенсі, цей розділ – найважливіший у звіті, оскільки обґрунтування дій з енергозбереження - це звичайно головна причина проведення енергоаудиту на об'єкті. Різні аспекти рекомендацій з економії енергії.

Опис рекомендацій з енергозбереження - дії, які повинні бути зроблені, нові процедури, встановлення нового обладнання.

Оцінка енергозбереження - розрахунок енергії і коштів, що їх буде заощаджено. Ефект від економії енергії - як рекомендації вплинуть на показники роботи об'єкту, а саме, на показники ефективності за умов

скорочення подачі енергії, на витрати з ремонту обладнання, на необхідні зміни технології виробництва.

Обчислення вартості проекту - розрахунок загальної вартості заходів щодо впровадження рекомендацій з енергозбереження відносно вартості обладнання, робочої сили, втрат виробництва.

Життєздатність проекту - визначення, наскільки життєздатне впровадження рекомендацій щодо енергозбереження за даних обмежень, а саме, за необхідних зупинок виробництва, чутливості цін на паливо, життєздатності капіталу. Виявлення менш очевидних заходів з енергозбереження - важливо враховувати, що перераховані рекомендації з економії енергії – це не лише найочевидніші перебудови, як наприклад, модернізація енергетичного устаткування. Повинна бути приділена увага менш очевидним можливостям досягнення енергетичної ефективності. Прикладами «менш очевидних» можливостей енергозбереження є зміна систем енергопостачання, а саме, застосування когенерації або використання відходів як палива чи зміна методів виробництва для використання дешевших енергетичних ресурсів.

Можливості енергозбереження можна розбити за категоріями застосування або з альтернативними вирішеннями однієї і тієї ж енергетичної проблеми. Найпоширенішим є поділ рекомендацій енергозбереження за їх вартістю. Безвитратні рекомендації:

- економніше використання наявних ресурсів;
- належне технічне обслуговування;
- закупівля палива з дешевшого джерела.

Низьковитратні рекомендації:

- встановлення ефективнішого обладнання;
- встановлення нових (автономних) пристроїв управління;
- поліпшення теплоізоляції цехів;
- навчання персоналу;

– контроль і оперативне планування енергоспоживання.

Високовитратні рекомендації:

- заміна більшості енергетичних установок;
- встановлення комплексних систем управління;
- когенерація;
- рекуперація теплоти.

Кожна рекомендація з енергозбереження повинна бути описана за наступними пунктами:

Необхідні зміни:

- модифікація заводу і будівель;
- заміна обладнання;
- модернізація обладнання/систем управління/ізоляції;
- технічне обслуговування обладнання;
- нова процедура управління.

Як ці заходи допоможуть заощадити енергію (і/або кошти):

- скорочення втрат;
- скорочення зайвих операцій;
- підвищення ефективності використання енергії;
- застосування дешевших енергетичних ресурсів.

Фінансові витрати і вигоди:

- капітальні витрати;
- амортизація обладнання підприємства;
- витрати на технічне обслуговування;
- енергетичні витрати;
- аналіз ефективності фінансових витрат.

Основні категорії змін в енергоспоживанні:.

- Ліквідація безпосередніх втрат (ізолювання труб, усунення витоків, повернення конденсату).

- Скорочення надмірного енергоспоживання (управління тривалістю робіт і температурою, ефективна передача енергії).
- Скорочення зайвої потужності (використання обладнання з меншою потужністю, ліквідація подачі енергії в місця, де вона непотрібна).
- Максимізація ефективності перетворення енергії (підвищення ефективності котла, компресора).
- Утилізація тепла, що відводиться (рекуперація теплоти, рециркуляція повітря в системах ГВП).
- Використання найекономічнішого джерела енергії (найдешевше паливо, поновлювана енергія).

3.5. Перехресна перевірка енергозаощаджень

Розрахувавши потенційне енергозбереження для об'єкту дослідження, енергоаудитор повинен ретельно перевірити всі обчислення перед тим, як внести розрахунки у звіт з дослідження. Повторна перевірка даних необхідна, щоб переконатися, що економія узгоджується із загальним використанням енергії на об'єкті.

Найчастіше вживані прийоми перехресної перевірки:

- дослідження збереженої енергії як відсотка первинного енергоспоживання;
- оцінювання нормалізованих показників роботи;
- аналізування потоків енергії;
- дослідження несумісних рекомендацій;
- урахування зменшених граничних повернень.

Особливо важливо переконатися в реальності запропонованих заходів заощадження енергії, щоб уникнути ситуації, коли ви проголосите, що можете заощадити більше енергії, ніж об'єкт споживає в даний час. Також важливо встановити несумісні рекомендації щодо заощадження енергії, тобто

можливість впровадження тільки однієї рекомендації з двох. Звівши в таблицю всі рекомендації за проектом, найменш прийнятні з несумісних рекомендацій слід помістити в дужки і виключити із загального списку потенційних заощаджень. Концепція «Зменшених граничних повернень» добре знайома економістам, проте та сама концепція у ряді випадків прийнятна до заходів з енергозбереження. Вона використовується, коли значення потенційного енергозбереження, отримане в результаті однієї дії, скорочується, якщо інша дія з економії енергії проведена раніше

3.6. Заощадження первинних і вторинних енергоресурсів

Одна з найважливіших (але якою часто нехтують) особливостей звіту з енергоаудиту – це відмінність між економією первинної і вторинної енергії. Ці особливості полягають в наступному.

Заощадження палива шляхом економії вторинної енергії. Економія вторинної енергії впливає на споживання первинної. Найпростіший шлях обчислення економії первинної енергії - поділити розмір економії вторинної енергії на коефіцієнт перетворення (електростанції або котла). Іноді економія вторинної енергії чинить негативний вплив на завантаження заводу і впливає на розподіл втрат (зниження рівня споживання пари також може скоротити її миттєві втрати в резервуарах збирання конденсату).

Ефект від заміни палива. Заміна одного палива іншим зазвичай проводиться у випадках, коли є можливість придбати інше паливо за нижчою вартістю на одиницю вмісту енергії. Фінансовий розрахунок заощаджень повинен також враховувати можливість зміни витрат на ремонт обладнання. Крім того, заміна палива може змінити коефіцієнти перетворення.

Регенерація теплоти. Якщо потоки енергії отримуються з регенеруючих систем або виводяться як побічний продукт систем перетворення енергії (теплота низької температури виділяється з системи

когенерації), економія в цих енергопотоках не обов'язково є результатом збереження первинної енергії. Наприклад, якщо гаряче водопостачання проводиться системою когенерації, яка в іншому випадку викинула б цю теплоту в атмосферу, тоді економія гарячої води не зберігає первинне паливо, на якому працює система когенерації. Навпаки, якщо теплота низької температури з установки когенерації забезпечує тільки частину необхідного запасу теплоти, а інша частина поповнюється електричним опалюванням, тоді економія гарячої води відіб'ється на заощадженні електроенергії.

3.7. Життєздатність проекту

Одне із найчастіших заперечень рекомендаціям енергоаудитора – це те, що рекомендації в запропонованому проекті не врахували інші життєво важливі, але такі, що не стосуються енергозбереження, питання.

Приклади зауважень щодо життєздатності проекту:

- ефективність енергозбереження;
- аналіз цінової чутливості;
- вплив на виробничий процес;
- доступність палива;
- вимоги з техніки безпеки;
- законодавство про охорону навколишнього середовища;
- необхідність в додатковому навчанні персоналу;
- нормативи підприємства.

3.8. Оцінка витрат

Обчислення капітальної вартості проекту з енергозбереження – це ключовий момент звіту. Невірно оцінені витрати можуть легко підірвати довіру до звіту в цілому. Зазвичай причина недооцінки витрат викликана не

власне недооцінкою витрат, а упущенням загальної вартості компонентів. Типові приклади компонентів, які слід включити в розрахунок загальної вартості енергозберігаючого проекту (даний список не є вичерпним):

- вартість закупівлі енергозберігаючого обладнання;
- закупівельна вартість допоміжного обладнання (а саме, регуляторів, інструментів, захисного обладнання, обхідних пристроїв);
- витрати на доставку (митні формальності і установка обладнання);
- страхування;
- витрати на ізоляцію;
- тестування і введення установки в промислову експлуатацію;
- виплати за консультації;
- витрати на цивільне будівництво;
- витрати на переміщення виробничого обладнання;
- діяльність, необхідна для виконання вимог техніки безпеки;
- перебудова каркаса будівлі, зумовлена встановленням нового обладнання;
- перевірка ліцензування/сертифікації/страхування;
- навчання персоналу;
- вартість втраченої продукції.

Типові джерела оцінки витрат:

- прайс-листи на обладнання;
- публікації з оцінки витрат:
 - вартість обладнання;
 - витрати на оплату праці;
 - загальні середні витрати;
- бюджетні витрати постачальників/монтувальників;
- розцінки постачальників/ монтажників;
- інформація про вартість попередніх впроваджених проектів.

Способи визначення вартості можуть бути взяті з різних джерел. Найнадійнішим з них є особистий досвід виконання аналогічного проекту у минулому, але навіть у такому випадку слід обережно ставитися до чинників, які можуть викликати значну цінову різницю в двох аналогічних проектах. Наприклад, встановлення електронного контрольного обладнання на нафтохімічному заводі може коштувати набагато дорожче, ніж аналогічна установка на пивоварному заводі, внаслідок необхідності використовувати обладнання, яке сертифіковане для використання у вибухонебезпечному середовищі.

Також корисно використовувати котирування і бюджетні розцінки постачальників та ціни, взяті з цінових брошур. Важливо переконатися, що ці джерела враховують всі вартісні компоненти, а саме, доставку, встановлення, налагодження обладнання.

РОЗДІЛ 4

МЕТОДИ ОЦІНКИ ВИМІРІВ

Вимір є основною складовою частиною будь-якого експерименту. Від ретельності вимірів і подальших обчислень залежать результати експерименту.

Вимір - це процес знаходження якої-небудь фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів, це пізнавальний процес порівняння величини чого-небудь з відомою величиною, прийнятою за еталон.

Виміри бувають *статичними*, коли вимірювана величина не змінюється і *динамічними*, коли вимірювана величина міняється (наприклад, вимір пульсуючих процесів).

Виміри підрозділяють на прямі і непрямі. При *прямих* вимірах шукану величину встановлюють безпосередньо з досвіду, при *непрямих* - функціонально від інших величин, визначених прямими вимірами.

Розрізняють три класи вимірів:

Особливо точні - еталонні виміри з максимально можливою точністю.

Високоточні - виміри, погрішність яких не повинна перевищувати заданих значень.

Технічні - виміри, в яких погрішність визначається особливостями засобів виміру.

Точність виміру - це міра наближення виміру до дійсного значення величини.

Достовірність виміру показує міру довіри до результатів виміру, тобто вірогідність відхилень виміру від дійсних значень.

Погрішність виміру - це алгебраїчна різниця між дійсним значенням вимірюваної величини і отриманим при вимірі.

Способи виміру, їх характеристики

До засобів вимірів відносять вимірювальний інструмент, вимірювальні прилади і установки. Вимірювальні засоби діляться на зразкові і технічні.

Зразкові засоби є еталонами. Вони призначені для перевірки технічних, тобто робочих засобів.

Вимірювальні прилади підрозділяють на показуючі і реєструючі.

Вимірювальна установка є системою, що складається з основних і допоміжних засобів виміру.

Вихідний сигнал вимірювальних засобів фіксується відліковими пристроями, які бувають шкальні, цифрові і реєструючі.

Відстань в міліметрах між двома суміжними відмітками на шкалі називають *довжиною ділення шкали*.

Різниця між значеннями вимірюваної величини, відповідну початку і кінцю шкали, називають *діапазоном показань приладу*.

Погрішність приладу:

$$\text{- абсолютна } b = \pm(x_u - x_o),$$

де x_o - свідчення приладу (номінальне значення вимірюваної величини);

x_a - дійсне значення вимірюваної величини точнішим методом.

$$\text{- відносна } b_{om} = \pm \frac{(x_u - x_o)}{x_o} \cdot 100, \%$$

$$\text{- приведена } b_{om} = \pm \frac{(x_u - x_o)}{x_{np}},$$

де x_{np} - яке-небудь значення шкали вимірювального пристрою (діапазон вимірів), довжина шкали.

Діапазоном вимірів називають ту частину діапазону приладу, для якої встановлені погрішності приладу.

Різниця між максимальним і мінімальним показаннями приладу називається *розмахом*.

Чутливість - це здатність відлічуючого пристрою реагувати на зміну вимірюваної величини.

Під *порогом чутливості* приладу розуміють найменше значення вимірюваної величини, що викликає зміну свідчення приладу, яке можна зафіксувати.

Точність приладу характеризується сумарною погрішністю. Засоби виміру діляться на класи точності залежно від похибок, що припускаються.

Клас точності приладу (1-й - найвищий, 4-й - найнижчий) позначає додаткову, сумарну, відносну погрішність від верхньої межі вимірів. Так, якщо клас точності дорівнює 1, то відносної похибки, що припускається, рівна $\pm 1\%$.

Стабільність або відтворюваність приладу - це властивість відлікового пристрою забезпечувати постійність свідчень однієї і тієї ж величини.

Під градуванням розуміють мічення на шкалу відлічуючого пристрою по задалегідь відомій вимірюваній величині.

Важливим моментом в організації експерименту є вибирання засобів виміру. Засоби виміру повинні: максимально відповідати тематиці, меті і задачі дослідницької роботи, виконання експерименту в можливо найкоротший термін, забезпечувати необхідну якість експериментальних робіт, тобто задану міру точності при мінімальній кількості вимірів, високу відтворюваність, вимоги техніки безпеки і пожежної профілактики.

Основні поняття і визначення теорії погрішності

Погрішність виміру - це відхилення результату виміру від дійсного значення вимірюваної величини.

Точність вимірів характеризує їх якість і відображає близькість отриманих результатів до дійсного значення вимірюваної величини.

Абсолютною погрішністю називають різницю між виміряним x значенням вимірюваної величини і достеменним X значенням вимірюваної величини

$$\Delta = x - X$$

Використання абсолютної погрішності зручне при внесенні поправок до результатів експерименту, проте її значення не характеризує точність експерименту.

Відносною погрішністю називають відношення абсолютної погрішності виміру до дійсного значення вимірюваної величини

$$\delta = \frac{\Delta}{X}$$

Відносна погрішність найчастіше виражається у відсотках і дає найбільш ясне уявлення про погрішність вимірів.

Розрізняють погрішності вимірів трьох типів: систематичну, випадкову і грубу.

Систематична погрішність виміру - складова погрішності виміру, що залишається постійною або що закономірно змінюється при повторних вимірах однієї і тієї ж величини.

Випадковою називають складову погрішності вимірів, обумовлену дією декількох чинників, змінних випадковим чином при повторних вимірах однієї і тієї ж величини. Випадкові погрішності викликані суб'єктивними і об'єктивними причинами, підвищення точності визначення параметра, що містить випадкову складову погрішності можна збільшенням кількості експериментів.

Груба погрішність виміру - це погрішність, що суттєво перевищує очікувану за даних умов. Причиною грубої погрішності можуть бути короткочасна зміна живлючої напруги, неправильний відлік показань приладу і т.д.

Характеристики випадкових величин

Аналіз випадкових погрішностей ґрунтується на *теорії випадкових помилок*. Ця теорія дає можливість з певною гарантією обчислити дійсне значення і оцінити можливі помилки, по яких судять про дійсне значення шуканої величини.

В основі теорії випадкових помилок лежить припущення про те, що при великому числі вимірів випадкові погрішності однакової величини, але різного знаку, зустрічаються однаково часто; великі погрішності зустрічаються рідше, ніж малі, або вірогідність появи погрішності зменшується із зростанням її величини; при нескінченно великому числі вимірів дійсне значення вимірюваної величини дорівнює середньоарифметичному значенню всіх результатів вимірів: поява того або іншого результату виміру як випадкової події описується нормальним законом розподілу.

Розрізняють генеральну і вибірку сукупність вимірів. Під *генеральною сукупністю* розуміють всю безліч можливих значень вимірів x_i або можливих значень погрішностей Δx_i . Для вибіркової сукупності кількість вимірів n обмежена і у кожному конкретному випадку строго визначається. Зазвичай вважають, що якщо $n > 30$, то середнє значення даної сукупності вимірів \bar{x} досить наближається до його дійсного значення.

Теорія випадкових помилок дозволяє вирішити дві основні задачі: оцінити точність і надійність виміру при даній кількості вимірів; визначити мінімальну кількість вимірів, що гарантує необхідну (задану) точність і надійність виміру. Разом з цим виникає необхідність виключити грубі помилки ряду, визначити достовірність отриманих даних.

Інтервальна оцінка за допомогою довірчої вірогідності

Для великої вибірки і нормального закону розподілу загальною оцінною характеристикою виміру є дисперсія D і коефіцієнт варіації (сігма – середньоквадратичне відхилення, дорівнює кореню з дисперсії)

$$D = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_1^n (x_i - \bar{x})^2; K_s = \frac{\sigma}{x}$$

У теорії вірогідності і математичній статистиці користуються декількома законами розподілу випадкової величини. Найчастіше використовується *нормальний закон розподілу Гауса*, щільність розподілу вірогідності при якому визначається рівнянням

$$P(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{(x - X)^2}{2 \cdot \sigma^2}\right],$$

де X - дійсне значення вимірюваної величини.

Дисперсія характеризує однорідність виміру. Чим вище D , тим більше розкид вимірів. Коефіцієнт варіації характеризує мінливість. Чим він вищий, тим більше мінливість вимірів відносно середніх значень.

Довірчим називається інтервал значень x_i , в який потрапляє дійсне значення x_0 вимірюваної величини із заданою вірогідністю. Довірчою вірогідністю виміру називається вірогідність P_0 того, що дійсне значення x_0 вимірюваної величини потрапляє в даний довірчий інтервал.

Довірча вірогідність описується наступним вираженням

$$P_0 = P(a < m(x) < b) = \frac{1}{2} \cdot \left[\Phi\left(\frac{b - \bar{x}}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{a - \bar{x}}{\sigma}\right) \right],$$

де $\Phi(t)$ - функція Лапласа, аргументом якої є відношення відхилення μ до середньоквадратичному σ , тобто $t = \mu / \sigma$, де $\mu = b - \bar{x} = -(a - \bar{x})$, t - гарантійний коефіцієнт. Чисельне значення $\Phi(t)$ наводяться в таблицях.

