



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



# Автоматизація та керування холодильними та кліматичними системами

**Шифр та назва спеціальності**

G4 Енерговиробництво (за спеціалізацією)

**Інститут**

ННІ Енергетики, електроніки та електромеханіки

**Спеціалізація**

G4.04 Холодильні та кліматичні технології

**Кафедра**

Теплотехніки та енергоефективних технологій (123)

**Освітня програма**

Холодильні та кліматичні технології

**Тип дисципліни**

Обов'язкова

**Рівень освіти**

Другий (магістерський)

**Форма навчання**

Денна

**Семестр**

2

**Мова викладання**

Українська

## Викладачі, розробники

**Кунденко Микола Петрович**

[mykola.kundenko@khpі.edu.ua](mailto:mykola.kundenko@khpі.edu.ua)

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій НТУ «ХПІ».

Автор понад 200 наукових і навчально-методичних праць.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

**Анотація**

Курс передбачає вивчення ролі та значення автоматизації в холодильній і кліматичній техніці; основ теорії автоматичного регулювання та принципів функціонування лінійних систем керування; статичних і динамічних характеристик холодильних машин, систем кондиціонування, вентиляції та теплових насосів. Розглядаються сучасні засоби вимірювання, контролю та автоматичного регулювання температури, тиску, вологості, витрати повітря і теплоносія, рівня та інших технологічних параметрів, їх класифікація, принципи дії, особливості вибору та експлуатації. Особлива увага приділяється задачам і методам автоматичного регулювання холодильних та кліматичних установок, керуванню роботою компресорів, вентиляторів, насосів, теплообмінних апаратів, регулювальних клапанів і повітряних заслінок, а також забезпеченню захисту обладнання в нормальних та аварійних режимах. Вивчаються принципи побудови функціональних схем контрольно-вимірювальних приладів і автоматики (КВПіА), локальних систем автоматичного регулювання, систем диспетчеризації та моніторингу холодильних і кліматичних комплексів.

## Мета та цілі дисципліни

Метою дисципліни є формування у здобувачів вищої освіти системних знань з основ теорії автоматичного керування та регулювання, принципів побудови, функціонування і налаштування систем автоматизації холодильних та кліматичних установок. Цілями дисципліни є набуття знань щодо методів автоматичного контролю і регулювання основних параметрів холодильних і кліматичних систем; формування практичних навичок вибору засобів вимірювання, регулювання та виконавчих пристроїв; розроблення структурних, функціональних і принципових схем автоматизації холодильних машин, систем кондиціонування повітря, вентиляції та теплових насосів відповідно до вимог чинних нормативних документів і стандартів.

Особлива увага приділяється формуванню здатності аналізувати режими роботи автоматизованих систем, оцінювати якість регулювання, забезпечувати енергоефективну, надійну та безпечну експлуатацію кліматичного і холодильного обладнання.

## Формат занять

Лекції, практичні заняття, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – екзамен.

## Компетентності

ЗК-1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК-3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ФК-1. Здатність застосовувати та удосконалювати математичні та комп'ютерні моделі, наукові і технічні методи та сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання складних інженерних задач в теплоенергетиці.

ФК-2. Здатність аналізувати та комплексно інтегрувати сучасні знання з природничих, інженерних, суспільно-економічних та інших наук для розв'язання складних задач і проблем теплоенергетики.

ФК-4. Здатність управляти робочими процесами та приймати ефективні рішення у сфері теплоенергетики, беручи до уваги соціальні, економічні, комерційні, правові та екологічні аспекти.

ФК-5. Здатність розробляти, реалізовувати, впроваджувати і супроводжувати проекти з урахуванням всіх аспектів проблеми, яка вирішується, включаючи етапи проектування, виробництва, експлуатації, технічного обслуговування та утилізації теплоенергетичного обладнання.

ФК-7. Здатність здійснювати інноваційну діяльність в теплоенергетиці.

ФКС-1. Здатність формулювати завдання на розробку проектних рішень, пов'язаних з модернізацією технологічного обладнання, заходами щодо поліпшення експлуатаційних характеристик, підвищення екологічної безпеки, поліпшення умов праці, економії ресурсів.

ФКС-2. Здатність до визначення показників технічного рівня проєктованих об'єктів або технологічних схем.

