

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Кафедра теплотехніки та енергоефективних технологій  
( назва кафедри)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Голова Вченої ради ННІ  
Енергетики, електроніки  
та електромеханіки

«21 » вересня 2021 року



**Р. ТОМАШЕВСЬКИЙ**

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Надійність устаткування ТЕС

( назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти третій (доктор філософії)

галузь знань 14 Електрична інженерія

спеціальність 144 Теплоенергетика

освітньо-наукова програма Теплоенергетика

вид дисципліни професійна підготовка  
(загальна підготовка / професійна підготовка)

форма навчання денна / заочна  
(денна / заочна)

Харків – 2021 рік


## ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни

Надійність устаткування ТЕС

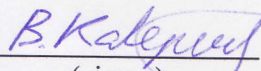
Розробники:

Завідувач кафедри  
парогенераторобудування

  
(підпис)

О.ЄФІМОВ

Доцент кафедри  
парогенераторобудування

  
(підпис)

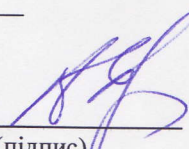
В.КАВЕРЦЕВ

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри

Парогенераторобудування


Протокол від «30» серпня 2021 року, № 1

Завідувач кафедри

  
(підпис)

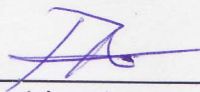
О. ЄФІМОВ

Завідувач аспірантури

  
(підпис)

В. ШТЕФАН

Гарант ОНП

  
(підпис)

А. ГАНЖА

## ЛИСТ ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕННЯ РОБОЧОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ

| Дата засідання кафедри – розробника РПНД | Номер протоколу | Підпис завідувача кафедри | Підпис голови Вченої ради інституту/факультету |
|------------------------------------------|-----------------|---------------------------|------------------------------------------------|
|                                          |                 |                           |                                                |
|                                          |                 |                           |                                                |
|                                          |                 |                           |                                                |
|                                          |                 |                           |                                                |
|                                          |                 |                           |                                                |

## **МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ, РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ТА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Мета дисципліни:

Сформувати у слухачів здатність використовувати загальні та спеціальні поняття, підходи та методи математичного моделювання в оцінці стану устаткування ТЕС та визначенні основних показників надійності з метою розробки оптимальних режимів технологічних процесів та оптимізації планів проведення різних видів ремонтів

Програмні компетентності:

К-02, К-05, К-07, К-08, К-09, К-10, К-11, СК-01, СК-04, СК-06

Програмні результати навчання:

ПР-07, ПР-08, ПР-10, ПР-12, ПР-14, ПР-15, ПР-16, ПР-17, ПР-18

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

| Попередні дисципліни: | Наступні дисципліни: |
|-----------------------|----------------------|
|                       |                      |
|                       |                      |
|                       |                      |
|                       |                      |
|                       |                      |
|                       |                      |
|                       |                      |

## ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

| Семестр  | Загальний обсяг<br>(годин) / кредитів ECTS | З них                        |                              | За видами аудиторних занять<br>(годин) |                     |                             | Індивідуальні завдання студентів<br>(КП, КР, РГ, Р, РЕ) | Поточний контроль | Семестровий контроль                   |          |
|----------|--------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------|----------|
|          |                                            | Аудиторні заняття<br>(годин) | Самостійна робота<br>(годин) | Лекції                                 | Лабораторні заняття | Практичні заняття, семінари |                                                         |                   | Контрольні роботи<br>(кількість робіт) | Залік    |
| 1        | 2                                          | 3                            | 4                            | 5                                      | 6                   | 7                           | 8                                                       | 9                 | 10                                     | 11       |
| <b>4</b> | <b>120/4</b>                               | <b>40</b>                    | <b>80</b>                    | <b>30</b>                              |                     | <b>10</b>                   |                                                         |                   |                                        | <b>+</b> |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає **33 %**:

## СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| № з/п. | Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР) | Кількість годин      | Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах).<br>Назви змістових модулів.<br>Найменування тем та питань кожного заняття.<br>Завдання на самостійну роботу.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Рекомендована література (базова, допоміжна) |
|--------|----------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1      | 2                                      | 3                    | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 6                                            |
| 1      | Л<br><br>СР                            | 4<br><br>20          | <p><u>Тема 1.</u> Методи, моделі та підходи до визначення оптимальних параметрів устаткування ТЕС</p> <p>Основні методичні підходи до розрахунків та оптимізації параметрів і характеристик основного та допоміжного устаткування ТЕС з використанням методів математичного моделювання</p> <p>Засоби визначення апроксимацій, що описують зміну функціонального стану і надійності основного та допоміжного устаткування ТЕС</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1-10                                         |
| 2      | Л<br><br>СР<br><br>ПЗ                  | 8<br><br>20<br><br>5 | <p><u>Тема 2.</u> Методи та моделі оцінки ефективності стану устаткування ТЕС</p> <p>Методи оцінки ефективності теплових схем устаткування ТЕС різного призначення за параметрами їх стану та надійності. Оцінка ефективності та ідентифікація математичних моделей устаткування ТЕС в процесі параметричної діагностики.</p> <p>Засоби застосування ітераційного процесу з метою підвищення адекватності моделей та вірогідності діагностичних висновків при вирішенні задач параметричної діагностики устаткування ТЕС. Проведення деталізації та адекватності математичних моделей з урахуванням особистостей функціонального призначення різних елементів устаткування ТЕС.</p> <p>Визначення параметрів енергоблоку ТЕС, зміна яких може впливати на показники його працездатності та надійності устаткування за допомогою імітаційної моделі.</p> | 1-10                                         |
| 3      | Л                                      | 10                   | <p><u>Тема 3.</u> Застосування експлуатаційних компонентів та показників якості ремонту для забезпечення надійності устаткування ТЕС</p> <p>Застосування методів інтервальної статистики для діагностики параметрів стану устаткування ТЕС. Методи і підходи до моделювання, діагностики, прогнозування стану устаткування та оптимізації ремонтних циклів та режимів роботи енергоблоків ТЕС. Формування ремонтного резерву потужності з енергоблоків</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1-10                                         |

|              |    |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |
|--------------|----|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|              | СР | 20         | ТЕС з урахуванням результатів діагностики, основних показників надійності їх роботи і в залежності від тривалості ремонтів і провалів річних графіків електричних навантажень енергоблоків ТЕС.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |
|              | ПЗ | 2          | Взаємозв'язок сумарного навантаження енергосистеми за базовою та змінною складовими з величинами планового і аварійного резервів потужності енергоблоків ТЕС. Ремонтний резерв потужності, як показник зменшення вироблення електроенергії системою. Використання коефіцієнтів готовності та ремонтного резерву потужності для уточнення оптимального графіку навантаження енергетичної системи                                                                                                                                                                                                   |      |
|              | ПЗ | 2          | Засоби визначення коефіцієнту готовності енергоблока ТЕС з урахуванням часу що залишився до відмови устаткування енергоблоку від моменту діагностики його технічного стану.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |      |
| 4            |    |            | <u>Тема 4.</u> Структуризований підхід щодо створення математичних моделей ремонтів для забезпечення надійності роботи устаткування ТЕС                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1-10 |
|              | Л  | 8          | Опис структури моделі ремонтів устаткування енергоблоків ТЕС. Створення багаторівневої структурно-математичної моделі енергоблока ТЕС для її використання в організації системного підходу у плануванні та проведенні ремонту в оптимальні терміни. Система математичних моделей та існуючий обмін інформації для оцінювання рівня надійності енергоблоків ТЕС та його обладнання з використанням структурно-математичної моделі. Досвід організації ремонтних робіт різних типів з використанням показників надійності за категоріями згідності до ремонту устаткування енергоблоків ТЕС України |      |
|              | СР | 20         | Методика складання алгоритму щодо визначення оптимального графіка проведення ремонтних робіт устаткування ТЕС з урахуванням основних показників надійності та результатів діагностики, з використанням відповідних математичних моделей та структурно-математичної моделі енергоблока в цілому.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |
|              | ПЗ | 3          | Визначення імовірності безвідмовної роботи теплових схем енергоблоків ТЕС, як показник структурної надійності теплових що складається з безлічі послідовних і паралельних з'єднань нерезервованих та резервованих елементів (устаткування)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |      |
| <b>Разом</b> |    | <b>120</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |

#### Примітки

1. Номер семестру вказують, якщо дисципліна викладається у декількох семестрах.
2. У показнику «Разом (годин)» кількість годин буде відрізнятися від загальної кількості аудиторних годин на кількість годин, що відведена на вивчення тем та питань, які вивчаються студентом самостійно (п. 3 додатку 8).
3. У графі 5 вказується номер відповідно до Додатку 14.

## САМОСТІЙНА РОБОТА

| № з/п | Назва видів самостійної роботи                                               | Кількість годин |
|-------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1     | Опрацювання лекційного матеріалу                                             | 8               |
| 2     | Підготовка до практичних(лабораторних, семінарських) занять                  | 10              |
| 3     | Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях | 30              |
| 4     | Виконання індивідуального завдання:                                          | 32              |
| 5     | Інші види самостійної роботи                                                 | -               |
|       | Разом                                                                        | 80              |



## ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

### Реферат

(вид індивідуального завдання)

| № з/п | Назва індивідуального завдання та (або) його розділів                                                                                                                                                                                                           | Терміни виконання (на якому тижні) |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1     | Основні етапи розробки оптимального плану проведення ремонтів устаткування ТЕС за допомогою структурно-математичної моделі, з урахуванням основних показників надійності та даних з досвіду проведення ремонтних робіт різних типів на енергоблоках ТЕС України | 28                                 |

## МЕТОДИ НАВЧАННЯ

*Лекція* – інформативно-доказовий виклад великого за обсягом, складного за логічною побудовою навчального матеріалу.

Метод лекції передбачає ознайомлення аспірантів з її планом, що допомагає стежити за послідовністю викладу матеріалу. Важливо навчити аспірантів конспектувати зміст лекції, виділяючи в ній головне. Це розвиває пам'ять, сприйняття, волю, вміння слухати, увагу, культуру мови.

При проведенні лекційних занять *методи готових знань* (коли аспіранти пасивно сприймають подану викладачем інформацію, запам'ятовують, а в разі необхідності відтворюють її) поєднуються з *дослідницьким методом* (який передбачає активну самостійну роботу аспірантів при засвоєнні знань: аналіз явищ, формулювання проблеми, висунення і перевірка гіпотез, самостійне формулювання висновків).

На початковому етапі вивчення нової інформації на лекціях переважає *пояснювально-ілюстративний* (інформаційно-рецептивний) метод, при якому викладач організує сприймання та усвідомлення аспірантами інформації, а учні здійснюють сприймання, осмислення і запам'ятовування її.

На певному етапі, коли викладач відчуває готовність аспірантів до інших методів навчально-пізнавальної діяльності, використовуються більш прогресивні методи:

- *репродуктивний*: викладач дає завдання, у процесі виконання якого аспіранти здобувають уміння застосовувати знання за зразком;
- *проблемного виконання*: викладач формулює проблему і вирішує її, аспіранти стежать за ходом творчого пошуку (аспірантам подається своєрідний еталон творчого мислення);
- *частково-пошуковий* (евристичний): викладач формулює проблему, поетапне вирішення якої здійснюють аспіранти під його керівництвом (при цьому відбувається поєднання репродуктивної та творчої діяльності аспірантів);
- *дослідницький*: викладач ставить перед аспірантами проблему, і аспіранти вирішують її самостійно, висувачи ідеї, перевіряючи їх, підбираючи для цього необхідні джерела інформації.

У викладанні лекційного матеріалу переважає *пояснювальний метод*, при якому викладач не тільки повідомляє певні факти, але й пояснює їх, домагаючись осмислення, засвоєння аспірантами.