Значення $1 - \Phi(t)$ називають рівнем значущості. З нього виходить, що при нормальному законі розподілу погрішність, що перевищує довірчий інтервал, зустрінатиметься один раз з n_u вимірів

$$n_u = \frac{P_o}{1 - P_o}$$

або інакше доводиться бракувати один з n_u вимірів.

Встановлення мінімальної кількості вимірів

Для проведення дослідів з необхідною точністю і достовірністю необхідно знати ту кількість вимірів, при якій досягається позитивні результати. Оскільки надмірно велика кількість вимірів вимагає значних витрат часу і ресурсів, одним з першочергових завдань є встановлення мінімального, але достатнього для даних умов числа вимірів.

Задача зводиться до встановлення мінімального об'єму вибірки (числа вимірів) N_{min} при заданих значеннях довірчого інтервалу 2μ і довірчої вірогідності. При виконанні вимірів необхідно знати їх точність Δ , яку зазвичай характеризують σ_0 - середньоарифметичне значення середньоквадратичного відхилення

$$\sigma_0 = \sigma / \sqrt{n}; \Delta = \sigma_0 \cdot \sqrt{x}$$

Значення σ_0 часто називають середньою помилкою. Довірчий інтервал помилки виміру Δ визначається аналогічно, як і для вимірів $\mu = t \cdot \sigma_0$.

У дослідженнях часто по заданій точності Δ і довірчій вірогідності виміру визначають мінімальну кількість вимірів, що гарантує необхідні значення Δ і $\Phi(t)$.

Мінімальну кількість вимірів можна визначити по наступній формулі

$$N_{min} = \frac{\sigma^2 \cdot t^2}{\sigma_0^2} = \frac{K_6^2 \cdot t^2}{\Delta^2},$$

тут K_g - коефіцієнт варіації, %;

Δ - точність вимірів, %.

Для обчислення N_{min} може бути прийнята наступна послідовність:

1. Проводять попередній експеримент з кількістю вимірів n , яке складає залежно від трудомісткості дослідження від 20 до 50.

2. Обчислюють середньоквадратичне відхилення σ .

3. Відповідно до поставлених задач експерименту встановлюють необхідну точність вимірів μ , Δ , яка має бути не менше точності приладу.

4. Встановлюють нормоване відхилення t , значення якого зазвичай задають; воно залежить також від точності методу. Наприклад, при великій точності вимірів можна прийняти $t=1,0$, при малій - $t=2,0$.

5. Визначають N_{min} . Надалі число вимірів не має бути менше розрахованого значення.

Оцінки вимірів з допомогою σ і σ_0 по приведених методах справедливі при $n > 30$.

Для знаходження кордонів довірчого інтервалу при малих значеннях застосовують метод, запропонований Стьюдентом. Для малої вибірки довірчий інтервал $\mu_{cm} = \sigma_0 \cdot \alpha_{cm}$, де α_{cm} - коефіцієнт Стьюдента, який можна прийняти з таблиць залежно від значень довірчої вірогідності Φ_{cm} .

Знаючи μ_{cm} , можна обчислити дійсне значення величини, що вивчається, для малої вибірки

$$x_0 = \bar{x} \pm \mu_{cm}$$

Можлива інша постановка задачі. По n відомих вимірів малої вибірки необхідно визначити довірчу вірогідність P_d за умови, що погрішність середнього значення не вийде за межі $\pm \mu_{cm}$.

Задачу вирішують в наступній послідовності. Обчислюють середнє значення $\bar{x}, \sigma_0, \alpha_{cm} = \frac{\mu_{cm}}{\sigma_0}$. За допомогою величини α_{cm} , відомого n і таблиці $\alpha_{cm} = f(P_0)$ при різних n визначають довірчу вірогідність за допомогою зворотної інтерполяції.

Виключення грубих помилок ряду

Поява цих помилок цілком імовірно, а наявність їх відчутно впливає на результати вимірів. Так, вже одна груба помилка в 25-ти вимірах і менш спотворює результати вимірів. При аналізі експерименту необхідно, перш за все, виключити грубі помилки, проте перш ніж виключити те або інше значення необхідно переконатися, що це дійсно груба помилка, а не відхилення унаслідок статистичного розкиду.

Найбільш простим способом виключення з ряду виміру, що різко виділяється, є правило трьох сигм. Розкид випадкових величин від середнього значення не перевищує $x_{\max, \min} = \bar{x} \pm 3 \cdot \sigma$.

Достовірнішими є методи, що базуються на використанні довірчого інтервалу.

Хай є статистичний ряд малої вибірки, що підкоряється нормальному закону розподілу. За наявності грубих помилок критерії їх появи

$$\beta_1 = \frac{x_{\max} - \bar{x}}{\sigma \cdot \sqrt{\frac{n-1}{n}}}; \quad \beta_2 = \frac{\bar{x} - x_{\min}}{\sigma \cdot \sqrt{\frac{n-1}{n}}},$$

де x_{\max}, x_{\min} - відповідно найбільше і найменше значення з n вимірів.

Після визначення β_1 і β_2 необхідно порівняти їх з табличним значенням β_{\max} - максимального значення, в результаті якого може виникати статистичний розкид. У таблиці β_{\max} приведені для різних значень довірчої

вірогідності і кількості вимірів n . Якщо $\beta_1 > \beta_{\max}$, то значення x_{\max} необхідно виключити із статистичного ряду як грубу погрішність. При $\beta_2 < \beta_{\max}$ - виключається величина x_{\min} . Після виключення грубих помилок визначають нові значення \bar{x} і σ з $n-1$ або $n-2$ вимірів.

Другий метод встановлення грубих помилок заснований на використанні критерію Романовського і також застосовний для малої вибірки. Задаються довірчою вірогідністю P_0 , і по таблиці залежно від n знаходять коефіцієнт q . Обчислюють гранично допустиму абсолютну помилку окремого виміру $\varepsilon_{np} = \sigma \cdot q$.

Якщо $\bar{x} - x_{\max} > \varepsilon_{np}$, то вимір x_{\max} виключають з ряду спостережень.

В разі глибокого аналізу експериментальних даних рекомендується наступна методика.

1. Після здобуття експериментальних даних у виді статистичного ряду заздалегідь виключають систематичні помилки.

2. Аналізують ряд в цілях виявлення грубих помилок і промахів:

- встановлюють підозрілі значення x_{\max} і x_{\min} ;

- визначають середньоквадратичне відхилення σ ;

- обчислюють критерії β_1 і β_2 і зіставляють з $\beta_{\min}, \beta_{\max}$ або ε_{np} ;

- виключають при необхідності із статистичного ряду x_{\max} або x_{\min} і

отримують новий ряд з нових членів;

3. Обчислюють середньоарифметичне \bar{x} , погрішності окремих вимірів $\bar{x} - x_i$ і середньоквадратичне очищеного ряду σ .

4. Знаходять середньоквадратичне σ_0 серії вимірів, коефіцієнт варіації K_g .

5. При великій вибірці задаються довірчою вірогідністю $P_0 = \Phi(t)$ або рівнянням значущості $1 - \alpha$ і по таблиці визначають t . При малій вибірці ($n \leq 20$)

залежно від прийнятої довірчої вірогідності P_d і числа членів ряду n приймають коефіцієнт Стюдента α_{cm} ; для великої вибірки по формулі

$$D = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_1^n (x_i - \bar{x})^2; \quad K_e = \frac{\sigma}{x}, \quad \text{а для малої вибірки по формулі} \quad \mu_{cm} = \sigma_0 \cdot \alpha_{cm}$$

визначають довірчий інтервал.

6. Встановлюють дійсне значення досліджуваної величини.

7. Оцінюють відносну погрішність результатів серії вимірів при заданій довірчій вірогідності P_d

$$\delta = \frac{\sigma_0 \cdot \alpha_{cm}}{x} \cdot 100\%$$

Статистичні критерії і їх вживання

Статистична гіпотеза - це деяке припущення відносно властивостей генеральної сукупності випадкової величини.

Перевірка статистичної гіпотези полягає в порівнянні статистичних показників, визначуваних по вибірці, із значеннями цих же показників, визначених теоретично для якої-небудь гіпотези.

При перевірці статистичних гіпотез задаються рівнем значущості $q = 1 - p$, де p - довірна вірогідність виконання гіпотези. Найчастіше на практиці використовують значення q , рівні 0,05 і 0,02, причому менше значення q відповідає результатам вимірів, отриманим з вищою вірогідністю. Порівнюючи деяке значення випадкової величини (статистичного критерію), обчислене з вибірки, з табличним значенням цього ж параметра, можна зробити вивід про те, чи може бути прийнята дана гіпотеза або вона має бути знехтувана. Вірогідність прийняття гіпотези відповідатиме заданому рівню значущості. Наприклад, при $q = 0,02$ вірогідність того, що пропонується гіпотеза є вірною, складає 98%.

В результаті експерименту отримують статистичний ряд зазвичай парних, однофакторних (x_i, y_i) або багатфакторних (a_i, b_i, c_i, \dots) вимірів.

Статистичні виміри піддають обробці і аналізу, підбирають емпіричні формули і встановлюють їх достовірність.

Критерій Фішера (F -критерій) використовується при перевірці однорідності двох вибірових дисперсій (відтворюваності результатів вимірів). Він є відношенням більшої вибіркової дисперсії до меншої

$$F = S_1^2 / S_2^2$$

Якщо $F < F_m$ (F_m - табличне значення критерію Фішера), дисперсії S_1^2 і S_2^2 можуть бути віднесені до однієї генеральної сукупності і розбіжність між ними можна прийняти випадковим. При $F > F_m$ дисперсії S_1^2 і S_2^2 значимо відрізняються одна від одної і гіпотеза про їх однорідність відкидається.

РОЗДІЛ 5

ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРИ

Більшість технологічних процесів йде зараз по шляху автоматизації. Крім того, управління численними механізмами і агрегатами, а часто і машинами просто немислимо без точних вимірювань всіляких фізичних величин. Важливим є вимір тиску, вимірювання кутової швидкості, а також лінійної і багато-багато інших. Але найпоширенішими (близько 50%) є температурні виміри. Приміром, середня за величиною атомна станція налічує приблизно 1500 контрольних (вимірювальних) точок, а велике хімічне виробництво, налічує таких вже близько 20 тис. Так як діапазон вимірювань і їх умови можуть сильно відрізнятися один від одного, розроблені різні по точності, стійкості, швидкодії типи датчиків (і первинних перетворювачів). Якого б типу не був температурний датчик, загальним для всіх є принцип перетворення. А саме: вимірювана температура перетворюється в електричну величину (якраз за це і відповідає первинний перетворювач). Це обумовлено тим, що електричний сигнал просто передавати на великі відстані (висока швидкість прийому-передачі), легко обробляти (висока точність вимірів) і, нарешті, швидкодія. Далі, пропонуємо вам ознайомитися з різними видами датчиків температури, а в кінці статті з список питань які необхідно вирішити перед покупкою датчика температури.

Види датчиків температури, за типом дії

Терморезистивні термодатчики

Терморезистивні термодатчики - засновані на принципі зміни електричного опору (напівпровідника або провідника) при зміні температури. Розроблені вони були вперше для океанографічних досліджень. Основним

елементом є терморезистор - елемент змінює свій опір залежно від температури навколишнього середовища.

Безперечні переваги термодатчиків цього типу це довготривала стабільність, висока чутливість, а також простота створення інтерфейсних схем.

В залежності від матеріалів використовуваних для виробництва терморезистивного датчиків розрізняють: **Резистивні детектори температури (РДТ)**. Ці датчики складаються з металу, найчастіше платини. В принципі, будь який метал змінює свій опір під впливом температури, але використовують платину так як вона володіє довготривалою стабільністю, міцністю і відтворюваністю характеристик. Для вимірювань температур понад 600°C може використовуватися також вольфрам. Мінусом цих датчиків є висока вартість і нелінійність характеристик.

Кремнієві резистивні датчики. Переваги цих датчиків-хороша лінійність і висока довготривала стабільність. Також ці датчики можуть вбудовуватися прямо в мікроструктуру.

Термістори. Ці датчики виготовляються з метал-оксидних сполук. Датчик вимірює тільки абсолютну температуру. Істотним недоліком термісторів є необхідність їх калібрування та велика нелінійність, а також старіння, однак при проведенні всіх необхідних налаштувань можуть використовуватися для прецизійних вимірювань.



Рисунок 5.1 - Термістор

Напівпровідникові

В якості прикладу зображено напівпровідниковий датчик температури LM75A, що випускається фірмою NXP Semiconductors. Діапазон вимірювань цього датчика від -55 до +150. Напівпровідникові датчики реєструють зміна характеристик p_n переходу під впливом температури. В якості термодатчиків можуть бути використані будь які діоди або біполярні транзистори. Пропорційна залежність напруги на транзисторах від абсолютної температури (в Кельвінах) дає можливість реалізувати досить точний датчик.

Переваги таких датчиків - простота і низька вартість, лінійність характеристик, маленька похибка. Крім того, ці датчики можна формувати прямо на кремнієвій підкладці. Все це робить напівпровідникові датчики дуже затребуваними.

Термоелектричні (термопари)

Термоелектричні перетворювачі - інакше, термопари. Вони діють за принципом термоелектричного ефекту, тобто завдяки тому, що в будь-якому замкнутому контурі (з двох різнорідних напівпровідників або провідників) виникає електричний струм, у разі якщо місця зпайки відрізняються по температурі. Так, один кінець термопари (робочий) занурений в середовище, а інший (вільний) - незанурений. Таким чином, виходить, що термопари це відносні датчики і вихідна напруга буде залежати від різниці температур двох частин. І майже не буде залежати від абсолютних їх значень.



Рисунок 5.2 – Термопара

Виглядати термопара може так, як показано на малюнку. Це термопара ДТПКХХ4, вона вимірює температуру в межах від -40 до +400. Діапазон вимірюваних з їх допомогою температур, від -200 до 2200 градусів, і прямо залежить від використовуваних в них матеріалів. Наприклад, термопари з неблагородних металів - до 1100 ° С. Термопари із благородних металів (платинова група) - від 1100 до 1600 градусів. Якщо необхідно провести виміри температур понад цього, використовуються жаростійкі сплави (основою служить вольфрам). Як правило використовується в комплекті з мілівольтметром, а вільний кінець (конструктивно виведений на голівку) віддалений від вимірюваного середовища за допомогою подовжуючого проводу. Одним з недоліків термопари є досить велика похибка. Найбільш поширеним способом застосування термопар є електронні термометри.

Пірометри

Пірометри - безконтактні датчики, які реєструють випромінювання виходить від нагрітих тіл. Основною перевагою пірометрів (на відміну від попередніх температурних датчиків) є відсутність необхідності поміщати датчик безпосередньо в контрольоване середовище. В результаті такого занурення часто відбувається спотворення досліджуваного температурного поля, не кажучи вже про зниження стабільності характеристик самого датчика.

Розрізняють три види пірометрів:

Флуоресцентні. При вимірюванні температури за допомогою флуоресцентних датчиків на поверхню об'єкта, температуру якого необхідно виміряти, наносять фосфорні компоненти. Потім об'єкт піддають впливу ультрафіолетового імпульсного випромінювання, в результаті якого виникає післявипромінювання флуоресцентного шару, властивості якого залежать від температури. Це випромінювання детектується і аналізується.

Інтерферометричні. Інтерферометричні датчики температури базуються на порівнянні властивостей двох променів - контрольного та пропущеного через середовище, параметри якої змінюються в залежності від температури. Чутливим елементом цього типу датчиків найчастіше виступає тонкий кремнієвий шар, на коефіцієнт заломлення якого, а, відповідно, і на довжину шляху променя, впливає температура.

Датчики на основі розчинів, що міняють колір при температурному впливі. У цьому типі датчиків-пірометрів застосовується хлорид кобальту, розчин якого має тепловий зв'язок з об'єктом, температуру якого необхідно виміряти. Коефіцієнт поглинання видимого спектру у розчину хлориду кобальту залежить від температури. При зміні температури змінюється величина пройшовшого розчин світла.

Акустичні

Акустичні термодатчики - використовуються переважно для вимірювання середніх і високих температур. Акустичний датчик побудований на принципі того, що в залежності від зміни температури, змінюється швидкість поширення звуку в газах. Складається з випромінювача і приймача акустичних хвиль (просторово рознесених). Випромінювач випускає сигнал, який проходить через досліджувану середу, в залежності від температури швидкість сигналу змінюється і приймач після отримання сигналу вираховує цю швидкість.

Використовуються для визначення температур, які не можна виміряти контактними методами. Також застосовуються в медицині для неінвазивного (без операційного проникнення всередину тіла хворого) вимірювання глибинної температури, наприклад, в онкології. Недоліками таких вимірювань є те, що при дотику вони можуть викликати відповідні фізіологічні реакції, що в свою чергу спричиняє спотворення вимірювання глибинної температури. Крім того, можуть виникати відображення на межі «датчик-тіло», що також здатне викликати похибки.

П'єзоелектричні

У датчиках цього типу головним елементів є кварцовий п'єзорезонатор.

Як відомо п'єзоматеріал змінює свої розміри при впливі струму (прямий п'єзо ефект). На цей п'єзоматеріал поперемінно передається напруга різного знаку, від чого він починає коливатися. Це і є п'єзорезонатор. З'ясовано, що частота коливань цього резонатора залежить від температури, це явище і покладено в основу п'єзоелектричного датчика температури. На що необхідно звернути увагу при виборі датчиків температури.

РОЗДІЛ 6

ТЕПЛОВІ ЛІЧИЛЬНИКИ

Теплолічильники (ТЛ) складаються з двох основних функціонально самостійних частин: теплообчислювача (ТО) і датчиків (витрати, температури і тиску теплоносія).

Теплообчислювач - це спеціалізований мікропроцесорний пристрій, призначений для оброблення сигналів від датчиків, перетворення їх в цифрову форму, обчислення кількості теплової енергії відповідно до прийнятого алгоритму, індикації і зберігання в енергонезалежній пам'яті приладу параметрів теплоспоживання.

Датчики витрати - найбільш важливий елемент ТЛ в сенсі впливу на його технічні та споживчі характеристики. Саме датчик витрати визначає якість ТЛ.

В якості датчика витрати можуть застосовуватися функціонально завершений самостійний пристрій, для якого прийнято узагальнену назву - перетворювач витрати (ПВ), або первинний перетворювач витрати (ППВ), здатний функціонувати лише спільно з ТО конкретного типу.

У першому випадку датчик витрати формує уніфікований вихідний сигнал, який може оброблятися різними ТО, чий входи узгоджені з вихідними сигналами датчика витрати. Такою комплектацією теплолічильника певною мірою забезпечується уніфікація приладів обліку тепла.

