



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного  
господарства та природокористування  
Навчально-науковий інститут автоматики, кібернетики та  
обчислювальної техніки  
Кафедра автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-  
інтегрованих технологій

### **ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор з науково-педагогічної,  
методичної та виховної роботи

\_\_\_\_\_ О.А. Лагоднюк  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**04-03-11**



### **РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ** **Program of the Discipline**

#### **Енергоаудит** **ENERGY AUDIT**

спеціальність	151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"
specialty	151 "AUTOMATION AND COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGY"

Робоча програма “Енергоаудит” для студентів спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Рівне: НУВГП, 2018. – 15 с.

**Розробник:** Гудь В.М., доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп’ютерно-інтегрованих технологій, к. ф.-м. н., доцент.

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри автоматизації, електротехнічних та комп’ютерно-інтегрованих технологій

Протокол від “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ (В.В. Древецький)

Схвалено науково-методичною комісією за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

Протокол від “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ (В.В. Древецький)



## ВСТУП

Програма дисципліни «Енергоаудит» відноситься до дисциплін професійної підготовки та складена відповідно до освітньої програми спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є формування теоретичних знань та практичних навичок з проведення енергетичного аудиту та ефективного використання паливо-енергетичних ресурсів.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна «Енергоаудит» є складовою частиною циклу професійної підготовки для студентів за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Вивчення дисципліни передбачає наявність систематичних та ґрунтовних знань із суміжних курсів – «Електротехніка та електромеханіка», «Метрологія, технологічні вимірювання і прилади», «Автоматизований електропривод».

Вимоги до знань та умінь визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.

## Анотація

Енергетичний аудит є основним етапом на шляху ефективного контролю витрат енергії та впровадження енергозберігаючих заходів.

Курс енергетичного аудиту передбачає ознайомлення з нормативно-правовою базою в галузі енергозбереження, енергоаудиту та енергоменеджменту. Програма передбачає систематизацію попередніх знань та надає комплексне уявлення про шляхи зменшення витрати енергоресурсів. Дозволяє оволодіти методикою проведення енергоаудиту та моніторингу об'єктів енергетики, отримати навички проведення аналізу отриманих результатів для оцінки фактичного стану енергоспоживання на промислових підприємствах та об'єктах житлово-комунального господарства.

**Ключові слова:** енергозбереження, енергоефективність, енергоаудит, енергоменеджмент, енергоресурси, системи енергоаудиту

## Abstract

Energy audit are the main stage in the effective control of energy costs and implementation of energy saving measures.

The course of energy audit involves getting acquainted with the regulatory framework in the field of energy saving, energy audit and

energy management. The program provides for systematization of prior knowledge and provides a comprehensive understanding of ways to reduce energy consumption. Allows to master the methodology of conducting energy audit and monitoring of energy objects, to obtain the skills of analyzing the obtained results for assessing the actual state of energy consumption at industrial enterprises and objects of housing and communal services.

**Key words:** energy saving, energy efficiency, energy audit, energy management, energy resources, energy audit systems

### 1. Опис навчальної дисципліни

Таблиця 1

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань – 15 “Автоматизація та приладобудування” Спеціальність 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”	Нормативна	
		Рік підготовки	
		5-й	5-й
		Семестр	
Модулів – 2		Лекції	
Змістовних модулів – 4		30 год.	2 год.
Індивідуальне науково-дослідне завдання –		Практичні, семінарські	
Загальна кількість годин – 120		12	6
		Лабораторні	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3; самостійної роботи студента – 5.	Рівень вищої освіти: Магістр	Самостійна робота	
		78 год.	112 год.
		Індивідуальне завдання	
		-	-
		Вид контролю	
		Екзамен	Екзамен



Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:  
для денної форми навчання – 38% до 62%.  
для заочної форми навчання – 7% до 93%.

## 2. Мета навчальної дисципліни

**Метою** вивчення навчальної дисципліни “Енергоаудит” є розвинути системне уявлення про стратегії і методики проведення енергоаудиту, що дозволяє отримувати якісні і кількісні оцінки стану енергетичних систем, виявляти причини і рівні необґрунтованих втрат енергії, розробляти енергозберігаючі заходи.