## Результати навчання

ПРН-1. Аналізувати, застосовувати та створювати складні інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до обраного напрямку теплоенергетики.

ПРН-4. Відшуковувати необхідну інформацію з різних джерел, оцінювати, обробляти та аналізувати цю інформацію.

ПРН-7. Знати, розуміти і застосовувати у практичній діяльності ключові концепції, сучасні знання та кращі практики в теплоенергетичній галузі, технології виробництва, передачі, розподілу і використання енергії.

ПРН-8. Обґрунтовувати вибір та застосовування матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів з урахуванням їх характеристик і властивостей, вимог до кінцевого продукту, а також нетехнічних аспектів.

ПРН-11. Оцінювати і забезпечувати якість об'єктів і процесів теплоенергетики.

ПРН-13. Знати основні положення вітчизняного і міжнародного законодавства і практик міжнародної діяльності у сфері теплоенергетики.

ПРН-14. Планувати і реалізовувати заходи з підвищення енергоефективності теплоенергетичних об'єктів і систем з урахуванням наявних обмежень, включаючи ті, що пов'язані з проблемами

охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетиці, оцінювати ефективність таких заходів.

ПРН-16. Аналізувати і оцінювати проблеми теплоенергетики, пов'язані із розвитком нових технологій, науки, суспільства та економіки.

ПРНС-1. Знання і розуміння інженерних аспектів на рівні, що забезпечує досягнення інших результатів освітньої програми, включаючи певну обізнаність про останні досягнення науки і техніки.

ПРНС-2. Практичні навички вирішення завдань, необхідні для успішної реалізації інженерних проєктів і проведення наукових досліджень.

## Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття -16 год., лабораторні роботи – 16 год., самостійна робота – 86 год.

## Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички галузі фізики та математики.

## Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Переважають застосовуються структурно-логічні технології: поетапна організація навчання, що забезпечує логічну послідовність постановки і вирішення дидактичних завдань на основі поетапного відбору їх змісту, форм, методів і засобів із урахуванням діагностування результатів навчання. Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. Під час освітнього процесу студент може комунікувати з викладачем онлайн, вирішувати проблемні завдання, моделювати ситуації, включаючи аналітичне і критичне мислення, знання, пошукові здібності.

## Програма навчальної дисципліни

### Навчальні заняття

#### Лекції

| Теми лекцій                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Кількість годин |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Тема 1. Вступ.</b><br>Роль автоматизації технологічних процесів виробництва в науково-технічному прогресі щодо вдосконалювання й подальшого розвитку матеріально-технічної бази. Роль і місце дисципліни в підготовці спеціалістів різних науково професійних рівнів для промисловості України.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2               |
| <b>Тема 2. Теплові об'єкти автоматичного регулювання та їх основні властивості</b><br>Об'єкти з розподіленими параметрами. Складання математичних моделей теплоенергетичних об'єктів. Їмність об'єктів. Самовирівнювання. Запізнювання.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2               |
| <b>Тема 3. Загальні властивості систем автоматичного керування.</b><br>Основні поняття й визначення. Завдання автоматичного керування. Принципи дії автоматичних систем керування (АСК). Принципи розімкнутого й замкнутого керування по збурюванню, керування по відхиленню, комбіноване керування. Зворотні зв'язки в АСК. Функціональні елементи АСК. Функціональні, структурні й електричні схеми АСК. Математичний опис елементів і систем. Поняття про статичні й динамічні характеристики елементів АСК. Передатна функція, диференціальні й характеристичні рівняння АСК. Типові динамічні ланки АСК. Прості ланки першого й другого порядків, ланки чистого запізнювання. Часові характеристики ланок. Послідовне, | 6               |

паралельне й зустрічно паралельне з'єднання ланок АСК. Передатні функції розімкнутої й замкнутої АСК. Властивості керованих об'єктів. Властивість самовирівнювання, властивість запізнювання, акумулююча властивість об'єкта. Час розгону об'єкта, час транспортного запізнювання.

---

#### **Тема 4. Технічні засоби автоматики. Автоматичні регулятори та їх характеристики**

4

Інтегральні регулятори. Пропорційні регулятори. Пропорційно-інтегральні регулятори. Пропорційно-диференціальні регулятори. Пропорційно-інтегро-диференціальні регулятори. Позиційні регулятори. Імпульсні регулятори. Якість процесів регулювання. Вибір автоматичного регулятора та визначення параметрів його настроювання. Виконавчі механізми промислових регуляторів. Регулюючі органи автоматичної системи регулювання.