Перетворювач витрати складається з первинного та вторинного перетворювачів витрати. Вторинний перетворювач витрати (ВПВ) - це електронний блок, який може бути конструктивно поєднаний з ППВ, а може мати роздільне виконання. У деяких випадках ВПВ є функціональною частиною ТО, причому ВПВ і ТО монтуються в одному корпусі, а іноді й на одній платі.

Існують різні способи вимірювання витрати теплоносія, наприклад: електромагнітний, ультразвуковий, вихровий та ін. За способом вимірювання витрати, реалізованим у теплотічильнику, прийнято коротко називати теплотічильник електромагнітним, ультразвуковим, вихровим і т.ін.

У переважній більшості теплотічильників виконується вимірювання об'ємної витрати теплоносія і подальше обчислення масової витрати на основі даних про температуру і густину (температура вимірюється, густина обчислюється).

Датчики температури не мають будь-яких істотних особливостей, які потребують спеціального обговорення. Зазвичай в якості датчиків температури в складі теплотічильника застосовують підібрані за метрологічними характеристиками пари терморезисторів, які підключаються до ТО за дво-, три- або чотирьохпроводною схемою. ТО виконує вимірювання величини активного опору, терморезистора, компенсацію похибок, внесених лініями зв'язку, і обчислення температури теплоносія.

Датчики тиску (ДТ) також незначною мірою впливають на технічні та споживчі властивості теплотічильника. Зазвичай ДТ мають уніфікований струмовий вихід 4 .. 20, 0 .. 20 або 0 .. 5 мА, а ТО - узгоджений з ним вхід.

Часто в ТО не передбачена можливість підімкнення ДТ. Якщо така можливість існує, для живлення ДТ може знадобитися додаткове джерело напруги (якщо він не вбудований у ТО).

Температура і тиск теплоносія є вихідними параметрами для визначення його питомої ентальпії.

Останнім часом все частіше відчувається потреба в реєстрації фактичного тиску в системі з метою контролю параметрів теплоспоживання та вирішення суперечок з теплопостачальною організацією.

Номенклатура теплотічильників, допущених до застосування в комерційних вузлах обліку теплової енергії, дуже широка (сотні найменувань приладів вітчизняного та імпортного виробництва).

Датчики витрати теплоносія

Для вимірювання витрати теплоносія найбільшого поширення набули датчики витрати зі звужуючими пристроями, ультразвукові, електромагнітні, вихрові і тахометричні датчики витрати.

Датчики витрати із звужуючими пристроями або датчики витрати змінного перепаду тиску використовують залежність перепаду тиску на звужуючому пристрої, встановленому в трубопроводі, від витрати.

Ці витратоміри мають ряд переваг, основними з яких є: висока надійність вимірювань і низька залежність якості вимірювань від фізико-хімічних властивостей вимірюваної рідини. Проте ці прилади мають і недоліки, наприклад, вузький динамічний діапазон, нелінійність характеристик, високий гідравлічний опір, що надається потоку рідини первинним перетворювачем, необхідність демонтажу для щорічної перевірки, складність експлуатації, складний монтаж, необхідні довгі прямі ділянки трубопроводу до і після місця встановлення ППВ. Ці недоліки утруднюють застосування даних приладів і стають очевидними порівняно з перевагами, що створюються застосуванням сучасних приладів інших типів. Датчики даного типу у складі теплолічильників витісняються іншими видами датчиків витрати.

Принцип дії ультразвукових датчиків витрати заснований на випромінюванні і прийманні ультразвукового сигналу та вимірюванні різниці часу його поширення по потоку рідини і проти нього. Вимірювана різниця часу поширення сигналу пропорційна середній швидкості потоку рідини та її витраті. Деякі ультразвукові водолічильники мають портативні переносні модифікації, які дозволяють проводити оперативні вимірювання на різних трубопроводах і отримувати загальну інформацію про споживання і розподіл теплоносія.

Ультразвукові датчики витрати мають такі переваги: не створюють гідравлічного опору потоку середовища, забезпечують порівняно широкий

динамічний діапазон і високу лінійність вимірювань, мають високу точність і надійність, можуть повірятися безпроливними (імітаційними) методами без демонтажу з трубопроводу.

Для ультразвукових витратомірів характерні необхідні довгі прямі ділянки, необхідність виконання високоточних лінійних вимірювань при монтажі, чутливість до «заповітрювання» середовища, стану внутрішньої поверхні трубопроводу (якщо застосовуються накладні датчики витрати).

Поява багатопроменевих ультразвукових витратомірів дозволила скоротити довжини прямих ділянок у декілька разів. Застосування вимірювальних ділянок, виготовлених в заводських умовах, виключає необхідність виконання високоточних лінійних вимірювань безпосередньо на трубопроводі, можливість вибору між врізними і накладними датчиками дозволяє врахувати стан внутрішньої поверхні трубопроводу.

Ультразвукові витратоміри для трубопроводів невеликих діаметрів, як правило, виготовляються з вимірювальними ділянками, на яких встановлені врізні ППВ.

Певірка ультразвукових витратомірів може виконуватися імітаційним або проливним методами.

Для вимірювання витрати в трубопроводах великого діаметру (звичайних для джерел теплової енергії) слід віддавати перевагу багатопроменевим і багатоканальним витратомірам, в яких передбачена компенсація температурного впливу на швидкість ультразвуку, можливість застосування як накладних, так і врізних датчиків; які укомплектовані готовими вимірювальними ділянками, мають максимальну допустиму відстань між ППВ і обчислювальним блоком витратоміра, працездатні при температурі теплоносія до 180°C ; ППВ добре захищені від дії навколишнього середовища.

Принцип дії електромагнітних датчиків витрати заснований на явищі електромагнітної індукції. При проходженні електропровідної рідини через

імпульсне магнітне поле в ній наводиться електрорушійна сила, пропорційна середній швидкості потоку рідини і її витраті. Як ультразвукові, так і електромагнітні датчики витрати при вимірюванні не спричиняють впливу на вимірюваний потік, оскільки не створюють перешкод перебігу теплоносія.

Електромагнітні витратоміри забезпечують високу точність вимірювань (часто застосовуються як зразкові прилади), практично нечутливі до забруднення і фізико-хімічних властивостей рідини (єдине обмеження для сучасних приладів - рідина повинна бути електропровідною, з питомою провідністю не менше 10^{-5} Ом/м), мають широкий динамічний діапазон (до 200) і здатні вимірювати дуже малі витрати, створюють мінімальний гідравлічний опір потоку, нечутливі до осесиметричних змін профілю розподілу швидкостей потоку, мають високу швидкодію, не вимагають довгих прямих ділянок до і після місця установки приладу: (4÷8 Ду).

Електромагнітні витратоміри, в основному, застосовуються на трубопроводах невеликого діаметру (до Ду 300).

Вихровий метод вимірювання витрати заснований на вимірюванні частоти відриву вихорів (вихрова «доріжка Кармана»), що виникають при обтіканні потоком рідини зануреного в неї тіла обтікання. Частота відриву вихорів пропорційна середній швидкості потоку, а амплітуда коливань тиску - квадрату середньої швидкості (швидкісному натиску). Вимірювання частоти може виконуватися за допомогою ультразвукових або електромагнітних датчиків, датчиків тиску. Вихровий метод застосовується також для вимірювання витрати пари і газових середовищ.

Для вихрових витратомірів характерні такі позитивні особливості: вони малочутливі до фізико-хімічних властивостей рідини, однаково зручні для виконання вимірювань на трубопроводах малих і великих діаметрів, забезпечують високу точність вимірювань і швидкодію.

Для трубопроводів малих діаметрів вихрові витратоміри зазвичай конструктивно виконуються разом з вимірювальною ділянкою. Для

трубопроводів великого діаметру застосовуються витратоміри занурюваного типу (тіло обтікання розміщується по осі потоку на спеціальній штанзі).

Характеристики витратомірів недостатньо стабільні, динамічний діапазон недостатньо широкий (порівняно з динамічним діапазоном ультразвукових витратомірів і у декілька разів менше динамічного діапазону електромагнітних витратомірів), необхідні прямі ділянки досить великі - (10..20 Ду).

Тахометричні датчики витрати використовують залежність частоти обертання тіла, встановленого в трубопроводі (крильчатки, вісь якої перпендикулярна осі трубопроводу, або турбіни, вісь якої співпадає з віссю трубопроводу), від швидкості руху теплоносія або від його об'єму. Цей метод вимірювання набув великого поширення за кордоном для комерційних розрахунків.

Такі витратоміри забезпечують високі точність вимірювань і чутливість, малоінерційні, слабчутливі до фізико-хімічних властивостей рідини, не вимагають довгих прямих ділянок (4..5 Ду). До недавнього часу їх незаперечною і вирішальною перевагою була відносно невисока ціна.

Разом з тим, турбінні витратоміри швидко забруднюються і виходять з ладу, мають механічні частини, що труться, вузький динамічний діапазон, створюють значний гідравлічний опір, який збільшується через обов'язкове установлення фільтру. У зв'язку із зменшенням цін на електромагнітні прилади цінова привабливість турбінних витратомірів перестала бути вирішальною.

Перетворювачі температури, використовувані у складі теплотічильників, найчастіше є платиновими термометрами опору. Їх встановлюють у подаючий та зворотний трубопроводу, а на джерелі теплоти - також і в трубопроводі холодної води, використовуваної для підживлення системи теплопостачання. Виміряні значення температури і різниці температур в трубопроводах по лініях зв'язку передаються на

теплообчислювач. Останній, використовуючи закладені в його пам'ять константи, на основі значень температури, а також тиску, розраховує значення ентальпії.

Виходячи з цілей і завдань, вирішуваних теплотічильниками, вони повинні мати такі властивості: легітимність; системність; надійність; технологічність; простоту і економічність експлуатації.

Під легітимністю розуміють відповідність властивостей теплотічильників вимогам існуючої нормативно-технічної документації.

Під системністю розуміють можливість за допомогою одного типу приладів забезпечити облік, як на джерелах тепла, так і у споживачів і можливість інтеграції в автоматизовані системи збирання, накопичення, оброблення й відображення інформації, а також управління споживанням тепла.

Облік теплової енергії у споживачів і на джерелах тепла, організований з використанням приладів одного типу дозволяє зменшувати або виключати методичні похибки методу вимірювання і апаратурні похибки використовуваних приладів.

Джерела тепла подають в теплові мережі теплоносій по трубопроводах, як правило, діаметром 400,1200 мм. Споживачі отримують теплоносій, як правило, по трубопроводах діаметром від 50 до 400 мм.

Можливість інтеграції теплотічильника в автоматизовані системи визначається, з одного боку, технічною можливістю прочитування інформації з пристрою теплотічильника, що оперативно запам'ятовує (ОЗУ), в ЕОМ і, з іншого боку, наявністю спеціального сертифікованого програмного забезпечення, що дозволяє реалізувати подібний обмін інформацією. Часто дуже корисною може бути наявність у теплотічильника додаткових уніфікованих виходів, дублюючих, наприклад, канали вимірювання витрат. В цьому випадку виявляється можливою проста

інтеграція теплорічильника в існуючу автоматизовану систему, побудовану на базі якого-небудь контролера.

Надійність як властивість теплорічильника виявляється в процесі його експлуатації і визначається надійністю його елементів. Основним елементом, надійність якого фактично визначає надійність теплорічильника в цілому, є витратомір. Властивості витратомірів, використовуваних для вимірювання витрати теплоносія, детально проаналізовані вище. Надійність роботи теплорічильника багато в чому залежить від якості монтажу і дотримання правил експлуатації теплорічильника.

Технологічність монтажу теплорічильника визначається свободою вибору методу і конкретного місця його монтажу, а також витратами на монтаж.

Свобода вибору місця монтажу теплорічильника визначається обмеженнями, які накладаються на довжину «прямих» ділянок трубопроводу до первинних перетворювачів і після них, а також припустимими довжинами ліній зв'язку між датчиками і ТО.

За змістом періодичної перевірки перевагу мають теплорічильники, для яких існує затверджена методика перевірки імітаційним методом.

Датчики витрати - найбільш важливий елемент ТЛ в сенсі впливу на його технічні та споживчі характеристики. Саме датчик витрати визначає якість ТЛ.

РОЗДІЛ 7

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДЛЯ ПРОФЕСІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ

4.1 Питання для усної відповіді

1. Скільки основних етапів енергетичного аудиту ви знаєте?
2. Що є основою оцінки правильності вибору енергоносіїв?
3. Поясніть необхідність питомих норм споживання енергії.
4. В ході енергетичного аудиту з чого складається аналіз ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів об'єктом?
5. Які існують типи енергоаудиту? В чому їх основні відмінності?
6. Які питання доцільно розглянути для оцінки потенційних можливостей економії енергії?
7. Грунтуючись на яких даних, можна оцінити енергетичного аудитора?
8. У яких випадках найчастіше використовується метод розрахунку спожитого палива?
9. Що необхідно знати для переведення таких параметрів, як електричний струм, витрата пари, тривалість роботи в годинах в одиниці споживаної енергії?
10. Яка суть методу регресійного аналізу? Поясніть різницю між сталим та змінним навантаженням.
11. Поясніть на прикладі, як працюють перевірочні тести? Як можна розділити енергетичні потоки підприємства, технологічного процесу, системи?
12. Що оцінюється під час обстеження системи вентиляції та кондиціонування?
13. Що являє собою система охолодження?
14. Що оцінюється під час обстеження системи охолодження?
15. Від чого, в першу чергу, залежать втрати тепла в теплообміннику?

16. Чому метод оцінки споживання енергії є найбільш поширеним? Як розрахувати середній рівень енергоспоживання?
17. Що потрібно враховувати, розраховуючи тривалість використання устаткування за рік?
18. Які категорії електронагрівального устаткування ви знаєте?
19. З яких розділів складається типовий звіт з енергоаудиту?
20. Перерахуйте складові енергоаудиту.
21. Які типи графіків застосовують у енергоаудиті?
22. Що таке діаграма Сенкі?
28. У чому відмінність між економією первинної і вторинної енергії?
22. Дати визначення термінам: енергозбереження та енергоефективність.
23. У чому різниця між енергоефективністю та енергозбереженням?
24. Як називається діяльність, спрямована на визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та розроблення рекомендацій щодо її поліпшення?
25. Що є предметом енергетичного аудиту?
26. Основні етапи енергоаудиту.
27. Методи енергетичних обстежень.
28. Що таке простий енергоаудит?
29. Методи аналізу в енергоаудиті.
30. Від чого залежить вибір методу проведення енергетичного аудиту?
31. Дати визначення поняттям: енергетичний ресурс, вторинний енергетичний ресурс, енергоносії.
32. Сфера дії закону України «Про енергетичну ефективність будівель».
33. Основні завдання нормативно-правової бази в сфері енергозбереження.
34. Що таке енергетична ефективність будівлі?
35. Що розуміють під термомодернізацією будівель?
36. Призначення інженерних систем будівель.

37. В якому документі зазначено показники та клас енергетичної ефективності будівлі?
38. Як визначається клас енергетичної ефективності будівлі?
39. Показники енергетичної ефективності будівлі.
40. Хто має право на проведення сертифікації енергетичної ефективності будівель?
41. Чи зазначається в енергетичному сертифікаті на будівлю інформація про рівень викидів парникових газів?
42. Що таке будівля з близьким до нульового рівнем споживання енергії?
43. Що таке відновлювані джерела енергії?
44. Що таке альтернативні джерела енергії?
45. Вимоги до професійної атестації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності.
46. Вимоги до професійної атестації осіб, які мають намір проводити обстеження інженерних систем.
47. В які терміни особа, якій відмовили у видачі кваліфікаційного атестата у разі нескладення нею кваліфікаційного іспиту, має право на проходження повторної атестації?
48. Строк дії кваліфікаційного атестата енергоаудитора.
49. Які права мають енергоаудитори та фахівці з обстеження інженерних систем під час провадження своєї діяльності?
50. Чи мають право енергоаудитори та фахівці з обстеження інженерних систем страхувати свою професійну відповідальність відповідно до законодавства?
51. Основні обов'язки енергоаудиторів та фахівців з обстеження інженерних систем.
52. Яку інформацію містить звіт про результати обстеження інженерних систем?
53. Методи проведення оцінки енергетичних характеристик.

54. Склад переносних приладів для проведення енергетичних обстежень.
55. Які фізичні принципи використовують для вимірювання температур?
56. Що дозволяє виявити тепловізійне обстеження?
57. За допомогою якого приладу можна проконтролювати герметичність віконних склопакетів?
58. Назвіть основні вимірювання, які проводить енергоменеджер.
59. Що таке клас точності приладу та основна похибка засобу вимірювань?
60. Які прилади застосовуються для визначення параметрів спожитої електроенергії? В чому різниця між енергією і потужністю?
61. Які є основні типи лічильників електричної енергії?
62. Наведіть приклади безконтактних термометрів. Які у них переваги?
63. Наведіть приклади контактних термометрів. Які у них переваги?
64. Для чого використовують газоаналізатори?
65. Як можна підвищити ефективність спалювання палива в котлах?
66. Що таке енергоощадні заходи?
67. Який документ встановлює мінімальні вимоги до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будинків?
68. Яким альтернативним джерелам енергопостачання надається пріоритет під час вибору джерел енергопостачання об'єкта будівництва?
69. Назвіть основні технічні показники енергоощадних (енергозберезних) заходів.
70. Хто здійснює незалежний моніторинг енергетичних сертифікатів та звітів?
71. Що розуміють під терміном «когенераційні установки»?
72. Для чого призначений тепловий насос?
73. Які заходи із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель вам відомі?
74. Чи зазначаються в енергетичному сертифікаті мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівлі?

75. Закон України «Про енергозбереження». Основні принципи державної політики у сфері енергозбереження.
76. Закон України «Про енергозбереження». Стандартизація у сфері енергозбереження та державна експертиза з енергозбереження.
77. Закон України «Про електроенергетику». Основні принципи державної політики в електроенергетиці.
78. Закон України «Про альтернативні джерела енергії». Державна політика у сфері альтернативних джерел енергії.
79. Закон України «Про теплопостачання». Принципи державної політики у сфері теплопостачання. Права та обов'язки теплогенеруючої, теплотранспортної та теплопостачальної організації.
80. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». Основні принципи державної політики у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель.
81. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». Сертифікація енергетичної ефективності будівель. Структура енергетичного сертифікату.
82. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». Права та обов'язки енергоаудиторів та фахівців з обстеження інженерних систем.
83. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». Заходи із підвищення рівня енергетичної ефективності будівель.
84. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». Фінансування заходів із забезпечення рівня енергетичної ефективності будівель.
85. Характеристика етапів енергетичного обстеження будівель.
86. Поняття нормативного та фактичного питомого енергоспоживання. Їх роль у вирішенні питань енергоефективності.
87. Способи отримання інформації про об'єкт дослідження. Вплив достовірності вихідних даних на якість енергетичного обстеження.