### **Завданням вивчення дисципліни є:**

- сформувані комплексне уявлення про значення енергетичного аудиту для енергоефективного використання енергії.
- сформувані поглиблені знання щодо нормативно-правової та нормативно-технічної бази енергозбереження, основ енергоаудиту об'єктів енергетики, особливостей енергоаудиту промислових підприємств, поглиблених енергетичних обстежень.
- оволодіти методикою проведення енергоаудиту та моніторингу об'єктів енергетики, виконання основних розрахунків з енергозбереження промислових підприємств.
- отримати навички проведення аналізу отриманих результатів для оцінки фактичного стану енергоспоживання на підприємствах, а також для визначення значень втрат енергоресурсів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

### **знати:**

- методи проведення енергоаудиту;
- методологію системних досліджень;
- методи дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів;
- методики визначення показників ефективності енергетичних систем.

### **вміти:**

- аналізувати складність технічних систем;
- використовувати методи та правила управління інформацією та роботу з документами за професійним спрямуванням;
- застосовувати на практиці знання та компетенції в предметній області та розуміння потреб професії;
- оцінювати, інтерпретувати та синтезувати інформацію та дані;



- застосовувати на практиці базові знання щодо проектування та експлуатації енергетичних систем та установок.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1. Енергоаудит електричних систем**

##### **Тема 1. Основні поняття та методологія енергоаудиту**

Вступ. Загальні поняття енергоаудиту. Задачі енергоаудиту. Етапи проведення. Нормативно-правова база енергоаудиту. Вимоги до кваліфікації енергоаудиторів. Методологія енергоаудиту. Системи енергоаудиту.

##### **Тема 2. Енергоаудит систем електропостачання**

Втрати електроенергії в мережах. Головні понижувальні підстанції. Трансформаторні підстанції. Режим електропостачання. Система обліку електроенергії.

##### **Тема 3. Енергоаудит електроустановок**

Втрати в побутових пристроях. Втрати в електродвигунах. Електродугові печі. Електропечі опору. Втрати електроенергії в зварювальних апаратах. Втрати електроенергії при деревообробці. Визначення втрат енергії. Шляхи зниження втрат енергії.

##### **Тема 4. Енергоаудит систем освітлення**

Загальні відомості. Світловіддача джерел живлення. Старіння джерел світла. Електричні освітлювальні пристрої. Освітлювальна мережа. Деякі критерії вибору джерела світла. Визначення витрат електроенергії в системах освітлення. Забруднення світильників.

#### **Змістовий модуль 2. Енергоаудит гідравлічних та пневматичних систем**

##### **Тема 5. Енергоаудит систем водопостачання та каналізації**

Енергетичний аудит pompових установок. Нагнітальний і всмоктувальний трубопроводи. Запірна арматура. Помпа. Режими

роботи систем водопостачання. Сумісна робота pomp. Втрати енергії в системах водопостачання. Методи економії електроенергії в системах водопостачання

### **Тема 6. Енергоаудит систем постачання стисненого повітря**

Система стисненого повітря підприємства. Машини для виробництва стиснутого повітря. Компресорні установки. Допоміжне устаткування. Системи охолодження повітря. Масло утримувачі. Волого утримувачі. Розподільчі лінії. Трубопровідні мережі. Запірна арматура. Повітрозбірники. Градирні. Вибір потужності споживаної компресором. Система керування роботою компресора. Рекомендації щодо зниження втрат енергії. Контроль параметрів під час проведення енергоаудиту системи стисненого повітря. Режими вироблення стисненого повітря.

### **Змістовий модуль 3. Енергоаудит теплоенергетичних систем**

#### **Тема 7. Енергоаудит систем теплопостачання**

Визначення потреб в тепловій енергії. Методи визначення споживання теплової енергії та втрат енергії в системах гарячого водопостачання, теплопостачання та кондиціювання. Енергоаудит котельних агрегатів (котли, бойлери, теплообмінники). Системи паропостачання. Енергетичний аудит градирень та конденсаторів парових турбін. Теплові розподільчі пункти. Системи опалення. Системи гарячого водопостачання. Розподільчі теплові мережі. Балансування мереж. Режими тепло споживання. Системи керування теплопостачанням. Системи обліку та контролю теплопостачання.