---

#### **Тема 5. Автоматичні системи керування холодильними та кліматичними установками**

6

Автоматичне регулювання холодильних машин і систем кондиціонування повітря. Основні ділянки регулювання холодильних і кліматичних установок. Збурюючі дії, регульовані параметри та їх взаємозв'язок. Регулювання температурного режиму охолоджуваного об'єкта. Холодильна машина як об'єкт автоматичного регулювання. Схеми автоматичного регулювання температури кипіння та конденсації холодоагенту. Автоматичне регулювання холодопродуктивності компресорів. Регулювання тиску всмоктування та нагнітання. Автоматичне керування роботою компресорів, вентиляторів і насосів. Регулювання подачі холодоагенту у випарник. Автоматизація роботи терморегулювальних та електронних розширювальних вентилів. Регулювання ступеня перегріву пари холодоагенту на виході з випарника. Автоматичне регулювання параметрів повітря у системах кондиціонування: температури, відносної вологості, витрати та тиску повітря. Схеми автоматизації припливно-витяжних вентиляційних установок. Регулювання продуктивності вентиляторів та насосів за допомогою частотно-регульованого електропривода. Автоматичне керування роботою теплообмінних апаратів, чилерів, фанкойлів і теплових насосів. Алгоритми захисту обладнання від аварійних режимів. Системи сигналізації, блокування та дистанційного контролю параметрів холодильних і кліматичних установок.

---

#### **Тема 6. Автоматичне керування комплексними холодильними та кліматичними системами**

4

Холодильна або кліматична установка як комплексний об'єкт автоматичного керування. Координація роботи основного та допоміжного обладнання залежно від змінного теплового навантаження. Каскадне та групове керування компресорами, чилерами, насосними групами та вентиляційними агрегатами. Алгоритми ступінчастого підключення і відключення обладнання. Автоматизація багатозональних систем кондиціонування повітря та централізованих систем холодопостачання. Принципи пріоритетного керування, резервування та ротації обладнання. Оптимізація режимів роботи за критеріями енергоефективності, надійності та підтримання заданих параметрів мікроклімату.

---

#### **Тема 7. Технологічний захист, блокування та сигналізація холодильних і кліматичних установок**

6

Призначення та основні принципи побудови систем технологічного захисту холодильного і кліматичного обладнання. Захист компресорів від аварійного підвищення тиску нагнітання, зниження тиску всмоктування, перегріву, перевантаження електродвигуна та порушення умов змащування. Захист випарників і конденсаторів при порушенні теплообміну, недостатній витраті повітря або теплоносія, небезпеці замерзання та аварійній зміні температурних режимів. Технологічні блокування компресорів, вентиляторів, насосів, клапанів

і повітряних заслінок. Міжагрегатні блокування та забезпечення заданої послідовності пуску і зупинки обладнання. Захист від неправильного чергування фаз, зникнення напруги, обриву фази, перевищення струму та аварійних режимів частотно-регульованого електропривода. Системи контролю витoku холодоагенту та аварійної вентиляції машинних приміщень. Особливості захисту установок, що працюють на CO<sub>2</sub>, аміаку та інших холодоагентах підвищеної небезпеки. Технологічна сигналізація холодильних і кліматичних систем.

## Тема 8. Виконання схем автоматизації холодильних і кліматичних установок 2

Умовні графічні зображення технологічного обладнання, трубопроводів і комунікацій на схемах автоматизації. Позначення контрольно-вимірювальних приладів, датчиків, регуляторів та виконавчих механізмів. Основні правила і методика побудови та розміщення умовних позначень на функціональних схемах автоматизації холодильних і кліматичних систем.