88. Засоби обробки та аналізу інформації, отриманої під час проведення енергетичного обстеження будівлі.
89. Правила оформлення звіту з енергетичного аудиту.
90. Особливості складання енергетичного паспорту будівлі. Вихідні дані.
91. Методика визначення теплотехнічних показників будівлі.
92. Методика визначення енергетичних показників будівлі. Визначення класу енергетичної ефективності об'єкта.
93. Методика модернізації теплового пункту.
94. Порівняльна характеристика теплоізоляційних матеріалів. Основні параметри теплоізоляційних матеріалів. Особливості вибору.
95. Термоізоляція будівлі як важлива складова економії енергії. Порівняння зовнішньої та внутрішньої теплоізоляції приміщень.
96. Характеристика заходів енергозбереження в системах вентиляції та кондиціонування повітря.
97. Способи зниження втрат тиску в трубопроводній мережі.
98. Застосування альтернативних джерел енергії для енергопостачання будівель та споруд. Структура та принцип дії сонячної енергетичної установки.
99. Правила оцінки системи освітлення.
100. Система електропостачання. Рекомендації щодо реконструкції системи електропостачання будівлі.
101. Аналіз стану комерційного і технічного обліку електричної енергії.
102. Графіки навантаження та споживання електроенергії.
103. Характеристика обладнання теплопостачання та тепло споживання.
104. Теплове навантаження в системах опалення, гарячого водопостачання та вентиляції.
105. Тепловий вузол. Схема. Стан запірної арматури та пристроїв регулювання системи теплопостачання.

106. Організація обліку теплової енергії. Порівняння існуючих датчиків витрат теплоносіїв.
107. Особливості оцінки стану комерційного та технічного обліку споживання теплової енергії.
108. Витрати тепла на опалення приміщення. Оцінка втрат тепла через огорожуючі конструкції будівлі.
109. Прилади обліку споживання води.
110. Методи визначення втрат енергії при транспортуванні рідини трубопроводом.
111. Огорожуючі конструкції будівель, оцінка якості ізоляції огорожуючі конструкцій, скління, ущільнення дверних і віконних прорізів. Тепловізорний аналіз.
112. Загальні відомості про автоматизовані системи моніторингу і управління. Їх функції та об'єкти дослідження.
113. Основні критерії щодо застосовності автоматизованої системи моніторингу і управління при проектуванні будівель і споруд.
114. Вимоги до створення та функціонування автоматизованих систем моніторингу та управління.
115. Функції автоматизації, моніторингу та управління будівель, що впливають на енергоефективність будівель.
116. Процедури розрахунку ефективності автоматизації, моніторингу та управління будівель.
117. Основні підходи до розрахунку впливу функцій автоматизації, моніторингу та управління будівлі.

4.2 Тестові завдання

1. Енергетичний аудит – це обстеження об'єкта з метою визначення:

- а) встановлення ефективності використання споживачами паливно-енергетичних ресурсів;
- б) вироблення економічно обґрунтованих заходів по зниженню витрат на паливо- і енергозабезпеченні;
- в) встановлення ефективності використання ними паливно-енергетичних ресурсів і вироблення економічно обґрунтованих заходів по зниженню витрат на паливо- і енергозабезпеченні;
- г) послідовності впровадження на об'єкті системи енергетичного менеджменту.

2. До теплового балансу будівлі можна віднести такі складові:

- а) витрати теплової енергії на випаровування вологи внутрішнього повітря;
- б) витрати теплової енергії на нагрівання холодного повітря, що надходить в будівлю зовні внаслідок інфільтрації;
- в) обидва варіанти відповідей А та Б правильні;
- г) правильної відповіді не наведено.

3. За рахунок збільшення яких складових теплового балансу будівлі може підвищуватися клас її енергоефективність:

- а) втрати через огорожуючі конструкції, в тому числі світлопрозорі;
- б) витрати теплової енергії в системі опалення;
- в) обидва варіанти відповідей А та Б правильні;
- г) внутрішні тепловиділення в будівлі.

4. Існує два види норм якості електроенергії: нормально допустимі та гранично допустимі. Оцінка відповідності ПЯЕ відповідним нормам виконується протягом 24 годин. Нормально допустимі та гранично допустимі значення сталого відхилення напруги δU_y на виводах приймачів електричної енергії дорівнюють відповідно:

- а) ± 5 та $\pm 10\%$ від номінальної напруги електричної мережі;
- б) ± 3 та $\pm 7\%$ від номінальної напруги електричної мережі;
- в) ± 15 та $\pm 20\%$ від номінальної напруги електричної мережі;

г) ± 15 та $\pm 5\%$ від номінальної напруги електричної мережі.

5. Існує два види норм якості електроенергії: нормально допустимі та гранично допустимі. Оцінка відповідності ПЯЕ відповідним нормам виконується протягом 24 годин. Нормально допустимі та гранично допустимі значення коефіцієнта викривлення синусоїдності кривої напруги в точках спільного приєднання до електричних мереж з номінальною напругою 0,38 кВ складають відповідно:

- | | |
|-----------------|------------------|
| а) 5 % та 8 %; | в) 12 % та 15 %; |
| б) 8 % та 12 %; | г) 2 % та 3 %. |

6. Пряме вимірювання це вимірювання, при якому:

- а) шукане значення отримують безпосередньо;
- б) шукане значення отримують за допомогою наступних розрахунків;
- в) шукане значення отримують за допомогою відповідних таблиць;
- г) шукане значення отримують за допомогою спеціальних приладів.

7. Енергетична ефективність будівлі це:

- а) здатність оболонки будівлі накопичувати енергію протягом життєвого циклу будівлі для забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов;
- б) здатність оболонки будівлі та її інженерних систем віддавати енергію протягом життєвого циклу будівлі для забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов;
- в) властивість оболонки будівлі та її інженерних систем забезпечувати протягом життєвого циклу будівлі оптимальні мікрокліматичні умови при максимальному рівні витрат енергетичних ресурсів на побутові потреби незалежно від місцевих кліматичних умов;
- г) властивість оболонки будівлі та її інженерних систем забезпечувати протягом життєвого циклу будівлі оптимальні мікрокліматичні умови при оптимальному рівні витрат енергетичних ресурсів на побутові потреби з урахуванням місцевих кліматичних умов.

8. При якому значенні чистої приведеної вартості (NPV) проект можна вважати неефективним?

- а) $NPV < 0$; в) $NPV > 0$;
 б) $NPV = 0$; г) $NPV = 1$.

9. Похибка, що обчислюється як різниця між значенням величини, отриманим в процесі вимірювань, і справжнім (дійсним) значенням даної величини називається

- а) відносною; в) наведеною;
 б) абсолютною; г) методичною.

10. Значення опору теплопередачі одношарової плоскої стінки огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель може бути визначене за формулою:

- а) $1/(1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2)$; в) δ/λ ;
 б) $1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2$; г) правильної відповіді не наведено.

11. Повірка засобів вимірювання, це:

- а) визначення метрологічним органом похибки засобів вимірювання;
 б) визначення органом по сертифікації похибки засобів вимірювання;
 в) усунення похибки засобів вимірювання;
 г) контроль метрологічних характеристик засобів вимірювання із зазначенням їх придатності до застосування.

12. Клас енергетичної ефективності будівлі це:

- а) визначений рівень енергетичної ефективності за інтервалом значень енергетичних характеристик будівлі які встановлюються відповідно до вимог норм;
 б) визначений обсяг споживання енергії при максимальному значенні енергетичних характеристик будівлі які встановлюються відповідно до вимог норм;

в) визначений обсяг споживання енергії при мінімальному рівні значень енергетичних характеристик будівлі які встановлюються відповідно до вимог норм;

г) визначений інтервал значень енергетичних характеристик будівлі які встановлюються відповідно до вимог норм.

13. Визначити коефіцієнт теплопередачі через плоску одношарову стінку товщиною $\delta = 340$ мм, що виконана з газобетону з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,22$ Вт/(м·К), якщо коефіцієнти тепловіддачі на поверхнях стінки дорівнюють $\alpha_1 = 5$ Вт/(м²·К) та $\alpha_2 = 8$ Вт/(м²·К):

а) 1,87 Вт/(м²·К);

в) 0,53 Вт/(м²·К);

б) 1,87 (м²·К)/Вт;

г) 0,53 (м²·К)/Вт.

14. При перевірці кінцевої міри довжини номінального розміру 100 мм отримано значення 100,06 мм. Відносна похибка вимірювань у цьому випадку складе:

а) 0,06 мм;

в) 0,6 %;

б) 0,06 %;

г) 6 %.

15. Для умов завдання: плоска одношарова стінка товщиною $\delta = 340$ мм, виконана з газобетону з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,22$ Вт/(м·К), коефіцієнти тепловіддачі на поверхнях стінки дорівнюють $\alpha_1=5$ Вт/(м²·К) та $\alpha_2=8$ Вт/(м²·К) визначити втрати теплоти в будівлі через стінку. Площа стіни $F = 100$ м², розрахункова температура повітря всередині будівлі $t_1 = + 22$ °С, розрахункова температура зовнішнього повітря $t_2 = - 22$ °С:

а) 2,3 кВт;

в) 7,6 кВт;

б) 6,8 кВт;

г) 5,4 кВт.

16. Для умов завдання: плоска одношарова стінка товщиною $\delta = 340$ мм, виконана з газобетону з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,22$ Вт/(м·К), коефіцієнти тепловіддачі на поверхнях стінки дорівнюють $\alpha_1 = 5$ Вт/(м²·К) та $\alpha_2 = 8$ Вт/(м²·К) визначити як зміниться коефіцієнт теплопередачі через

плоску стінку якщо виконати її додаткове утеплення шаром мінеральної вати товщиною $\delta = 100$ мм з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 0,04$ Вт/(м·К):

- а) збільшиться в 2 рази;
- б) зменшиться в 2,3 рази;
- в) збільшиться в 1,5 рази;
- г) зменшиться в 2 рази.

17. Для забезпечення гарячим водопостачанням дитячого садка пропонується встановити сонячні колектори, що забезпечують 720 ГДж/рік. Капітальні витрати на проект складуть 47500 грн. Вартість теплової енергії після реалізації проекту складе 250 грн./ГДж, а до реалізації – 400 грн./ГДж. Через скільки років окупляться капітальні витрати? Прийняти, що норма амортизаційних відрахувань 0,2.

- а) 2,5 років;
- б) 0,44 року;
- в) 0,65 років;
- г) 1,8 років.

18. Основною метою енергоаудиту є:

- а. визначення природних, регулюючих навколишнє середовище факторів у необхідному для цього об'ємі
- б. визначення та підтримка екологічного співвідношення між сільськими поселеннями, невеликими, середніми, великими містами і гігантськими мегаполісами
- в. визначення забруднення навколишнього середовища, розробка нормування допустимого забруднення різних середовищ, створення очисних систем і ресурсозберігаючих технологій
- г. оцінка ефективності використання енергетичних ресурсів і розробка рекомендацій зі зниження витрат на паливо і енергозабезпечення

19. Основними стадіями енергетичного аудиту будівель є:

- а. визначення порога стійкості глобальної біосфери
- б. оцінювання забруднення навколишнього середовища
- в. визначення цілей енергетичного аудиту, установка комплексу датчиків вимірювання та реєструючого обладнання, налагодження і перевірка комплексу

в роботі, обробка і аналіз результатів вимірювань, інтерпретація результатів і підготовка звіту

d. розробка нормування допустимого забруднення різних середовищ

20. Одним із завдань енергоаудиту є:

a. створення в межах міст необхідної екологічної інфраструктури

b. екологічна освіта і виховання

c. виявлення причин виникнення, визначення величини втрат та резервів економії паливно-енергетичних ресурсів

d. визначення забруднення навколишнього середовища

21. Одним із завдань енергоаудиту є:

a. створення в межах міст необхідної екологічної інфраструктури

b. екологічна освіта і виховання

c. встановлення фактичного стану енергоспоживання та енерго використання на підприємстві

d. визначення забруднення навколишнього середовища

22. Що передбачає енергетичний менеджмент:

a. глобальні екологічні загрози і розвиток екологічної кризи

b. розробку цінової політики, правил гри на ринку енергоресурсів, які відповідають інтересам держави, а потім вже бізнесу та оцінку ефективності використання нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії

c. внесення забруднень у навколишнє середовище

d. демографічну проблему

23. Який стандарт регламентує систему енергетичного менеджменту на підприємстві, що був введений Міжнародною організацією зі стандартизації?

a. ISO 10006:2003 - Системи менеджменту якості - Керівництво з менеджменту якості при проектуванні

b. ISO 9004:2009 - Менеджмент для досягнення сталого успіху організації – Підхід на основі менеджменту якості

c. ISO 14000 - Екологічний менеджмент

d. ISO 50001 - Енергетичний менеджмент

24. Яка мета енергетичного обстеження будівель і споруд:

- a. визначення класу енергетичної ефективності будівлі
- b. визначення механізмів стабілізації параметрів навколишнього середовища для забезпечення близьких до оптимальних умов існування живих організмів
- c. очищення навколишнього середовища від забруднення
- d. визначення зростання концентрації в атмосфері парникових та інших газів

25. Яка мета енергетичного обстеження будівель і споруд:

- a. перелік рекомендацій щодо зниження енергоспоживання та витрат на енергоносії із зазначенням їхньої вартості та окупності
- b. визначення механізмів стабілізації параметрів навколишнього середовища для забезпечення близьких до оптимальних умов існування живих організмів
- c. очищення навколишнього середовища від забруднення
- d. визначення зростання концентрації в атмосфері парникових та інших газів

26. Яка мета енергетичного обстеження будівель і споруд:

- a. оцінка відповідності споруди вимогам енергоефективності
- b. визначення механізмів стабілізації параметрів навколишнього середовища для забезпечення близьких до оптимальних умов існування живих організмів
- c. очищення навколишнього середовища від забруднення
- d. визначення зростання концентрації в атмосфері парникових та інших газів

27. Яка користь від запровадження заходів з енергозбереження?

- a. фінансові ресурси, призначені для збільшення об'ємів генерування енергії, можна спрямувати на інші види людської діяльності з підвищення власного життєвого рівня
- b. вирішення демографічної проблеми
- c. вирішення проблеми з благоустроєм міста
- d. вирішення проблеми з озоновим шаром

28. Яка користь від запровадження заходів з енергозбереження?

a. підвищення продуктивності й конкурентоспроможності виробничої діяльності

b. вирішення демографічної проблеми

c. вирішення проблеми з благоустроєм міста

d. вирішення проблеми з озоновим шаром

29. До відновлювальних джерел енергії можна віднести:

a. енергію вітру, сонця, води

b. вугілля

c. газ

d. нафту

30. В яких документах нормуються показники енергозбереження та енергоефективності у будівельній галузі України:

a. ДСТУ Б В. 2.2-19:2007 «Метод визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій в натурних умовах»

b. ISO 9972:2006 Thermal performance of buildings – Determination of air permeability of buildings – Fan pressurization method (Теплоізоляційні властивості будівель – Визначення повітронепроникності будівель – Метод нагнітання повітря вентилятором)

c. ДСТУ Б В.2.2-21-2008 «Будинки та споруди. Метод визначення питомих тепловитрат на опалення будинків»

d. Директива 2002/91/ЄС від 16.12.2002 р. Європейського Парламенту та Європейської Ради з енергетичної ефективності будинків

31. За одиницю умовного палива (у.п.) прийняте паливо, теплота згоряння якого дорівнює:

a. 8,31 Дж/моль·К

b. 273 МДж/кг

c. 46,5 МДж/кг

d. 29,3 МДж/кг

32. До нормативно-правової бази енергозбереження державного рівня відносяться:

- a. закони України, Постанови Верховної Ради України, накази Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України
- b. закони та Постанови Європейського Союзу
- c. міжнародні декларації
- d. теорії та концепції

33. Організаційною, науковою, практичною та інформаційною основою енергозбереження є:

- a. питома величина споживання паливно-енергетичних ресурсів на виробництво одиниці продукції будь-якого призначення
- b. діяльність державних органів, юридичних і фізичних осіб, яка має бути спрямована на зниження витрат і втрат паливно-енергетичних ресурсів у процесі їхнього видобутку, переробки, транспортування, зберігання, використання та утилізації
- c. використання викопних видів палива (нафта, газ, вугілля)
- d. задоволення потреб у послугах і товарах при найменших економічних і соціальних витратах на необхідну енергію й збереження природного середовища

34. З якою метою на Заході використовують класифікацію енергоефективності будівель?

- a. для визначення реальної вартості нерухомості
- b. для необмеженого споживання енергоресурсів
- c. для визначення нормативної бази
- d. для завершення процесу будівництва

35. Максимально ефективний коефіцієнт термічного опору для вікон досягається поєднанням принципів конструювання світлопрозорих огорожувальних конструкцій:

- a. теплоізольоване скління з віконною рамою, застосування спеціальних склопакетів
 - b. призначення та режими експлуатації будівлі
 - c. вартість джерела тепла
 - d. теплоізольовані віконні рами
36. Для нового будівництва клас енергетичної ефективності будинку повинен складати?
- a. не нижче А
 - b. не нижче С
 - c. не нижче В
 - d. не нижче D
37. Одним із перспективних напрямків розвитку енергетичної ефективності будівель є:
- a. енергетична класифікація будинків
 - b. створення ОСББ
 - c. приватизація будинків
 - d. опитування жителів будинків
38. Енергоспоживання будинків можна визначити:
- a. спостереженнями за навколишнім середовищем
 - b. на підставі фактичного енергоспоживання за даними лічильників та інших приладів обліку
 - c. вивченням нормативної бази
 - d. розпорядженнями державної адміністрації
39. Вимоги до класу енергетичної ефективності будинку встановлюються:
- a. державними установами
 - b. будівельниками
 - c. замовником у завданні на проектування
 - d. майбутніми жителями будинків

40. З метою більш ефективного використання енергії у нових будинках доцільно використовувати:

- a. застарілі енергоємні матеріали
- b. сучасне інженерне обладнання, нові «зелені» архітектурні форми, енергоефективні будівельні технології
- c. засоби індивідуального захисту
- d. обігрівальні прилади

41. Вимога щодо економії енергії у будівлях розповсюджується на її використання для:

- a. регулювання вологості та гарячого водопостачання, вентиляції приміщень, опалення та охолодження приміщень
- b. здачі будинку в експлуатацію
- c. для прилеглої території будинку
- d. зміни кліматичних характеристик району будівництва

42. Які переваги отримає світове суспільство від зменшення споживання енергії та збільшеного використання енергії з відновлювальних джерел?