#### **Тема 8. Енергоаудит систем холодопостачання**

Системи холодопостачання. Втрати в системах холодопостачання. Елементи систем холодопостачання. Холодильні установки, трубопроводи, дроселі, конденсатори, випаровувачі, градирні, режим роботи системи, автоматизована система керування.

#### **Тема 9. Енергоаудит систем вентиляції, підігріву повітря і кондиціювання**

Енергоаудит вентиляційних установок, вентиляційних мереж, теплообмінників, калориферів, кондиціонерів та електроприводу. Режими роботи систем вентиляції, підігріву повітря і

кондиціонування. Втрати в елементах системи вентиляції. Оцінка правильності вибору вентиляторів. Правильність установки вентиляторів. Класифікація витрат під час роботи вентиляторів. Методи визначення та розрахунку втрат електроенергії у вентиляційних установках.

### **Тема 10. Енергоаудит будівель та споруд**

Методи визначення теплових втрат через будівельні конструкції споруд. Тепловий баланс будівель і споруд. Ефективність споживання теплової енергії будівель і споруд.

## **Змістовий модуль 4. Технічне забезпечення енергоаудиту та паспортизація об'єктів енергетики**

### **Тема 11. Енергоаудит систем обліку та контролю споживання ПЕР**

Система обліку та контролю споживання ПЕР. Лічильники активної і реактивної енергії. Аналізатори якості електроенергії. Лічильники води. Тепло лічильники. Витратоміри стисненого повітря. Первинні вимірювальні перетворювачі фізичних величин (трансформатори струму, трансформатори напруги, датчики води, тиску, температури). Пристрої збирання і передачі даних.

### **Тема 12. Технічне забезпечення енергоаудиту**

Вимоги до складу та точності засобів вимірювання. Обробка результатів вимірювання. Тепловізор. Пірометр. Вимірювач теплового потоку. Портативні витратоміри. Дифманометри. Анеометр. Аналізатор якості електричної енергії. Струмові кліщі. Портативний ватметр. Люксметр.

### **Тема 13. Енергетичний паспорт об'єкту енергетики**

Структура, зміст та основні елементи енергетичного паспорту. Проект і проектний аналіз. Передінвестиційна фаза проекту. Основні показники фінансової оцінки. Визначення термінів окупності





#### 4. Структура залікового кредиту курсу

Таблиця 2

Назва змістовних модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	Усього	У тому числі					Усього	у тому числі				
		л	П	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Змістовий модуль 1. Енергоаудит електричних систем</b>												
Тема 1. Основні поняття енергоаудиту	12	2				10	12	1				11
Тема 2. Енергоаудит систем електропостачання	12	2				8	12					12
Тема 3. Енергоаудит електроустановок	12	2	2			6	12	1				11
Тема 4. Енергоаудит систем освітлення	12	2	2			8	12	1				11
<b>Змістовий модуль 2. Енергоаудит гідравлічних та пневматичних систем</b>												
Тема 5. Енергоаудит систем водопостачання та каналізації	12	2	2			8	12	1				11
Тема 6. Енергоаудит систем стисненого повітря	6	2				4	6					6
<b>Змістовий модуль 3. Енергоаудит теплоенергетичних систем</b>												
Тема 7. Енергоаудит систем теплопостачання	6	2	2			2	6	1				5
Тема 8. Енергоаудит систем холодопостачання	6	2				4	6					6
Тема 9. Енергоаудит систем вентиляції, підігріву повітря і кондиціонування	6	2				4	6					6
Тема 10. Енергоаудит будівель та споруд	12	4	2			6	12	1	1			10
<b>Змістовий модуль 4. Технічне забезпечення енергоаудиту та паспортизація об'єктів енергетики</b>												
Тема 11. Енергоаудит систем обліку та контролю споживання ПЕР	6	2				4	6					6
Тема 12. Технічне забезпечення енергоаудиту	6	2				4	6					6