**Загальна кількість годин 32**

### Практичні заняття

| Теми практичних занять                                                                                                                                        | Кількість годин | Вагові коефіцієнти a |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------|
| ПЗ 1. Аналіз об'єкта автоматичного регулювання у холодильній установці. Визначення регульованих параметрів, збурень і керуючих впливів.                       | 2               | 0,5                  |
| ПЗ 2. Розроблення схеми автоматичного регулювання температури холодильної камери.                                                                             | 2               | 0,5                  |
| ПЗ 3. Розроблення схеми автоматичного регулювання роботи компресорної установки. Вибір датчиків тиску, температури та засобів керування.                      | 2               | 1                    |
| ПЗ 4. Автоматизація роботи випарника та конденсатора холодильної установки. Регулювання перегріву, температури й тиску конденсації.                           | 2               | 2                    |
| ПЗ 5. Розроблення системи автоматичного керування вентиляційною установкою. Керування вентиляторами, клапанами, заслінками та підтримання параметрів повітря. | 2               | 1                    |
| ПЗ 6. Розроблення алгоритму керування кліматичною установкою. Регулювання температури, вологості та витрати повітря.                                          | 2               | 1                    |
| ПЗ 7. Розроблення схем технологічного захисту, блокування та сигналізації холодильного і кліматичного обладнання.                                             | 2               | 1                    |
| ПЗ 8. Розроблення функціональної схеми автоматизації холодильної або кліматичної установки відповідно до нормативних вимог.                                   | 2               | 1                    |
| Загальна кількість годин                                                                                                                                      | 16              | $\sum_{i=1}^n 8$     |

### Лабораторні заняття

| Теми лабораторних занять                                                                                       | Кількість годин | Вагові коефіцієнти a |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------|
| ЛБ 1. Дослідження принципів побудови систем керування технологічними процесами на основі використання цифрових | 2               | 1                    |

логічних елементів.

|                                                                                                                              |    |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------|
| ЛБ 2. Дослідження типових ланцюгів систем авторегулювання теплообмінних апаратів.                                            | 4  | 1                |
| ЛБ 3. Дослідження автоматичного регулювання температури холодильної і кліматичної установки та вимірювальних перетворювачів. | 4  | 1                |
| ЛБ 4. Регулювання температури теплоносія за допомогою механічного регулятора РТ25.                                           | 2  | 1                |
| ЛБ 5. Дослідження електромагнітних реле, контактних та безконтактних пускачів.                                               | 2  | 1                |
| ЛБ 6. Дослідження системи автоматизації підтримання мікроклімату в кліматичній камері.                                       | 2  | 1                |
| Загальна кількість годин                                                                                                     | 16 | $\sum_{i=1}^n 6$ |

## Контрольні роботи

Теми контрольних робіт

Вагові  
коефіцієнти  $b$

|                                                                                                                  |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Контрольний тест 1 "Загальні властивості систем автоматичного керування холодильного та кліматичного обладнання" | 1                |
| Контрольний тест 2 "Технічні засоби автоматики в холодильній техніці та кліматичних системах"                    | 1                |
| Загалом                                                                                                          | $\sum_{i=1}^m 2$ |

## Самостійна робота

Курс передбачає виконання індивідуального розрахункового завдання, присвяченого методам перетворення структурних схем АСК, визначенню їх передатних функцій, диференціальних і характеристичних рівнянь, стійкості роботи системи. Результат розрахунків оформлюється у письмовий звіт. Студентам також рекомендуються додаткові матеріали (відео, статті) для самостійного вивчення та аналізу. До самостійної роботи відноситься самостійне опрацювання теоретичного матеріалу та виконання індивідуального завдання.

## Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення

Кількість годин

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Тема 1. Значення автоматизації холодильних і кліматичних систем</b><br>Вплив автоматизації на енергоефективність, надійність і якість функціонування холодильних та кліматичних установок. Цифровізація та інтелектуальне керування обладнанням, інтеграція з системами енергоменеджменту. Особливості експлуатації засобів автоматики в умовах низьких температур, підвищеної вологості та вібрацій. Вимоги до надійності, електромагнітної сумісності, захисту та сервісного обслуговування систем автоматизації. | 12 |
| <b>Тема 2. Аналіз систем автоматичного керування.</b><br>Предмет аналізу автоматичних систем. Стійкість лінійних АСК. Поняття стійкості, необхідна умова стійкості. Критерії стійкості. Кореневий критерій                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 12 |

стійкості, критерій Гурвіца. Вплив чистого запізнювання на стійкість АСК. Показники якості роботи АСК. Реакція системи на одиничний стрибок. Точність роботи АСК в перехідному (динамічному) і сталому (статичному) режимах. Швидкодія системи. Методи розрахунків динамічних показників якості регулювання АСК.