- a. технологічний розвиток, безпеку енергопостачання
- b. збільшення кількості робочих місць на підприємствах
- c. фактичні значення показників енергетичної ефективності існуючих будинків
- d. збільшення товарообороту між країнами

43. До найбільш перспективних та результативних напрямів енергоефективності та енергозбереження в Україні належать:

- a. питома величина споживання паливно-енергетичних ресурсів на виробництво одиниці продукції будь-якого призначення
- b. розвиток використання альтернативних та відновлюваних джерел енергії, оптимізація структури паливного балансу країни, впровадження дієвого механізму реалізації державної політики у сфері енергоефективності

с. гармонія зі сталим розвитком на об'єктовому, місцевому, національно-му, регіональному та державному рівнях

d. облаштування навколишньої території будівель та споруд

44. Системи витяжної вентиляції з природним спонуканням для житлових, суспільних і адміністративно-побутових будинків слід розраховувати на різницю питомої ваги:

1. зовнішнього повітря температурою $+5^{\circ}\text{C}$ і температурою внутрішнього повітря при розрахункових параметрах для холодного періоду року;

2. зовнішнього повітря температурою $+8^{\circ}\text{C}$ і температурою внутрішнього повітря при розрахункових параметрах для перехідного періоду року;

3. зовнішнього повітря температурою $+10^{\circ}\text{C}$ і температурою внутрішнього повітря при розрахункових параметрах для холодного періоду року;

45. В холодний період року в суспільних, адміністративно-побутових і виробничих приміщеннях опалювальних будинків, коли вони не використовуються, і в неробочий час варто приймати температуру внутрішнього повітря:

1. нижче нормованої, але не нижче $+10^{\circ}\text{C}$;

2. нижче нормованої, але не нижче $+5^{\circ}\text{C}$;

3. нижче нормованої, але не нижче $+8^{\circ}\text{C}$;

4. нормовану температуру.

46. З яких елементів складається холодильна машина?

1. насос, секція підігріву, секція нагрівання;

2. компресор, конденсатор, випарник;

3. компресор, секція нагрівання, каплеуловитель;

4. конденсатор, байпас, рекуператор.

47. Визначити теплопродуктивність секції нагрівання центрального кондиціонера, якщо витрата повітря, що проходить через теплообмінник,

дорівнює $G=1000$ кг/година, початкова тепломісткість $I_1 = 44$ кДж/кг, кінцева тепломісткість $I_2 = 60$ кДж/кг.

1. 16000кДж;
2. 16500 кДж;
3. 15800 кДж;
4. 17000кДж.

48. Кількість теплоти, що виділяється при повному згорянні одиниці маси або обсягу палива без урахування прихованої теплоти конденсації водяної пари - це

- a. жаропродуктивність палива;
- b. вища теплота згорання палива;
- c. теплоємність палива;
- d. нижча теплота згорання палива.

49. Вкажіть, в якому із запропонованих варіантів усі компоненти входять до складу горючої частини газоподібного палива?

- a. кисень, діоксид вуглецю, монооксид вуглецю;
- b. діоксид вуглецю, водень, вуглеводні метанового ряду;
- c. водень, монооксид вуглецю, вуглеводні метанового ряду;
- d. азот, кисень, вуглеводні метанового ряду.

50. Які з перерахованих нижче операцій здійснюються в газорегуляторних пунктах?

- a. зниження тиску газу і підтримання його на необхідному в експлуатації рівні;
- b. контроль за температурою газу;
- c. очищення газу від механічних домішок;
- d. в газорегуляторних пунктах здійснюються всі перераховані вище операції.

51. До якого типу належить котельня, що виробляє теплову енергію для потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання промислових будівель?

- a. виробнича;
- b. виробничо-опалювальна;
- c. опалювальна;
- d. немає правильної відповіді.

52. Для зниження тиску пара до необхідного технологічного споживачеві в виробничих котельнях використовується

- a. деаератор;
- b. барботер;
- c. редукционная установка;
- d. розширювач безперервної продувки.

53. Частиною якого тракту котельні установки є барабан?

- a. паливного;
- b. пароводяного;
- c. газоздушного;
- d. паливного і газоздушного.

54. До якого типу котлів за характером руху води, пароводяної суміші і пара відноситься котел ДЕ-25-14ГМ?

- a. барабанний з природною циркуляцією;
- b. барабанний з багаторазової примусової циркуляцією;
- c. прямоточний;
- d. немає правильної відповіді.

55. Інжекційні пальники все без винятку є

- a. пальниками з повним попереднім змішуванням газу з повітрям;
- b. пальниками з неповним попереднім змішуванням газу з повітрям;
- c. пальниками без попереднього змішування газу з повітрям;
- d. немає правильної відповіді.

56. Для чого призначений водяний економайзер?

- a. для підігріву повітря, що йде на горіння, за рахунок використання теплоти, що віддається котельною водою;

- b. для підігріву живильної води перед її надходженням у випарну частина котла за рахунок використання теплоти конденсації водяної пари;
- c. для підігріву живильної води перед її надходженням у випарну частина котла за рахунок використання фізичної теплоти перегрітої пари;
- d. для підігріву живильної води перед її надходженням у випарну частина котла за рахунок використання теплоти продуктів згоряння органічного палива.

57. Яка з статей втрат теплоти в котлі є найбільшою?

- a. втрата теплоти з газами;
- b. втрата теплоти від хімічної неповноти горіння;
- c. втрата теплоти від механічної неповноти горіння;
- d. втрата теплоти від зовнішнього охолодження.

58. Коефіцієнт опору тертя руху потоку залежить від

- a. довжини каналу і числа Рейнольдса;
- b. відносної шорсткості стінок каналу і довжини каналу;
- c. довжини і еквівалентного діаметра каналу;
- d. відносної шорсткості стінок каналу і числа Рейнольдса.

59. Виберіть одну правильну відповідь. Визначення енергоаудиту згідно Закону України “Про енергозбереження”

1. Енергетичний аудит – вид діяльності, спрямований на зниження споживання ПЕР суб'єктами господарювання, який полягає у проведенні енерготехнологічної і техніко-економічної експертизи, веденні обліку ПЕР, а також у розробленні та обґрунтуванні енергоощадних заходів.
2. Енергетичний аудит - визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та розроблення рекомендацій щодо її поліпшення.
3. Енергетичний аудит - обстеження підприємств, організацій і окремих виробництв по їх ініціативі з точки зору їхнього енергоспоживання з метою визначення можливостей економії енергії і допомоги підприємству в здійсненні економії на практиці шляхом упровадження механізмів

енергетичної ефективності, а також з метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

4. Енергетичний аудит - складова частина енергоменеджменту, зорієнтована на обстеження об'єкта з погляду його енерговикористання, виявлення фактів нераціонального використання енергії, визначення заходів для енергозбереження, оцінки технічних та економічних можливостей щодо їх реалізації.

60. Виберіть кілька правильних відповідей. Завдання енергоаудиту:

1. аналіз рівня ефективності використання ПЕР, порівняння фактичних витрат ПЕР з діючими нормами та нормативами, а також підготовлення рекомендацій щодо зменшення фактичних витрат ПЕР;
2. аналіз енергоспоживання в окремих технологічних процесах, підрозділах та за типами обладнання;
3. перевірка функціонування (впровадження) системи енергетичного менеджменту на об'єкті;
4. формування переліку шляхів та засобів економії витрат ПЕР на об'єкті;
5. розроблення заходів з енергозбереження з їх техніко-економічним обґрунтуванням;
6. всі перелічені;
7. правильні - 1, 2, 3, 4

70. Виберіть кілька правильних відповідей. Принципи енергоаудиту:

1. достовірність і повнота енергоаудиторської інформації;
2. наукова обґрунтованість об'єктивності і законності енергоаудиторського висновку;
3. правдивість отриманої інформації;
4. комплексність оцінки рівня ефективності споживання ПЕР;
5. незалежність енергоаудиторів та енергоаудиторських компаній;
6. обґрунтованість і об'єктивність енергоаудиторів та енергоаудиторських компаній під час здійснення ними енергоаудиторської діяльності;

7. врахування світового рівня науково-технічного прогресу, норм і правил технічної та екологічної безпеки, вимог стандартів, міжнародних угод;
 8. відповідальність суб'єктів енергетичного аудиту за організацію, проведення та якість енергетичного аудиту.
71. Виберіть кілька правильних відповідей. Філософія (ідеологія) енергоаудиту:
1. енергоаудитори повинні виявляти факти, а не просто фіксувати помилки;
 2. компетентність енергоаудиторів;
 3. енергетичний аудит не можна проводити потай (таємно);
 4. висновки енергетичного аудиту повинні бути обґрунтованими.
72. Виберіть кілька правильних відповідей. Відповідальність за порушення законодавства в енергозбереженні несуть особи, винні:
1. в невиконанні відповідних вимог щодо енергозбереження;
 2. у відмові від своєчасної інформації, порушенні вимог законодавства;
 3. проведенні неякісного енергоаудиту;
 4. фінансуванні технологій і оснащення, які не відповідають стандартам тощо.
73. Виберіть кілька правильних відповідей. Енергоаудитор повинен мати кваліфікацію, яка визначається:
1. освітою (належна теоретична підготовка на рівні інженера);
 2. підготовкою в галузі аудиту;
 3. практичним досвідом у сфері енергозбереження;
 4. вмінням знаходити інформацію на підприємстві;
 5. тим, що аудитор повинен бути скоріше фахівцем широкого профілю, а ніж вузьким фахівцем;
 6. комунікабельністю (уміння працювати з керівництвом підприємства і з інженерно-технічними працівниками);
 7. умінням складати звіти.

74. Виберіть кілька правильних відповідей. Енергоаудитор повинен мати вміння, яке визначається наступними видами діяльності:

1. збирання ключових даних щодо споживання енергії;
2. створення карти її споживання;
3. вимірювання енергетичних характеристик;
4. складання переліку можливостей економії;
5. оцінка термінів окупності;
6. реалізація програм енергозбереження;
7. впровадження системи енергетичного менеджменту.

75. Виберіть кілька правильних відповідей. Енергоаудитор повинен мати професійні знання:

1. принципу роботи енергогенеруючих установок (котлів, устаткування центрального опалення, місцевих ТЕЦ);
2. принципу роботи енергоспоживаючих установок (холодильні установки, компресорні станції, вентиляційні та освітлювальні системи, насоси, електропривод);
3. принципу оптимізації та регулювання енергоспоживаючих установок;
4. сутності технологічних процесів (сушіння, плавлення, лиття, термооброблення, випалення виробів, подача тепла на виробничі потреби, система опалення, водопостачання і водопідготування, різання (подрібнення матеріалів)).

76. Виберіть кілька правильних відповідей. Енергоаудитор згідно з договором на проведення енергетичного аудиту має право:

1. отримати від Замовника всю потрібну фінансову і технічну інформацію для здійснення своєї професійної діяльності;
2. безкоштовно проводити інструментальні дослідження з метою отримання об'єктивної інформації щодо стану споживання ПЕР;
3. залучати до роботи потрібних йому помічників та асистентів;
4. перенастроювати енергоспоживаюче обладнання;

5. мати інші права, надані чинним законодавством.

77. Виберіть кілька правильних відповідей. Енергоаудитор повинен дотримуватися правил професійної етики, а саме:

1. бути об'єктивним і не піддаватися тиску зацікавлених осіб;
2. дотримуватися конфіденційності інформації, що стала доступною йому у зв'язку з проведенням енергетичного аудиту;
3. утримуватися від роботи, якщо він не впевнений у достатності рівня своєї компетентності (згода енергоаудитора на надання професійних послуг означає, що він має належний рівень компетентності, знань і досвіду);
4. робота енергоаудитора має відповідати технічним і професійним нормам ведення енергетичного аудиту;
5. виконувати всі вимоги договору на проведення енергетичного аудиту.

78. Виберіть кілька правильних відповідей. Енергоаудитор зобов'язаний:

1. не розголошувати інформації щодо комерційної таємниці, яка стала доступною йому у зв'язку з веденням енергетичного аудиту;
2. бути об'єктивним і не піддаватися тиску зацікавлених осіб;
3. утримуватися від роботи, якщо він не впевнений у достатності рівня своєї компетентності (згода енергоаудитора на надання професійних послуг означає, що він має належний рівень компетентності, знань і досвіду);
4. відмовлятися в проведенні енергетичного аудиту в разі невідповідності його завдань законодавству України або міжнародним договорам;
5. знати чинні законодавчі акти та нормативні документи з енергозбереження.

79. Виберіть кілька правильних відповідей. Методика проведення аудиту не повинна залежати:

1. від виду продукції, що випускається підприємством,
2. від технології, що застосовується;
3. від структури обстежуваного підприємства;
4. від лічильників, які застосовуються на підприємстві.

80. Виберіть одну правильну відповідь. Методика проведення аудиту повинна ґрунтуватися на:

1. певному стандартному (типовому) алгоритмі,
2. кваліфікації енергоаудиторів,
3. виді продукції, що випускається підприємством,
4. технології, що застосовується.

81. Виберіть кілька правильних відповідей. Вибір способів проведення енергоаудиту залежить від таких чинників:

1. кваліфікація енергоаудитора;
2. наявні вимірювальні пристрої (стаціонарні й переносні);
3. розуміння, чого вимагає й за що готовий платити клієнт;
4. методики проведення енергоаудита.

82. Виберіть кілька правильних відповідей. Прийоми енергетичного аудиту:

1. визначення стану об'єктів у натуральному вираженні,
2. визначення стану об'єктів шляхом зіставлення,
3. визначення стану об'єктів шляхом вимірювання,
4. визначення стану об'єктів шляхом контролю,
5. визначення стану об'єктів шляхом оцінювання.

83. Виберіть кілька правильних відповідей. Інформацію щодо номінальної потужності устаткування можна отримати:

1. за інструкцією з експлуатації
2. із опублікованих дослідженнях
3. за маркуванням устаткування
4. із самостійної оцінки
5. із опитування операторів

84. Виберіть кілька правильних відповідей. Структура отримання даних під час аналізу ефективності використання енергії:

1. аналіз витрати енергії
2. часткове вимірювання

3. візуальне вимірювання
 4. пряме вимірювання
 5. контактне вимірювання
 6. непряме вимірювання
 7. оціночне споживання
85. Виберіть кілька правильних відповідей. Математичний аналіз поділяє обсяг спожитої енергії на:
1. стале навантаження
 2. змінне навантаження
 3. перемінне навантаження
 4. зростаюче навантаження
 5. фактичне навантаження
86. Виберіть одну або кілька правильних відповідей. Умовна робоча поверхня це горизонтальна площина, що знаходиться на рівні:
1. робочої поверхні
 2. підлоги
 3. 0,7 м від підлоги
 4. 0,8 м від підлоги
87. Нормативне значення опору теплопередачі для зовнішніх стін будівель, розташованих у I температурній зоні:
- a. $2,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
 - b. $3,3 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$
 - c. $2,8 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$
 - d. $3,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
88. Нормативи теплового потоку, встановлені згідно ДБН В.2.6.31-2016 «Теплова ізоляція будівель» E_{max} ($\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$ або $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$) охоплюють витрати будівель на потреби:
- a. Опалення та гаряче водопостачання
 - b. Опалення, гаряче водопостачання та охолодження

- c. Опалення, гаряче водопостачання та механічну вентиляцію
 - d. Опалення та механічну вентиляцію
89. Енергетичний сертифікат будівлі згідно з законом України «Про енергоефективність будівель» має термін дії:
- a. 10 років
 - b. 15 років
 - c. 5 років
 - d. 3 роки
90. Згідно з ДБН «Теплова ізоляція будівель» допускається для непрозорих огорожувальних конструкцій приймати знижені значення опору теплопередачі до рівня ____% від $R_q \text{ min}$:
- a. 90
 - b. 85
 - c. 75
 - d. 60
91. Загальний принцип побудови шкали ефективності енергоспоживання будівель згідно з ДСТУ Б EN 15217 базується на використанні таких даних про енергоспоживання типових будівель:
- a. нормативних R_r та фактичних R_s (середньостатистичних);
 - b. нормативних R_r ;
 - c. фактичних R_s (середньостатистичних);
92. Чисельні значення розрахункових параметрів зовнішнього повітря для енергетичних розрахунків потрібно визначати за:
- a. ДБН «Теплова ізоляція будівель»,
 - b. ДСТУ «Будівельна кліматологія»,
 - c. ДБН «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
93. Форма енергетичного паспорту наведена у наступному нормативному документі:

- a. ДСТУ Б EN 15603:2013 «Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки»
- b. ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель»
- c. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Будинки і споруди. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту»
- d. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель»

94. Згідно з Законом України «Про енергетичну ефективність будівель» сертифікація енергетичної ефективності є обов'язковою для:

- a. будівель, що орендуються;
- b. будівель під час їх купівлі-продажу;
- c. будівель, в яких здійснюється термомодернізація, на яку надається державна підтримка;
- d. будівель, які є об'єктами культурної спадщини.

95. Які властивості враховуються при виборі типу ізоляції:

- a. опір теплопередачі
- b. стійкість до деформацій
- c. горючість,
- d. всі вищеперераховані

96. Індивідуальний тепловий пункт не рекомендується влаштовувати:

- a. збоку та зверху від житлових приміщень
- b. під житловими приміщеннями;
- c. під підсобними приміщеннями.

97. У місцях примикання підлоги до стін, колон та до інших конструкцій, що виступають над підлогою, гідроізоляція повинна передбачатись безперервною на висоту не менше _____ від рівня покриття підлоги.

- a. 100 мм,
- b. 200 мм,
- c. 300 мм.

98. Теплоізоляцію перекриттів над неопалювальними підвальними приміщеннями та над проїздами допускається улаштувати:

- a. як зі сторони неопалювального приміщення, так і зі сторони опалювального приміщення або з нижньої сторони перекриття;
- b. з нижньої сторони перекриття;
- c. зі сторони неопалювального приміщення;
- d. зі сторони опалювального приміщення.

99. Рекомендована послідовність теплоізоляції зовнішніх огорожень:

- a. підлога на ґрунті, горищне перекриття, зовнішні стіни;
- b. зовнішні стіни та зовнішні стінові конструкції, що контактують з ґрунтом; горищне перекриття;
- c. суміщені покриття, підлога на ґрунті, зовнішні стіни.