Тема 13. Енергетичний паспорт об'єкту енергетики	12	4	2			6	12	1			11
<b>Всього</b>	120	30	12			78	120	2	6		112

## 5. Теми практичних занять

Таблиця 3

№ з/п	Тема	Кількість годин	
		Денна ф.	Заочна ф.
1	Визначення енергоефективності електричних систем	2	1
2	Визначення енергоефективності систем водопостачання	2	1
3	Визначення енергоефективності систем тепlopостачання	2	1
4	Визначення енергоефективності будівель та споруд	2	1
5	Підготовка енергетичного паспорта об'єкта	2	1
6	Розробка енергозберігаючих заходів	2	1
<b>Всього</b>		<b>12</b>	<b>6</b>

## 6. Самостійна робота

Самостійна робота є основним засобом засвоєння студентом навчального матеріалу у час, вільний від обов'язкових навчальних занять.

Самостійна робота студента над засвоєнням навчального матеріалу з навчальної дисципліни може виконуватися у бібліотеці, навчальних кабінетах, лабораторіях і комп'ютерних класах, а також у домашніх умовах та передбачає:

- вивчення лекційного матеріалу по темі;
- опрацювання літератури по темі;
- роботою над розробкою енергетичного паспорта;
- підготовку до модульної контрольної роботи;

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

підготовка до аудиторних занять – 1 год. занять (42 год.);



в опрацювання окремих тем програми або їх частин, які не викладаються на лекціях – (20 год.)

підготовка енергетичного паспорту об'єкту (16 год)

### Завдання для самостійної роботи

№з/п	Назва теми	К-ть год. сам. роботи	
		Денна	Заочна
1	Законодавча та нормативна база з енергоаудиту	10	11
2	Основи тепловізійного аудиту	8	12
3	Визначення втрат в електромережах	8	12
4	Визначення втрат в електроустановках	6	11
5	Методики розрахунку систем освітлення	8	11
6	Втрати енергії в системах водопостачання	8	11
7	Втрати енергії в системах стисненого повітря	10	12
8	Втрати енергії в системах теплопостачання	16	23
9	Порядок формування паспорту енергетичного об'єкту	2	4
10	Порядок розрахунку терміну окупності енергоефективних заходів	2	5
<b>Загальна кількість годин</b>		<b>78</b>	<b>112</b>

### 8. Методи навчання

8.1. Лекції проводяться з використанням технічних засобів навчання і супроводжуються демонстрацією презентацій за допомогою проєктора.

8.2. Практичні заняття закріплюються підготовкою енергетичного паспорту об'єкту.

8.3. Основними критеріями, що характеризують рівень компетентності студента при оцінюванні результатів поточного та підсумкового контролів є:



- виконання всіх видів навчальної роботи, передбачені робочою програмою навчальної дисципліни;
- глибина і характер знань навчального матеріалу за змістом навчальної дисципліни, що міститься в основних та додаткових рекомендованих літературних джерелах;
- вміння аналізувати явища, які вивчаються, у їх взаємозв'язку і розвитку;
- характер відповідей на поставлені питання (чіткість, лаконічність, логічність, послідовність тощо);
- вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних задач;
- вміння аналізувати достовірність одержаних результатів.

### 9. Методи тестування

9.1. Контроль за роботою на практичних заняттях забезпечується перевіркою домашнього завдання.

9.2. Оцінка самостійної роботи.

9.3. Підсумковий контроль проводиться у формі екзамену.

### 10. Розподіл балів, що присвоюються студентам

Сума балів = 100:

- 60 – поточна робота;
- 40 – екзамен.