При наявності наочного матеріалу за темою лекції (відеофільми, презентації, зразки виробів, лабораторні дослідницькі установки) використовується *інструктивно-практичний метод* викладання, при якому викладач інструктує учнів не тільки словесними, але й наочними або практичними способами, як виконувати певні практичні дії.

На відміну від лекційних занять, виконання індивідуального завдання потребує від аспіранта дещо інших навичок, тому для нього використовується *спонукальний метод навчання*, коли викладач ставить перед аспірантами проблемні питання і завдання, організовуючи їх самостійну діяльність. Студенти при цьому, у свою чергу, самостійно здобувають і засвоюють нові знання в основному без допомоги викладача.

## МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль реалізується у формі опитування, проведення контрольної роботи, виконання індивідуального завдання.

Контроль складової робочої програми, яка освоюється під час самостійної роботи аспіранта, проводиться:

- з лекційного матеріалу – шляхом перевірки конспектів, виступу на заняттях;

- з індивідуальних завдань – шляхом оцінювання реферату та виступу на конференції за обраною темою.

Семестровий контроль проводиться у формі диференційованого заліку (з оцінкою за 100-бальною шкалою) в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою та у терміни, встановлені навчальним планом та графіком навчального процесу.

Семестровий контроль проводиться в усній формі за контрольними завданнями або шляхом тестування з використанням технічних засобів.

Результати поточного контролю (поточна успішність) можуть враховуватись як допоміжна інформація для виставлення підсумкової оцінки.

### РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ АСПІРАНТА, ТА ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ТА УМІНЬ (НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS)

Таблиця 1. Розподіл балів для оцінювання поточної успішності аспіранта

| Поточне тестування та самостійна робота |        |        |        |                        | Сума |
|-----------------------------------------|--------|--------|--------|------------------------|------|
| Тема 1                                  | Тема 2 | Тема 3 | Тема 4 | Індивідуальне завдання |      |
| 10                                      | 20     | 30     | 20     | 20                     | 100  |

Таблиця 2. Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ECTS

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ECTS | Оцінка за національною шкалою                              |
|----------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------|
| 90 ... 100                                   | A           | відмінно                                                   |
| 82 ... 89                                    | B           | добре                                                      |
| 74 ... 81                                    | C           |                                                            |
| 64 ... 73                                    | D           |                                                            |
| 60 ... 63                                    | E           | задовільно                                                 |
| 35 ... 59                                    | FX          | незадовільно з можливістю повторного складання             |
| 0 ... 34                                     | F           | незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |

## **НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

(надається перелік складових навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни та посилання на сайт, де вони розташовані)

Складові навчально-методичного забезпечення  
навчальної дисципліни розташовані на сайті:

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Базова література

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Аналіз сучасних методів і підходів до математичного моделювання та оптимізації параметрів технологічних процесів в енергетичному устаткуванні енергоблоків ТЕС і АЕС / О.В. Єфімов, Л.І. Тютюнник, В.Л. Каверцев, Т.А. Гаркуша, А.В. Мотовільник, П.В. Ліфшиць / Вістник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових дослідженнях студентів. №6 стр. 49-53 2020р. |
| 2  | Аналіз двохступеневого спалювання палива в мультипаливних котлах / О.В. Єфімов, В.Л. Каверцев, В.О. Дягілев, Т.А.Гаркуша, Б.Б. Черниш // Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – 2021 р. – № 1(5). – С. 28-32.                                                                                                                     |
| 3  | Сучасні рішення по реконструкції газовідвідних трактів конвертерів, що працюють на металургійних підприємствах в Україні /О.І. Жидецький, О.В. Єфімов, В.Л. Каверцев Вісник НТУ «ХП». Серія:Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – 2021 р. – № 1(5). –С. 20-23.                                                                                           |
| 4  | . Zeigler V.B. Theory of Modeling and Simulation / V.B. Zeigler, H. Praehofer, T. G. Kim. – Academic Press, 2000. – 510 p.                                                                                                                                                                                                                                                |
| 5  | Побудування моделі для розрахунку водо-водяного теплообмінника у складі мультіпаливного котельного агрегату/ В.Л. Каверцев, В.О.Дягілев/ Вістник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, № 2стр. 33-37 2019р.                                                                                                                               |
| 6  | Удосконалення моделі теплогідролічного розрахунку мультипаливного котельного агрегату/ Каверцев В.Л., Дягілев В.О./ ВісникНТУ «ХП», Серія:Енергетичніта теплотехнічні процеси й устаткування, No 13(1289), Харків 2018р.С. 50-56.                                                                                                                                         |
| 7  | Gardzilewicz A. The heat and flow diagnostic procedure leading to a steam turbine repair Plan / A. Gardzilewicz, A. Jefimow // Proc. 10 <sup>th</sup> Conf. on Steam and Gas Turbines for Power and Cogeneration Plants. – Karlovy Vary (Czech. Rep.). – 1994. – P. 87–93.                                                                                                |
| 8  | Gardzilewicz A. Thermal Diagnostics of Thermal Cycle Components on an Example of a Regenerative Heat Exchanger Rep. / A. Gardzilewicz, A. Jefimow // IFFM-PAS 256/94 – Gdansk (in Polish). – 1994. – P. 34–40.                                                                                                                                                            |
| 9  | Gluch J. The analysis of performance of the turbine condenser with the prognosis of repair / J. Gluch, A. Gardzilewicz // Proc. of the International Joint Power Generation Conf. – Baltimore, Maryland (USA). – August 23-26, 1998. – V. 2. – P. 179–190.                                                                                                                |
| 10 | Potanina T. Problem of optimal load distribution between power units on the power stations / T. Potanina, A. Efimov // MOTROL – Lublin. – 2009. – Vol. 11A. – С. 25–30.                                                                                                                                                                                                   |

## Допоміжна література

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | Єфімов О.В. Вплив температурних залежностей теплофізичних характеристик матеріалу на нестационарну теплопровідність в стінці барабану парового котла / О.В. Єфімов, Ю.В. Ромашов, В.Л. Каверцев // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування». – Харків: НТУ «ХПІ». 2018. – № 12. – С.28-31. <a href="http://vestnik.kpi.kharkov.ua">http://vestnik.kpi.kharkov.ua</a> |
| 12 | Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных производственных систем / Г.В. Дружинин. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 480 с.                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 13 | Ефимов А.В. Метод построения диагностических моделей оборудования энергоустановок / А.В. Ефимов, С.Л. Зевин, Адель Аль-Тувайни// Вестник НТУ “ХПИ”. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2002. – Вып. 13. – С. 153–157.                                                                                                                                                                                                 |
| 14 | Thermal design technique for surface-type heat recovery condenser/ Yefimov A. , Goncharenko A. // Motrol. Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa.– Rocznik 2010 .– т.12. –р.274-286                                                                                                                                                                                                                            |
| 15 | Common Aging Terminology // Electric Power Research Institute (EPRI). – 1993. – 18 p.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 16 | Gamble, S.W. Tagart. A Method to Assign Failure Rates for Piping Reliability Assessments // PVP – V. 215, Fatigue, Fracture, and Risk. ASME 1991.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 17 | Воїнов О.П., Воїнова С.О. Про систему забезпечення паливом енергетичних парогазових установок // Енергетика та електрифікація. – 2011. –№ 5. – С. 33–37.                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 18 | Воїнова С.О. Процес управління технологічною ефективністю технічних об’єктів. Резерв підвищення якості: Матер. научно-технич. конф. «Новые и нетрадиционные технологии в ресурсии энергосбережении», 19–22 сент. 2011 г. – Одесса – Киев: АТМ України, 2011. – С. 26–29.                                                                                                                                   |

## ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

1. Бібліотека НТУ «ХПІ» [library.kpi.kharkov.ua](http://library.kpi.kharkov.ua)
2. Національний портал з енергозбереження [patriot-nrg.ua](http://patriot-nrg.ua)
3. Сайт Держенергоефективності [sae.gov.ua](http://sae.gov.ua)
4. Сайт Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» [iee.kpi.ua](http://iee.kpi.ua)