100. Загальна площа зовнішніх стін при складанні енергопаспорту будівлі визначається:

- a. добуток периметра зовнішніх стін по внутрішній поверхні на внутрішню висоту будівлі з урахуванням площі віконних і дверних укосів;
- b. добуток периметра зовнішніх стін по внутрішній поверхні на внутрішню висоту будівлі без урахування площі віконних і дверних укосів.
- c. за зовнішніми обмірами,

101. Під час складання енергопаспорту будівель розрахункове значення приведенного опору теплопередачі визначають за:

- a. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»
- b. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 «Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків»
- c. ДСТУ Б В.2.6-101:2010 «Метод визначення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій»

Таблиця 4.1 – Перелік питань за темами

№	Назва модулю	Контрольні питання
1	Актуальні напрямки енергозбереження та підвищення енергоефективності.	Основні терміни та визначення понять в енергозбереженні будівель
2	Законодавство України про енергетичну ефективність житлових та громадських будівель.	Критерії та вимоги до фахової підготовки фахівців з аудиту енергетичної ефективності будівель
2.1	Нормативно-правові акти України про енергетичну ефективність житлових та громадських будівель	
	Закон України «Про енергетичну ефективність будівель»	1. Визначення термінів. 2. Сфера дії Закону. 3. Основні засади державної політики у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель. 4. Інформаційне забезпечення у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель. 5. Визначення енергетичної ефективності будівель. 6. Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель. 7. Сертифікація енергетичної ефективності. 8. Енергетичний сертифікат. 9. Права та обов'язки енергоаудиторів та фахівців з обстеження інженерних систем у сфері енергетичної ефективності будівель. 10. Саморегулювні організації у сфері енергетичної ефективності. 11. Права та обов'язки енергоаудиторів та фахівців з обстеження інженерних систем у сфері енергетичної ефективності будівель. 12. Основні заходи із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель. 13. Обстеження інженерних систем будівлі. 14. Незалежний моніторинг енергетичних сертифікатів та звітів про результати обстеження інженерних систем. 15. Національний план збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії. 16. Фінансування заходів із забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель. 17. Відповідальність за порушення законодавства у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель. 18. Прикінцеві та перехідні положення
2.2	Критерії та вимоги до фахової підготовки фахівців з аудиту енергетичної ефективності будівель	Професійна атестація осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем
3	Нормативна документація України щодо енергетичної ефективності будівель	
3.1	Загальні (засадничі) норми	
3.1.1	ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Загальні положення норм щодо встановлення загальних вимог до забезпечення енергоефективності, мінімальних вимог до теплотехнічних показників конструкцій теплоізоляційної оболонки будівель та до енергетичних характеристик будівель або відокремлених їх частин. 4. Основні положення проектування теплоізоляційної оболонки будівель. 5. Загальні принципи і рекомендації: проектування стін з повітряними прошарками, зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій, розміщення опалювальних приладів, вікон і балконних дверей, щодо вибору теплоізоляційних матеріалів, паспортизації енергетичної ефективності будівель, визначення та представлення енергетичних характеристик будівель або їх відокремлених частин. 6. Вимоги до показника енергоефективності будівлі, нормативна максимальна питома енергопотреба для житлових та громадських будівель встановлення класу енергетичної ефективності. 7. Вимоги до теплотехнічних показників елементів теплоізоляційної оболонки будинків. 8. Складання енергетичного паспорту будівлі, форма енергетичного паспорта будівлі. 9. Визначення температурних зон України. 10. Визначення

		тепловологісного режиму приміщень, матеріалів в конструкціях та температури зовнішнього повітря для теплотехнічних розрахунків
3.1.2	ДБН В.1.2-11:2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії.	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Рівні та класи вимог до експлуатаційних характеристик будівельних виробів. 4 Основна вимога "Економія енергії" .5. Перевірка задоволення основної вимоги "Економія енергії" та критерії її виконання: загальні положення; дії щодо задоволення енергетичних потреб будівельних об'єктів. 6. Регламентні технічні умови та оцінка відповідності будівельних виробів: загальні положення; положення про будівельні об'єкти та їх частини; положення, що стосуються будівельних виробів; характеристики матеріалів конструктивної системи теплової ізоляції; характеристики конструктивних компонентів системи теплової ізоляції; характеристики основних споріднених груп системних компонент. 7. Термін служби, довговічність
3.1.3	ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія.	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Архітектурно-будівельне кліматичне районування території України. 4. Кліматологічні характеристики: температура зовнішнього повітря; вітру; сонячної радіації теплової радіації атмосфери та землі; відносної вологості зовнішнього повітря.
3.1.4	ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Проектування. Розділ "Енергоефективність" у складі проектної документації об'єктів.	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Вимоги до порядку побудови, викладення та оформлення розділу "Енергоефективність"; впливові фактори енергоефективності систем опалення, гарячого водопостачання, автоматизації інженерних систем. 4. Складання розділу "Енергоефективність": загальні дані; вихідні дані; визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій; оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій; визначення показників теплостійкості; визначення енергетичних показників будинку; визначення класу енергетичної ефективності будинку; визначення терміну ефективної експлуатації теплоізоляційної оболонки будинку та її елементів; заповнення енергетичного паспорту будинку; висновки за результатами оцінки енергетичних параметрів будинку.
3.1.5	ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.	КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ІЗ ЗАЗНАЧЕНИХ ТЕМ В СТАДІЇ ДООПРАЦЮВАННЯ
3.2	Норми та стандарти на конструктивні рішення теплоізоляції будівель	
3.2.1	ДБН В.2.6-33:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, влаштування та експлуатації.	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Визначення та загальні конструктивні принципи зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. 4. Основні вимоги забезпечення показників безпеки під час застосування фасадної теплоізоляції. 5. Основні вимоги до проектування та складу проектної документації. 6. Правила застосування збірних систем під час будівництва та вимоги до документів, що надаються для оцінки підтвердження придатності конструкцій фасадної теплоізоляції та комплектів. 7. Основні вимоги до монтажу конструкцій фасадної теплоізоляції та контролю якості виконання робіт. 8. Основні вимоги до експлуатації збірних систем та моніторингу їх експлуатаційних показників
3.2.2	ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Класифікація, класи та підкласи збірних систем, класифікація збірних систем за конструктивними елементами. 4. Загальні технічні вимоги: правила приймання; основні фізико-механічні показники збірних систем; методи контролювання; вимоги щодо технології влаштування конструкцій фасадної теплоізоляції; вимоги до контролю приймання робіт із влаштування конструкцій фасадної теплоізоляції; вказівки з експлуатації, ремонту та моніторингу; рекомендації щодо організації процесу управління при влаштуванні конструкцій

		фасадної теплоізоляції
3.2.3	ДСТУ Б В.2.6-35:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Класифікація за підкласами за матеріалом опоряджувального шару; за типом теплоізоляції; за матеріалом теплоізоляції з плит; залежно від матеріалу каркаса. 4. Загальні технічні вимоги: основні параметри та розміри; вимоги до матеріалів та комплектуючих виробів; маркування матеріалів та комплектуючих виробів; 5. Правила приймання. 6. Методи контролювання. 7. Загальні вимоги та правила монтажу. 8. Загальні правила експлуатації. 9. Можливі схеми вузлів кріплення конструкцій фасадної теплоізоляції. 10. Метод визначення терміну ефективної експлуатації ізоляційних матеріалів.
3.2.4	ДСТУ Б В.2.6-36:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Класифікація за матеріалом опоряджувального шару, типами теплоізоляційних матеріалів, способами їх кріплення до несучої частини стіни. 4. Основні особливості проектування. 5. Загальні технічні вимоги: основні фізико-технічні показники конструкцій із фасадною теплоізоляцією; вимоги до матеріалів; основні вимоги з організації і технології виконання робіт. 6. Методи контролювання. 6. Вимоги до матеріалів комплекту. 7. Основні вимоги щодо експлуатації. 8. Метод визначення стійкості конструкцій із фасадною теплоізоляцією до кліматичних впливів.
3.2.5	ДСТУ Б В.2.6-84:2009 Конструкції будинків і споруд. Панелі стінові тришарові залізобетонні з утеплювачем. Загальні технічні умови	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Класифікація панелей за ознаками: призначення в будівлі; статична схема роботи; конструктивне рішення; тип зв'язків; розрізання стін на елементи. 4. Типи, основні параметри та розміри панелей. 5. Загальні вимоги до конструкцій панелей, вимоги до теплоізоляційного шару.
3.2.6	ДСТУ-Н Б В.2.6-88:2009. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Настанова про технічну апробацію, технічний контроль та моніторинг. Технічні умови	КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ІЗ ЗАЗНАЧЕНИХ ТЕМ В СТАДІЇ ДООПРАЦЮВАННЯ
3.2.7	ДСТУ Б В.2.6-17-2000 (ГОСТ 26602.1-99) Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі	1. Галузь використання. 2. Терміни, позначення та визначення. 3. Сутність лабораторних методів визначення опору теплопередачі віконних блоків. 4. Випробувальне обладнання та засоби контролю. 5. Відбір і підготовка зразків. 6. Підготовка до випробувань. 7. Проведення випробувань. 8. Обробка результатів випробувань. 9. Оформлення результатів випробувань. 10. Розрахунковий метод визначення опору теплопередачі.
3.2.8	ДСТУ Б В.2.6-79:2009 Конструкції будинків і споруд. Шви з'єднувальні місць примикань віконних блоків до конструкцій стін. Загальні технічні умови.	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Класифікація з'єднувальних швів, залежно від виду огорожувальних конструкцій та температурними зонами експлуатації згідно з ДБН В.2.6-31. 4. Технічні вимоги: загальні положення; вимоги до геометричних розмірів; вимоги до з'єднувальних швів; загальні вимоги до матеріалів. 5. Правила приймання. 6. Методи контролювання. 7. Рекомендації з виконання робіт. 8. Гарантійні зобов'язання виконавця робіт. 9. Приклади конструктивних рішень з'єднувальних швів
3.2.9	ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 Конструкції будинків і споруд. Настанова щодо проектування й улаштування вікон та дверей	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Загальні положення. 4. Вимоги до проектування вікон та дверей: загальні положення та вказівки; проектування для нових будинків, або для технічно складних будинків, де проводиться реконструкція; проектування для технічно нескладних будинків; вимоги до проектної документації; визначення основних експлуатаційних показників; загальні правила конструювання вікон та дверей. 5. Правила улаштування вікон та дверей в стінових прорізах будинків: загальні положення; визначення умов монтажу вікон та дверей;

		підготовка прорізу до монтажу віконних і дверних блоків; кріплення та елементи кріплення; ізоляція примикань віконних та дверних блоків до стін будинків. 6. Правила виконання робіт при улаштуванні вікон та дверей. 7. Правила приймання: загальні положення, вхідний контроль, поопераційний контроль, приймальний контроль, перевірка проектно-конструкторської документації. 8. Методи контролювання: загальні вимоги контролювання; контролювання віконних та дверних блоків, що поступають на об'єкт; контролювання ізоляційних матеріалів, ущільнюючих стрічок та прокладок, ізоляційних плівок; контролювання виконання будівельних робіт. 9. Вимоги безпеки. 10. Вимоги охорони довкілля, утилізація. 11. Транспортування та зберігання. 12. Правила експлуатування, ремонту. 13. Гарантії виробника. 14. Приклади конструктивних рішень з'єднувальних швів з розрахунковими температурними полями. 15. Розрахунковий метод оцінювання теплового режиму вузлів примикань для визначення раціонального розташування віконного блоку по товщині стінової конструкції. 16. Приклади використання матеріалів для ізоляції місць примикань віконних та дверних блоків. 17. Приклади визначення приведенного опору теплопередачі віконного блока
3.3	Стандарти на методи випробувань теплотехнічних показників та енергетичних характеристик будівель	
3.3.1	ДСТУ Б В.2.6-100:2010 Конструкції будинків і споруд. Методи визначення теплостійкості огорожувальних конструкцій	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Сутність методів випробувань. 4. Вибір об'єкта випробувань. 5. Устаткування та засоби вимірювальної техніки для випробувань. 6. Підготовка до випробувань. 8 Проведення випробувань.
3.3.2	ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Сутність методу теплових випробувань. 4. вимоги до об'єкта випробувань. 5. Устаткування та засоби вимірювальної техніки для теплових випробувань. 6. Вимоги до умов проведення натурних теплових випробувань. 7. Проведення теплових випробувань. 8. Оброблення результатів вимірювань. 9. Оцінювання відповідності показників на підставі результатів вимірювань. 10. Вимоги до кваліфікації операторів. 11. Вимоги до оформлення результатів теплового випробування. 12. Стандартне устаткування та засоби вимірювальної техніки, які рекомендовано для застосування при теплових випробуваннях
3.3.3	ДСТУ Б В.2.7-182:2009 Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Суть методів випробувань: оцінювання терміну ефективної експлуатації; Випробування теплопровідності в розрахункових умовах. 4. Порядок відбору зразків для випробувань. 5. Випробувальне обладнання та засоби контролю. 6. Проведення випробувань. 7. Оцінювання результатів випробувань
3.3.4	ДСТУ Б В.2.2-21:2008 Метод визначення питомих тепловитрат на опалення будинків	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Суть методу. Вибір об'єкта випробувань. 4. Обладнання та засоби контролювання. 5. Підготовка до випробувань. 6. Проведення випробувань. 7. Обробка результатів випробувань. 8. Аналіз результатів випробувань. 9. Оцінювання похибки результатів випробувань
3.3.5	ДСТУ Б EN 13187:2011 Теплові характеристики будівель. Якісне виявлення теплових відмов в огорожувальних конструкціях Інфрачервоний метод (EN 13187:1998, IDT)	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Принцип роботи. 4. Система для сприйняття інфрачервоного випромінювання. 5. Тепловізійне обстеження: загальні вимоги до випробування; методика обстеження; аналізування термограм. 6. Тепловізійний звіт: звіт про випробування з застосуванням інфрачервоної камери; звіт спрощеного випробування з застосуванням інфрачервоної камери
3.4	Стандарти на методи розрахункового оцінювання енергетичних показників	
3.4.1	ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Позначки та індекси фізичних величин. 4.

	будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні	Схема методики розрахунку. Енергетичний баланс будівлі та систем: загальні положення; енергетичний баланс рівня будівлі; енергетичний баланс на рівні інженерних систем будівлі; метод розрахунку. 5. Межі та зони будівлі при розрахунку: межі будівлі при розрахунку; теплові зони; розрахунок за зонами; визначення кондиціонованої площі підлоги A_f . 6. Енергопотреба для опалення та охолодження будівлі: методика розрахунку; енергопотреба для опалення та охолодження. 7. Теплопередача трансмісією: сумарна теплопередача трансмісією через зону будівлі; узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією. 8. Теплопередача вентиляцією: сумарна теплопередача вентиляцією через зону будівлі; узагальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією. 9. Внутрішні теплонадходження. 10. Сонячні теплонадходження: методика розрахунку; загальні сонячні теплонадходження; елементи сонячних теплонадходжень; елементи затінення; теплове випромінювання в атмосферу. 11. Динамічні параметри: Методика розрахунку; Коефіцієнт використання надходжень для опалення; Коефіцієнт використання втрат для охолодження; Часова константа будівлі. 12. Внутрішні умови: постійне опалення та/або охолодження; квазіпостійне опалення та/або охолодження; коригування для переривчастості; задані значення; коригування для періоду невикористання. 13. Річні енергопотреби для опалення та охолодження: річні енергопотреби для опалення та охолодження зони будівлі; річні енергопотреби для опалення та охолодження для комбінації систем. 14. Сумарне енергоспоживання системами опалення, охолодження та вентиляції: загальні положення; регулярні тепловтрати в системі та допоміжна енергія. Загальні положення; тривалість опалювального періоду та періоду охолодження для діяльності сезонозалежних технічних засобів; Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми тепловіддачі/виділення; Загальне енергоспоживання при опаленні підсистеми розподілення; підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти; споживання теплової енергії при опаленні; додаткова енергія для опалення; загальне енергоспоживання при центральному попередньому підігріві; загальне енергоспоживання при охолодженні; споживання теплової енергії при охолодженні; додаткова енергія для охолодження; загальне енергоспоживання при центральному попередньому охолодженні; енергопотреби на осушення повітря систем централізованої вентиляції; загальне енергоспоживання систем вентиляції. 15. Енергопотреба та енергоспоживання гарячого водопостачання; енергопотреби гарячого водопостачання; енергоспоживання гарячого водопостачання. 17. Енергоспоживання при освітленні. 18. Оформлення звіту.
3.4.2	ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 Ергономіка теплового середовища Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту (EN ISO 7730:2005, IDT)	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Прогнозована середня оцінка комфорту (PMV). 4. Визначення прогнозованого відсотка незадоволених температурним середовищем (PPD). 5. Локальний температурний дискомфорт. 6. Комфортні теплові умови середовища. 7. Змінні теплові середовища. 8. Довгострокові оцінки загальних умов. теплового комфорту. 9. Адаптація
3.4.3	ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007,	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Проектні вхідні критерії для розрахунку будівель, систем опалення, охолодження, механічної та природної вентиляції. 4. Параметри внутрішнього середовища для енергетичних розрахунків. 5. Оцінка внутрішнього середовища та довгострокових показників. 6. Експертиза та вимірювання внутрішнього середовища існуючих будівель. 7. Класифікація та сертифікація внутрішнього середовища.