Допуск до екзамену:

- $\Sigma$  балів  $\geq 40$ ;
- виконано модульну контрольну роботу;

Розподіл балів:

а) Відвідування лекцій: 10 балів

0.7 бала за лекцію (перша 0.2);

б) Самостійна робота: 20 балів

в) Практичні заняття: 30 балів, 5 балів за заняття:

- 3 бали – виконання домашнього завдання;
- 2 бали – робота на практичному занятті

### Розподіл балів:

Змістовий модуль 1				Змістовий модуль 2		Змістовий модуль 3				Змістовий модуль 4			Екзамен	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13		
2	2	8	8	8	2	8	2	2	8	2	2	6	<b>40</b>	<b>100</b>



Результати поточного контролю оцінюються за шкалою [0...60] балів. За підсумковий контроль у вигляді екзамену, студент може отримати [0...40] балів. У такому випадку до набраних під час екзамену балів додаються бали поточного контролю.

### Шкала оцінювання:

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою
	Для екзамену, КР
90–100	відмінно
82–89	добре
74–81	
64–73	задовільно
60–63	
35–59	незадовільно з можливістю повторного складання
0–34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### 11. Методичне забезпечення

Методичне забезпечення навчальної дисципліни «Енергоаудит» включає:

- інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення дисципліни (ІКНМЗД);
- опорний конспект лекцій на паперовому носії;
- опорний конспект лекцій на електронному носії;
- методичні вказівки до виконання та оформлення результатів самостійної роботи;
- методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Ринок енергії» для студентів за напрямом підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» всіх форм навчання / Н.І. Кулик – Рівне. НУВГП, 2017 - 33 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/6462>.
- методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Основи термодинаміки, теплотехніка та теплотехнічне

обладнання» для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» професійного спрямування «Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів» денної та заочної форми навчання / Бордюженко О.М. – Рівне: НУВГП, 2013 р. -16 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/250>.

- методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Новітні технології в енергетиці» для студентів напряму 6.050601 «Теплоенергетика» денної форми навчання. Денісов А.К. ст. викладач, Денісов С.А. інженер, Смально М.А. доцент – Рівне НУВГП, 2010. – 29 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/672>.

## **12. Рекомендована література**

### **12.1. Базова література**

1. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями / В.В. Прокопенко, О.М. Закладний, П.В. Кульбачний Навчальний посібник. – К.: Освіта України, 2009. – 437 с.
2. Маляренко В.А. Енергозбереження та енергетичний аудит : навчальний посіб. / В.А. Маляренко , І.А. Немировський. – 2-е вид., перероб. і доп. – Харків : НТУ «ХП», 2010. – 344 с.
3. Енергетичний аудит об'єктів житлово-комунального господарства. Монографія. — Під заг. ред. В.П. Розена, О.І. Солов'я. — К.: Дельта Фокс, 2007. — 224 с.

### **12.2. Допоміжна література**

4. Маляренко В.А. Енергетичні установки. Загальний курс: Навчальний посібник. – 2-е видання X: «Видавництво САГА», 2008. – 320 с з іл.
5. Энергетический менеджмент / А.В. Праховник, А.И.Соловей, В.В. Прокопенко и др. – Киев: ИЕЕ НТУУ «КПИ», 2001. – 472 с.
6. ДСТУ ISO 50001:2014 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання.
7. ДСТУ ISO 50002 2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення.
8. ДСТУ ISO 50003:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги до органів, які проводять аудит і сертифікацію систем енергетичного менеджменту.

9. ДСТУ ISO 50004:2016 Системи енергетичного менеджменту. Настанова щодо впровадження, супровід та поліпшення системи енергетичного менеджменту.
10. ДСТУ ISO 19011:2012 Настанова щодо здійснення аудитів систем управління.
11. ДСТУ 4713 2007 Енергозбереження Енергетичний аудит промислових підприємств (Порядок проведення та вимоги до організації робіт)
12. ДСТУ 2155-93. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню. Держстандарт України, 1994 р.
13. ДСТУ 23349-94. Енергозбереження. Основні положення. Держстандарт України, 1995р.
14. СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-54:2011 Методика визначення технологічних втрат електричної енергії в трансформаторах та лініях електропередавання

### 13. Інформаційні ресурси

1. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nuwm.edu.ua/naukova-biblioleka> (http://nuwm.edu.ua/MySQL/pageJib.php).