	IDT)	
3.4.4	ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергетична ефективність будинків. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT)	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Схема методик розрахунку. 4. Визначення меж та зон. 5. Енергопотреба для опалення та охолодження будівлі. 6. Теплопередача трансмісією. 7. Теплопередача вентиляцією. 8. Внутрішні теплові надходження. 9. Сонячні теплові надходження. 10. Динамічні параметри. 11. Внутрішні умови. 12. Енергоспоживання при опаленні та охолодженні. 13. Звіт.
3.5	Стандарти на методи розрахункового оцінювання теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будівель	
3.5.1	ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Загальні положення . 4. Методичні положення щодо розрахунку приведенного опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій та визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару . 5. Методичні положення щодо розрахунку міцності утеплювача в конструкціях суміщеного покриття .
3.5.2	ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосасвоєння огорожувальних конструкцій	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Методичні положення щодо оцінки теплостійкості огорожувальних конструкцій у літній період. 4. Методичні положення щодо оцінки теплостійкості приміщення в зимовий період. 5. Методичні положення щодо розрахункової оцінки показника теплосасвоєння поверхнею підлоги. 6. Рекомендації з забезпечення нормативних вимог показників теплостійкості огорожувальних конструкцій та теплосасвоєння підлог
3.5.3	ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Визначення повітропроникності непрозорих та світлопрозорих конструкцій
3.5.4	ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Методичні положення та алгоритм розрахунків тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. 4. Конструктивні заходи щодо забезпечення нормального тепловологісного стану огорожувальних конструкцій
4	Енергетичний аудит будівель. Види енергоаудиту, порядок проведення та етапи енергоаудиту будівель.	
4.1	Стандарти з проведення енергетичного аудиту	
4.1.1	ДСТУ 4065-2001 Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги.	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Вимоги до складу робіт з енергетичного аудиту.
4.1.2	ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель	1. Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Вибір методу проведення енергетичного аудиту: розрахунковий метод проведення енергетичного аудиту будівлі; розрахунково-вимірний метод; вимірний (експлуатаційний) метод. 4. Об'єкти енергетичного аудиту. 5. Устаткування та засоби вимірної техніки. 6. Етапи проведення енергетичного аудиту: алгоритм проведення енергетичного аудиту; встановлення мети; встановлення методу; збір вхідних даних; проведення обстежень; перелік частин будівлі (приміщень, обладнання), які обстежуються; форма реєстрації технічних даних; аналіз отриманих даних; . 7. Вимоги безпеки.
4.1.3	ДСТУ Б EN 15603:2013 Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2008, IDT)	1 Сфера застосування . 2. Терміни та визначення понять . 3. Оцінювання енергетичної ефективності будівель: енергоспоживання; межі оцінювання; типи і використання оцінок. 4. Розрахункова енергетична оцінка: методика розрахунку; теплові потреби будівлі; інженерні системи будівлі. 5. Вимірювана енергетична оцінка: загальні вимоги; період оцінювання; оцінка використаної кількості всіх енергоносіїв; поправка на погодні умови. 6. Зважена енергетична оцінка: типи оцінок; типи коефіцієнтів та показників; первинна енергетична оцінка; оцінка викидів двоокису вуглецю; політична

		енергетична оцінка. 7. Перевірена розрахункова модель будівлі: процедура - перевірка розрахункової моделі будівлі; кліматичні дані; дані щодо зайнятості; оцінки, що базуються на перевірній розрахунковій моделі
4.1.4	ДСТУ Б EN 15217:2013 Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель (EN 15217:2007, IDT)	1 Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Показники енергетичної ефективності: показники; основа показника; нормування енергетичної оцінки. 4. Представлення енергетичних вимог; способи представлення вимог; загальні енергетичні вимоги; модифікація впливу деяких параметрів; реновація та добудова існуючих будівель. 5. Контрольні показники; види контрольних показників; зміст контрольних показників; документація для контрольних показників. 6. Процедура енергетичної сертифікації будівель; загальні положення; зміст процедури енергетичної сертифікації будівлі; зміст енергетичного сертифіката; загальний показник енергетичної ефективності; шкала ефективності; рекомендації.
4.1.5	ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настава з проведення енергетичної оцінки будівель	1 Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Оцінка енергетичної ефективності будівель. 4. Розподіл будівлі на зони. 5. Показники енергетичної ефективності. 6. Контрольні значення. 7. Розрахункова енергетична оцінка будівлі. 8. Комплексна енергетична оцінка. 9. Методичні засади проведення оцінки відповідності будівель за енергетичними вимогами.
4.1.6	ДСТУ Б EN 15232:2011 Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями (EN 15232:2011, IDT)	1 Сфера застосування. 2. Терміни та визначення понять. 3. Вплив АСМУБ і ТУБ на енергоефективність будівель: класи ефективності АМУБ; функції АМУБ і ТУБ, що впливають на енергоефективність будівель; перелік функцій АМУБ. 4. Процедури розрахунку ефективності АМУБ.

ДОДАТКИ

ЗАТВЕРДЖЕНО

постановою Кабінету Міністрів України

від

№

Порядок проведення професійної атестації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем

Загальні положення

1. Цей Порядок визначає процедуру проведення професійної атестації осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем (далі – професійна атестація).

2. У цьому Порядку терміни вживаються у такому значенні:

заклади вищої освіти – заклади вищої освіти, що здійснюють підготовку фахівців з вищою освітою не нижче другого (магістерського) рівня (для осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності) та не нижче першого (бакалаврського) рівня (для осіб, які мають намір проводити обстеження інженерних систем) у галузях знань: «Архітектура та будівництво», «Електрична інженерія», «Механічна інженерія», «Автоматизація та приладобудування», «Управління та адміністрування»;

відповідна вища освіта – сукупність систематизованих знань, умінь і практичних навичок, професійних якостей, інших компетентностей,

здобутих у закладах вищої освіти у сферах енергетики, електроенергетики, електротехніки, електромеханіки, теплоенергетики, енергетичного менеджменту, тепло-газопостачання, вентиляції, теплофізики, будівництва, архітектури та цивільної інженерії;

інші терміни вживаються у значенні, наведеному в Законах України «Про енергетичну ефективність будівель» (далі – Закон).

3. Проведення професійної атестації здійснюється відповідно до статті 9 Закону з урахуванням вимог цього Порядку.

4. Професійна атестація осіб, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем (далі - кандидати), проводиться атестаційними комісіями, створеними закладами вищої освіти або саморегулювальними організаціями у сфері енергетичної ефективності.

Заклад вищої освіти або саморегулювальна організація не пізніше, ніж через десять робочих днів після створення атестаційної комісії надсилає Держенергоефективності письмове повідомлення про її створення із наданням копії відповідного рішення.

5. Інформація щодо професійної атестації розміщується на офіційних веб-сайтах відповідних закладів вищої освіти або саморегулювальних організацій, які створили атестаційну комісію.

Вимоги до освітньо-професійної програми та до проведення професійної підготовки

6. Відповідна освітньо-професійна програма за напрямками (спеціалізаціями) «сертифікація енергетичної ефективності будівель» та «обстеження інженерних систем будівель» повинна забезпечувати набуття

особам, які мають намір провадити діяльність із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем (далі – особи) теоретичних знань, практичних умінь і навичок, достатніх для успішного проведення сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем згідно із Законом, вимогами законодавства у сфері вищої освіти, а також з врахуванням нормативних актів та документів наведених у додатку 1 до цього Порядку.

7. Особи можуть проходити професійну підготовку за освітньо-професійними програмами, визначеними пунктом 6 цього Порядку, а також проходити підвищення кваліфікації з метою набуття компетентностей, необхідних для здійснення професійної діяльності із сертифікації енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем відповідно до Закону.

Форми навчання, форми організації освітнього процесу та види навчальних занять під час проведення професійної підготовки визначаються закладом вищої освіти відповідно до положення про організацію освітнього процесу, що затверджується у встановленому законодавством порядку.

Перелік необхідних для проведення професійної атестації та підтвердження кваліфікаційного рівня документів

8. Для проведення професійної атестації кандидат подає атестаційній комісії заяву на проведення професійної атестації у сфері забезпечення енергетичної ефективності та обстеження інженерних систем за формою, наведеною у додатку 2 до цього Порядку (далі - заява).

До заяви додаються:

1) копії паспорта та реєстраційного номера облікової картки платника податків (не подається фізичними особами, які через свої релігійні переконання відмовляються від реєстраційного номера облікової картки

платника податків та повідомили про це відповідний контролюючий орган і мають відмітку у паспорті);

2) засвідчені копії:

документа (-ів) про відповідну вищу освіту (диплом(-и) та додаток(-и) до нього (них);

трудової книжки.

3) стислий звіт про професійну діяльність та інші досягнення кандидата у довільній формі;

4) інші документи (за бажанням кандидата), що підтверджують його професійну спеціалізацію, рівень кваліфікації та знань (зокрема, державні нагороди, звання, дипломи конкурсів в сфері енергетичної ефективності будівель, документи про наукові досягнення, відгуки від замовників робіт в сфері енергетичної ефективності будівель).

9. Заява разом з доданими до неї документами приймається за описом, копія якого видається кандидату з відміткою про дату прийняття документів.

10. Засвідчення копій документів відбувається шляхом підпису кандидата.

Кандидат відповідальний за достовірність наданих документів.

Кандидат може подавати документи особисто, поштою або електронною поштою. Під час створення електронних документів, які подаються електронною поштою накладається електронний цифровий підпис кандидата, відповідно до вимог Закону України «Про електронні документи та електронний документообіг».

Порядок розгляду поданих документів

11. Прийняття неповного комплекту документів не допускається.

12. У разі зміни відомостей, зазначених у документах, доданих до заяви, кандидат зобов'язаний протягом десяти робочих днів з дати зміни таких відомостей письмово повідомити про це атестаційну комісію. До такого повідомлення додаються копії документів, що підтверджують зміни відомостей.

13. Атестаційна комісія розглядає подані документи у строк, що не перевищує п'яти робочих днів з дня отримання таких документів, приймає рішення про проведення професійної атестації кандидата та повідомляє його у спосіб, який зазначено в заяві кандидата.

Вимоги до атестаційних комісій, проведення кваліфікаційних іспитів, критерії оцінювання та вимоги до прийняття рішення про видачу кваліфікаційного атестата

14. Атестаційна комісія утворюється у складі п'яти осіб: голови, секретаря та членів комісії. Член атестаційної комісії повинен:

мати відповідну вищу освіту не нижче другого (магістерського) рівня вищої освіти;

мати досвід виконання робіт (надання послуг) у сфері енергетичної ефективності будівель або досвід фахового викладання у закладах вищої освіти не менше п'яти років.

Положення про атестаційну комісію та її персональний склад затверджуються наказом керівника закладу вищої освіти або саморегульованої організації.

Положення про атестаційну комісію, інформація про членів атестаційної комісії, зокрема відомості про здобуті ними відповідну вищу

освіту та досвід, оприлюднюються на офіційному веб-сайті відповідного закладу вищої освіти або саморегульованої організації, що створили атестаційну комісію.

Атестаційні комісії діють на принципах об'єктивності, неупередженості та професійної оцінки знань та навичок кандидатів.

Засідання атестаційної комісії є правомочним, якщо на ньому присутні не менш як три її члени. Атестаційна комісія приймає рішення більшістю голосів присутніх на її засіданні членів. За однакової кількості голосів вирішальний голос має голова атестаційної комісії.

Під час засідання атестаційної комісії ведеться протокол. Протоколи засідань атестаційної комісії, відомості про результати атестації та матеріали атестації зберігаються у відповідному закладі вищої освіти або саморегульованій організації, що створили атестаційну комісію, протягом трьох років.

15. Професійна атестація проводиться шляхом складання кваліфікаційного іспиту, який складається з трьох частин: тесту, письмового екзамену з трьома ситуаційними завданнями та співбесіди.

16. Вимоги до осіб, які допускаються до професійної атестації визначені в частині другій статті 9 Закону України «Про енергетичну ефективність будівель».

17. Тестові питання та ситуаційні завдання повинні відповідати освітньо-професійній програмі «сертифікація енергетичної ефективності будівель» та «обстеження інженерних систем будівель».

18. Результати іспитів оприлюднюються на офіційному веб-сайті закладу вищої освіти або саморегульованої організації не пізніше ніж через 10 робочих днів після проведення професійної атестації.

19. Атестаційна комісія видає кандидату, на його вимогу, копії тестових та екзаменаційних письмових відповідей на запитання, що надав кандидат на іспиті, засвідчені головою атестаційної комісії, яка приймала відповідний іспит.

20. Атестаційна комісія у разі складення кандидатом іспиту приймає рішення про безоплатну видачу кваліфікаційного атестата або про відмову в його видачі у місячний строк з дати подання заяви, що оформлюється за формою наведеною у додатку 3 до цього Порядку.

21. Для успішного складання іспиту, кандидат повинен дати 70% правильних відповідей від загальної кількості завдань.

22. Атестаційна комісія відмовляє у видачі кваліфікаційного атестата, в разі нескладення особою кваліфікаційного іспиту.

Особа, якій відмовили у видачі кваліфікаційного атестата у разі не складання кваліфікаційного іспиту, може пройти повторну атестацію не раніше ніж через шість місяців після прийняття рішення про таку відмову.

23. Атестаційна комісія приймає рішення про анулювання кваліфікаційного атестата фахівця з аудиту енергетичної ефективності будівель (далі – енергоаудитор) чи фахівця з обстеження інженерних систем або відмовляє у видачі кваліфікаційного атестата при проведенні професійної атестації, яку проходить особа після закінчення строку дії кваліфікаційного атестата, в разі наявності інформації про невідповідність вимогам законодавства складених енергоаудитором, або фахівцем з обстеження інженерних систем енергетичних сертифікатів та/або звітів про результати обстеження інженерних систем, що надійшла за результатами проведеного відповідно до [статті 14](#) Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» моніторингу таких сертифікатів та/або звітів.

Рішення про анулювання кваліфікаційного атестата атестаційна комісія приймає не пізніше ніж протягом десяти робочих днів з дня отримання відповідної інформації.

Енергоаудитор або фахівець з обстежень інженерних систем, кваліфікаційний атестат якого анульовано або якому відмовили у видачі кваліфікаційного атестата відповідно до цього пункту, може пройти повторну професійну атестацію не раніше ніж через три роки після прийняття відповідного рішення атестаційною комісією.

24. Атестаційна комісія повідомляє кандидата про видачу, анулювання або відмову у видачі кваліфікаційного атестата, в зазначений у заяві спосіб протягом десяти робочих днів з моменту прийняття відповідного рішення.

25. Кандидат має право на оскарження рішення атестаційної комісії про видачу, анулювання або відмову у видачі кваліфікаційного атестата відповідно до законодавства.

26. Строк дії кваліфікаційного атестата становить п'ять років з дати його видачі, крім випадків, коли кваліфікаційний атестат анулюється достроково.

27. Атестаційні комісії подають до Держенергоефективності інформацію стосовно осіб, яким видано або яким відмовлено у видачі кваліфікаційних атестатів, а також інформацію стосовно осіб, кваліфікаційні атестати яких анульовано.

28. Атестаційні комісії видають кваліфікаційний атестат у місячний строк, з моменту прийняття рішення, за формою наведеною у додатку 4 до цього Порядку.

Додаток 1
до Порядку

Орієнтовний перелік нормативних актів та документів до освітньо-професійної програми за напрямами «сертифікація енергетичної ефективності будівель» та «обстеження інженерних систем будівель»

ДБН Б В.2.6-31 «Теплова ізоляція будівель»;

ДБН В.2.6-33 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування та експлуатаційної придатності»;

ДБН В.1.2-11 «Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії»;

ДСТУ-Н Б А.2.2 «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції»;

ДСТУ-Н Б А.2.2-13 «Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель»;

ДСТУ Б EN 138187 «Теплові характеристики будівель. Якісне виявлення теплових відмов в огорожувальних конструкціях. Інфрачервоний метод» (EN 13187:1998, IDT);

ДСТУ Б EN 15603 «Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки»;

ДСТУ Б В.2.2-39 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель»;

ДСТУ Б А.2.2-8 «Проектування. Розділ «Енергоефективність» у складі проектної документації об'єктів»;

ДСТУ Б А.2.2-12 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні»;

ДСТУ Б EN ISO 13790 «Енергетична ефективність будинків. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження»;

ДСТУ Б EN ISO 7730 «Енергономіка теплового середовища.

Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV PPD і критеріїв локального теплового комфорту» (EN ISO 7730, IDT);

ДСТУ Б EN 15459 «Енергетична ефективність будівель. Процедура економічної оцінки енергетичних систем будівель»;

ДСТУ Б EN 15217 «Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель»;

ДСТУ Б EN 15251 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики» (ДСТУ Б EN 15251, IDT);

ДСТУ Б EN 15316-1 «Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 1. Загальні положення» (ДСТУ Б EN 15316-1, IDT);

ДСТУ Б EN 15316-2-1 «Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 2-1. Тепловіддача системою опалення» (ДСТУ Б EN 15316-2-1, IDT);

ДСТУ Б EN 15316-2-3 «Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 2-3. Теплорозподілення системою опалення» (ДСТУ Б EN 15316-2-3, IDT);

ДСТУ Б EN 15459 «Енергетична ефективність будівель. Процедура економічної оцінки енергетичних систем будівель» (ДСТУ Б EN 15459, IDT);

ДСТУ-Н Б В.1.1-27 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія»;

ДСТУ Б В.2.6-17 «Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі»;

ДСТУ Б В.2.2-19 «Будинки і споруди. Метод визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій в натурних умовах»;

ДСТУ Б В.2.6-34 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги»;

ДСТУ Б В.2.6-35 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустриальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови»;

ДСТУ Б В.2.6-36 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови»;

ДСТУ Б В.2.6-79 «Конструкції будинків і споруд. Шви з'єднувальні місць примикань віконних блоків до конструкцій стін. Загальні технічні умови»;

ДСТУ Б В.2.6-100 «Конструкції будинків і споруд. Методи визначення теплостійкості огорожувальних конструкцій»;

ДСТУ Б В.2.6-101 «Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій»;

ДСТУ Б В.2.6-189 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель»;

ДСТУ-Н Б В.2.6-190 «Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та тепло- засвоєння огорожувальних конструкцій»;

ДСТУ-Н Б В.2.6-191 «Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій»;

ДСТУ-Н Б В.2.6-192 «Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій»;

ДСТУ Б В.2.7-182 «Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах».

Додаток 2
до Порядку

Голові атестаційної комісії

ЗАЯВА

**на проведення професійної атестації у сфері забезпечення енергетичної
ефективності та обстеження інженерних систем**

Прошу допустити мене

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

до кваліфікаційного іспиту з метою отримання кваліфікаційного атестату
фахівця з аудиту енергетичної ефективності будівель/фахівця з обстеження
інженерних систем

(необхідне підкреслити)

Про прийняте рішення прошу повідомити мене:

Засобами електронного зв'язку _____

Листом на адресу заявника _____

Отримання нарочно _____

До заяви надаються:

Особа _____ « ____ » _____ 20__ р. _____
(підпис) (дата) (ініціали, прізвище)

Додаток 3
до Порядку

Форма протоколу рішення
атестаційної комісії

РІШЕННЯ

атестаційної комісії № _____ від «__» _____ 20__р.

Комісія у складі:

Голови

(прізвище, ім'я, по батькові, посада)

членів комісії

- 1)
- 2)
- 3)

на підставі проходження іспиту прийняла рішення про видачу/про відмову у
видачі

(прізвище, ім'я, по батькові)

кваліфікаційного атестату за напрямком фахівець з аудиту енергетичної
ефективності будівель/ фахівець з обстеження інженерних систем.

Голова комісії

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Члени комісії

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

Додаток 4
до Порядку

Форма кваліфікаційного атестата

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ АТЕСТАТ

№ _____

Виданий «___» _____ 20__ р.

Строк дії до «___» _____ 20__ р.

Цей атестат засвічує, що _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

є фахівцем з аудиту енергетичної ефективності будівель / фахівцем з
обстеження інженерних систем.

(необхідне відокремити)

Голова атестаційної комісії _____

(підпис) (ініціали, прізвище)

М. _____

Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія
Кафедра теплоенергетики
Лабораторія енергоефективних технологій

РЕЗУЛЬТАТИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ
КОМПЛЕКСУ БУДІВЕЛЬ ДИТЯЧОГО САДКА

Погоджено:
ректор ЗДІА
проф. Банах В.А.

Виконали:
доцент кафедри ТЕ
Ільїн С.В.
провідний фахівець лабораторії
енергоефективних технологій
Шолохов С.С.

Запоріжжя

2017

СУЧАСНИЙ СТАН БУДІВЕЛЬ

Мета роботи – визначення класу енергоефективності комплексу будівель дитячого садка.

Комплекс будівель дитячого садка складається з будівлі дитячого садка та пральні.

Будівля дитячого садка (рис. 1 та 2) одноповерхова прямокутної форми розмірами в плані 30,90 м × 12,40 м і два приміщення розміром в плані 6,20 м × 6,40 м. Висота приміщень будівлі – 3,20 м. Під частиною будівлі є підвал. Висота підвалу 2,70 м. З боку бічного фасаду до будівлі примикає вхід до підвалу. З боку головного фасаду будівлі виконано три ганки входів (рис.3). Конструктивна схема будівлі дитячого садка – безкаркасна з поздовжніми і поперечними несучими стінами. Просторова жорсткість і стійкість будівлі дитячого садка забезпечена поздовжніми і поперечними стінами, горизонтальним диском перекриття.

На рисунку 4 представлено стан горищного приміщення будівлі.



Рисунок 1 - Будівля дитячого садку



Рисунок 2 - Будівля дитячого садку



Рисунок 3 – Стан ганку входу



Рисунок 3 – Стан горищного приміщення

Энергетический паспорт здания

Общая информация

Дата заполнения (год, месяц, число)	02.08.2017
Адрес дома	вул. Історична, 6, смт Якимівка, Якимівського району Запорізької області
Разработчик проекта	Запорізький комплексний відділ УкрВостокПІНТІЗ
Адрес и телефон разработчика	-
Шифр проекта здания	6250
Год строительства	1965

Расчетные параметры

Наименование расчетных параметров	Обозначение	Единица измерения	Величина
Расчетная температура внутреннего воздуха	$t_{в}$	°C	20
Расчетная температура наружного воздуха	$t_{з}$	°C	-19
Расчетная температура отопляемого чердака	$t_{вр}$	°C	---
Расчетная температура тех подполья	$t_{ц}$	°C	---
Длительность отопительного периода	$z_{оп}$	дoba	175
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{оп з}$	°C	-0.1
Расчетное количество градусо-суток отопительного периода	D_d	°C·дoba	3518

Функциональное назначение и конструктивное решение здания

Назначение	Жилые многоквартирные здания
Размещение в застройке	Обособлена будівля
Типовой проект, индивидуальный	Проект типовий
Конструктивное решение	Одноповерхова будівля колишнього дитячого садка

Энергетический паспорт здания

Геометрические, теплотехнические и энергетические показатели

Показатель	Значение и размерность показателя	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
1	2	3	4	5
Общая площадь внешних ограждающих конструкций здания	F_{Σ} , м ²	-	888.9	
В том числе:				
- Стены	$F_{нп}$, м ²	-	292.6	
- Внешняя часть плоской кровли	$F_{пк1}$, м ²	-	0.0	
- Внешняя часть скатной кровли	$F_{пк2}$, м ²	-	0.0	
- Полы по грунту	$F_{ц}$, м ²	-	0.0	
- Потолок под отопливаемым чердаком	$F_{пк хг}$, м ²	-	19.6	
- Потолок под неотапливаемым чердаком	$F_{пк тг}$, м ²	-	231.0	
- Полы над неотапливаемыми подвалами	$F_{ц2}$, м ²	-	282.4	
- Полы на отопливаемом подвалом	$F_{ц1}$, м ²	-	0.0	
- Перекрытия на тех подпольях	$F_{ц3}$, м ²	-	0.0	
- Окно и балконная дверь	$F_{сп в}$, м ²	-	63.3	
- Цветное стекло	$F_{сп вт}$, м ²	-	0.0	
- Фонарь	$F_{сп л}$, м ²	-	0.0	
- Двери и ворота	$F_{д}$, м ²	-	0.0	
Площадь отопливаемых помещений	F_{h} , м ²	-	249.7	
Полезная площадь (Для общественных зданий)	$F_{пк}$, м ²	-	-	
Площадь жилых помещений и кухонь	$F_{ж}$, м ²	-	265.2	
Расчетная площадь (для общественных зданий)	$F_{р}$, м ²	-	-	
Отопливаемый объем	V_{h} , м ³	-	884.5	
Коэффициент остекления фасадов здания	$\tau_{ск}$	-	0.18	
Показатель компактности здания	$L_{к буд}$, 1/м	-	1.01	
Теплотехнические и энергетические показатели				
Теплотехнические показатели				

Энергетический паспорт здания

Приведенное сопротивление теплопередаче внешних ограждений	$R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K / Bt$			
- Стены	$R_{нп}$	2.24	3.00	
- Внешняя часть плоской кровли	$R_{пк1}$	-	-	
- Внешняя часть скатной кровли	$R_{пк2}$	-	-	
- Полы по грунту	$R_{ц}$	-	-	
- Поток под отопливаемым чердаком	$R_{пк хг}$	3.60	4.00	
- Поток под неотапливаемым чердаком	$R_{пк тг}$	2.64	3.96	
- Полы над неотапливаемыми подвалами	$R_{ц2}$	2.64	2.49	
- Полы на отопливаемом подвалом	$R_{ц1}$	-	-	
- Перекрытия на тех подпольях	$R_{ц3}$	-	-	
- Окно и балконная дверь	$R_{сп в}$	0.60	1.34	
- Цветное стекло	$R_{сп вт}$	-	-	
- Фонарь	$R_{сп л}$	-	-	
- Двери и ворота	$R_{д}$	-	-	
Энергетические показатели				
Расчетные удельные теплотраты	$q_{буд}$, $кВт \cdot год / м^2$		128.74	
Максимально допустимые значения требуемых теплотерь на отопление здания	$E_{тах}$, $кВт \cdot год / м^2$		125.78	
Класс энергетической эффективности			D	
Срок эффективной эксплуатации теплоизоляционной оболочки и ее элементов			-	
Соответствие проекта здания нормативным требованиям			He	
Необходимость доработки проекта здания			Так	

Описание проекта

Тип здания	Жилые многоквартирные здания
Климатическая зона или город	II
Наименование проекта	Реконструкція дитячого садку
Описание проекта	Проект реконструкції комплексу будівель дитячого садка за адресою: вул. Історична, 6, смт Якимівка, Якимівського району Запорізької області на можливість реконструкції під житло
Адрес проекта	вул. Історична, 6, смт Якимівка, Якимівського району Запорізької області
Инвестор	Якимівська селищна рада Якимівського району Запорізької області
Проектировщик	Запорізька державна інженерна академія

Список конструкций - изложение

Вид конструкции	Описание конструкции	R [м ² ·К/Вт]	Rmin [м ² ·К/Вт]
Совмещенные кровли	Скатная кровля	6.55	3.92
Наружные стены	Штукатурный фасад	3.34	2.24
Полы по грунту	Полы по грунту	0.18	-1.00
Светопрозрачные ограждающие конструкции	Светопрозрачные ограждающие конструкции	1.34	0.60

Результат для: Скатная кровля

Описание конструкции

Вид конструкции	Совмещенные кровли
Общая площадь конструкции	1.00 [м²]
Направление теплового потока	горизонтальный
Влажностный режим помещений	Нормальный
Расчетные значения коэффициентов теплоотдачи внутренней и наружной:	
α _з	23.00 [Вт/(м²·К)]
α _в	8.70 [Вт/(м²·К)]

Проектирование сегмента (начиная с внутреннего слоя наружу)

Название материала	λб [Вт/(м·К)]	μ [мг/(м·год·Па)]	d [мм]	R [(м²·К)/Вт]
Листи гіпсокартонні (800 кг/м³)	0.210	0.07	12.5	0.06
Пароізоляційна плівка (1600 кг/м³)	0.300	0.00	0.2	0.01
MULTIROCK ROLL (DOMROCK)	0.044	0.55	100.0	2.27
ROCKMIN PLUS	0.037	0.53	150.0	4.05
Вентилируемые воздушная прослойка	-	-	40.0	0
Кровельный лист стали (гофрированные)	58.000	0.00	0.5	0.01

Результаты

Минимально допустимое значение сопротивления теплопередачи	3.92 [м²·К/Вт]
Сопротивление теплопередачи конструкции	6.55 [м²·К/Вт]
Сопротивление теплопередаче без теплопроводных включений	6.55 [м²·К/Вт]

Детали расчета наличия влаги внутри конструкции

Внутренне окружение	
Внутренняя температура (тип обогрева)	20 [°C]
Влажность внутри помещения	55 [%]

Материал	Δw [%]	Δwd [%]	Проверить
Листи гіпсокартонні (800 кг/м³)	0.000	3	+
Пароізоляційна плівка (1600 кг/м³)	0.000	Unrequired	+
MULTIROCK ROLL (DOMROCK)	0.000	Unrequired	+

Результат для: Штукатурный фасад

Описание конструкции

Вид конструкции	Наружные стены
Общая площадь конструкции	1.00 [м²]
Направление теплового потока	горизонтальный
Влажностный режим помещений	Нормальный
Расчетные значения коэффициентов теплоотдачи внутренней и наружной: Зовнішні стіни, суміщені покриття, перекриття над проїздами	
α _з	23.00 [Вт/(м²·К)]
α _в	8.70 [Вт/(м²·К)]

Проектирование сегмента (начиная с внутреннего слоя наружу)

Название материала	λб [Вт/(м·К)]	μ [мг/(м·год·Па)]	d [мм]	R [(м²·К)/Вт]
Внутренняя штукатурка	0.930	0.09	1.5	0.00
Керамічної порожнистої густиною 1400 кг/м³ (брутто) на цементно-піщаному розчині (1600 кг/м³)	0.640	0.14	360.0	0.56
FRONTROCK MAX E плиты с двойной плотностью	0.038	0.47	100.0	2.60
Розчин цементно-піщаний (1600 кг/м³)	0.810	0.12	15.0	0.02

Результаты

Минимально допустимое значение сопротивления теплопередачи	2.24 [м²·К/Вт]
Сопротивление теплопередачи конструкции	3.34 [м²·К/Вт]
Сопротивление теплопередаче без теплопроводных включений	3.34 [м²·К/Вт]

Детали расчета наличия влаги внутри конструкции

Внутренне окружение	
Внутренняя температура (тип обогрева)	20 [°C]
Влажность внутри помещения	55 [%]

Материал	Δw [%]	Δwd [%]	Проверить
Внутренняя штукатурка	0.000	2	+
Керамічної порожнистої густиною 1400 кг/м³ (брутто) на цементно-піщаному розчині (1600 кг/м³)	0.000	1.5	+
FRONTROCK MAX E плиты с двойной плотностью	0.000	Unrequired	+

Результат для: Полы по грунту

Описание конструкции

Вид конструкции	Полы по грунту
Общая площадь конструкции	231.00 [м²]
Направление теплового потока	горизонтальный
Влажностный режим помещений	Нормальный
Расчетные значения коэффициентов теплоотдачи внутренней и наружной:	
$\alpha_{\text{в}}$	23.00 [Вт/(м²·К)]
$\alpha_{\text{н}}$	8.70 [Вт/(м²·К)]

Проектирование сегмента (начиная с внутреннего слоя наружу)

Название материала	λ_b [Вт/(м·К)]	μ [мг/(м·год·Па)]	d [мм]	R [(м²·К)/Вт]
Зализобетон (2500 кг/м³)	2.040	0.03	39.0	0.02

Результаты

Минимально допустимое значение сопротивления теплопередачи	-1.00 [м²·К/Вт]
Сопротивление теплопередачи конструкции	0.18 [м²·К/Вт]
Сопротивление теплопередаче без теплопроводных включений	0.18 [м²·К/Вт]

Детали расчета наличия влаги внутри конструкции

Внутренне окружение	
Внутренняя температура (тип обогрева)	20 [°C]
Влажность внутри помещения	55 [%]

Материал	Δw [%]	Δw_d [%]	Проверить
Зализобетон (2500 кг/м³)	0.000	2	+
Требование: $\Delta w \leq \Delta w_d$	ТРЕБОВАНИЯ ВЫПОЛНЕНЫ		

Значение влаги, которая конденсируется в течении холодного периода $W_{\text{зп}}$	0.000 [кг/м²]
Значение влаги, которая испарилась в течении теплого периода $W_{\text{лп}}$	0.000 [кг/м²]
Требование: $W_{\text{зп}} \leq W_{\text{лп}}$	ТРЕБОВАНИЯ ВЫПОЛНЕНЫ

Результат конденсации

Результат для: Светопрозрачные ограждающие конструкции

Описание конструкции

Вид конструкции	Светопрозрачные ограждающие конструкции
Тепловое сопротивление рамы	0.000 [(м ² ·К)/Вт]
Поверхность рамы	0.00 [м ²]
Тепловое сопротивление стекла	1.34 [(м ² ·К)/Вт]
Поверхность стекла	63.30 [м ²]
Параметры линейного теплопроводного включения на стыке стекла и рамы	
Данные теплопроводного включения	0.00 [Вт/(м·К)]
Протяженность теплопроводного включения	0.00 [м]
Расчетные значения коэффициентов теплоотдачи внутренней и наружной:	
$\alpha_{\text{з}}$	23.00 [Вт/(м ² ·К)]
$\alpha_{\text{в}}$	8.70 [Вт/(м ² ·К)]

Результаты

Минимально допустимое значение сопротивления теплопередачи	0.60 [м ² ·К/Вт]
Сопротивление теплопередачи конструкции	1.34 [м ² ·К/Вт]
Сопротивление теплопередаче без теплопроводных включений	1.34 [м ² ·К/Вт]

Детали расчета наличия влаги внутри конструкции

Внутренне окружение	
Внутренняя температура (тип обогрева)	20 [°C]
Влажность внутри помещения	55 [%]

Материал	Δw [%]	Δw_d [%]	Проверить
Залізобетон (2500 кг/м ³)	0.000	2	+
Требование: $\Delta w \leq \Delta w_d$	ТРЕБОВАНИЯ ВЫПОЛНЕНЫ		

Значение влаги, которая конденсируется в течении холодного периода $W_{\text{зп}}$	0.000 [кг/м ²]
Значение влаги, которая испарилась в течении теплого периода $W_{\text{лп}}$	0.000 [кг/м ²]
Требование: $W_{\text{зп}} \leq W_{\text{лп}}$	ТРЕБОВАНИЯ ВЫПОЛНЕНЫ

Результат конденсации

Клас енергетичної ефективності комплексу споруд – D.

Проект не відповідає вимогам ДБН В.2.6-31 до теплотехнічних та енергетичних показників огорожувальних конструкцій будинку і порядку їх розрахунків. Проект не забезпечує:

- раціональне використання енергетичних ресурсів на обігрівання приміщень будинку;

- нормативні показники санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень;

- довговічність огорожувальних конструкцій під час експлуатації будинку.

Будівлі вимагають термомодернізації: додаткове утеплення огорожуючих конструкцій, заміну вікон та дверей.

Рекомендовані джерела інформації

1. Енергетичний аудит: Навчальний посібник / О.І.Соловей, В.П.Розен, Ю.Г.Лега, О.О.Ситник, А.В.Чернявський, Г.В.Кубрака. – Черкаси: ЧДТУ, 2005. – 299 с.
2. Энергия будущего века. Информационный бюллетень. Шеф-редактор А.В.Праховник. Киев. 2000.
3. Ковалко М. П. Энергозбереження – досвід, проблеми, перспективи. Київ 1997.
4. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: Навчальний посібник/ В.В.Прокопенко, О.М.Закладний, П.В.Кульбачний. – Київ.: Освіта України, 2009. – 438с.
5. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України/ А.В.Праховник, В.В.Прокопенко, В.І.Дешко, та ін. – м. Луганськ, вид-во. «Місячне сяйво», 2010.- 696 с.
6. Енергозбереження в промисловості. Частина 1: Навчальний посібник/ А.В.Праховник, О.М.Суходоля, С.П.Денисюк, В.В.Прокопенко. Електронне навчальне видання. НМУ №Е11/12-104. –Київ, НТУУ «КПІ», 2011 – 517 с.
7. Енергозбереження в промисловості. Частина 2. Енергетичне обладнання: Навчальний посібник/ А.В.Праховник, О.М.Суходоля, С.П.Денисюк, В.В.Прокопенко. Електронне навчальне видання. НМУ №Е12/13-024. –Київ, НТУУ «КПІ», 2012 – 230 с.
8. В.В.Прокопенко, О.В.Коцарь, А.В.Пятова, Совершенствование и модернизация учебного модуля «Энергетический аудит»//Материали XV ювілейної міжнародної науково-практичної конференції: «Відновлювана енергетика XXI століття». Київ 2014 р. - С.139-143.
9. Прокопенко В.В., Коцарь О.В., Расько Ю.А., Павлова Ю.С. Полнофункциональный инструментарий для реализации перманентного

енергетического аудита. // Энергетика: економіка, технології, екологія. 2014. №2(36) – с. 83-90.

10.Лісовський В.С., Закладний О.М., Борисюк М.Г. та ін. Автоматизація виробничих процесів у гірничій промисловості: Навч. посіб. для проф.-техн. навч. закл. – К.: Факт, 2001. – 164 с.: іл.

11.Закладной А.Н., Праховник А.В., Соловей А.И. Энергосбережение средствами промышленного электропривода. – К.: «Дия», 2001. – 343 с.: ил.

12.Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник/ Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І.- К:Кондор, 2005.-408с.

13.Електропривод: Навчальний посібник / О.М.Закладний, В.В.Прокопенко, О.О.Закладний – Київ. НТУУ «КПІ», 2007. – 316с.