---

### Тема 3. Елементи систем автоматики

12

Первинні перетворювачі для вимірювання температури, тиску, витрати, рівня, вологості; критерії вибору та типові похибки. Стандарти сигналів і канали передавання (аналогові/дискретні), завадостійкість та вимоги до промислових ліній. Підсилювачі та перетворювачі сигналів: призначення, типові структури, джерела похибок і дрейфу. Релейні елементи (включно з поляризованими реле): принципи роботи, області доцільного застосування, ресурс і надійність. Логічні елементи та реалізація алгоритмів блокувань і міжзамикань у системах безпеки. Виконавчі механізми: електроприводні та пневмоприводні регулюючі органи; динаміка, статичні характеристики, нелінійності. Регулятори (релейні, П, ПІ, ПІД): загальні властивості, типові налаштування та експлуатаційні обмеження. Релейні регулятори та гістерезис; вплив частоти перемикачів на знос обладнання. Особливості монтажу та експлуатації: ступені захисту, герметизація, корозійна стійкість, кабельні траси.

---

### Тема 4. Одержання частотних характеристик .

12

Частотні характеристики . Приклади побудови амплітудно-частотної характеристики. Побудова логарифмічних частотних характеристик розімкненої системи.

---

### Тема 5. Інтелектуальне керування холодопродуктивністю та енергоспоживанням холодильних систем

12

Холодильна установка як об'єкт адаптивного керування. Регулювання холодопродуктивності відповідно до змінного теплового навантаження. Координація роботи компресорів, електронних розширювальних клапанів, вентиляторів конденсатора та насосів. Оптимізація температур кипіння і конденсації за критерієм мінімального енергоспоживання. Застосування частотно-регульованого привода, цифрових контролерів та алгоритмів енергоефективного керування.

---

### Загальна кількість годин

60

### Тематика індивідуальних завдань

Курс передбачає виконання розрахункового завдання. Результати виконання завдання оформлюється у вигляді письмового звіту. Тип завдання (1-А або 1-Б) обирається здобувачем, варіант визначає викладач при видачі завдання. Завдання виконується протягом навчальних тижнів і подається на перевірку до заліку

### Теми індивідуального завдання

---

Тема: Перетворення структурних схем АСК, визначення їх передатних функцій, диференціальних і характеристичних рівнянь, стійкості роботи системи

---

### Загальна кількість годин

26

## Неформальна освіта

### Рекомендовані курси, тренінги, стажування

Можливість для даного освітнього компонента не передбачена.

## Література, навчальні матеріали та інформаційні ресурси

### Основна література

1. Основи автоматики: навч. посіб. для студентів закл. вищої освіти/ Кунденко М. П., Заблудський М. М., Федюшко Ю. М., Клендій П. Б., Потапенко М. В., Клендій Г. Я., Шинкаренко І. М. - Харків. : ТОВ «Планета-Прінт», 2020. - 380 с.
2. Автоматизація виробничих процесів: навч. посіб. для студентів закл. вищої освіти/ Кунденко М.П., Єгорова О.Ю., Романченко М.А., Бородай І.І., Шинкаренко І.М. - Харків. : ТОВ «Планета-Прінт», 2020. - 86 с.
3. Промислові засоби автоматизації: Ч.2. – Регульовальні і виконавчі пристрої / За заг. ред. А.К. Бабіченко : навч. посібник. – Харків.: НТУ «ХПІ», 2003. – 658 с.

### Додаткова література

1. Проектування систем автоматизації технологічних процесів: навч. посібник / В.І. Тошинський, М.О. Подустов. – Харків. : НТУ «ХПІ», 2006. – 412 с.
2. Семенцов Г.Н., Когутяк М.І., Дранчук М.М., Когуч Я.Р., Шавранський М.В., Борин В.С., Чигур І.М., Горбійчук М.І. Автоматизоване управління: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Факел, 2003. – 394 с.

### Інформаційні ресурси

1. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування» [Електр. ресурс]. – Режим доступу: <https://etpo.khpi.edu.ua/>.
2. Енергетика і автоматика [Електр. ресурс]. – Режим доступу: <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/uk>.
3. Технічна електродинаміка [Електр. ресурс]. – Режим доступу: <https://techne.org.ua/index.php/techne>.
4. Системні дослідження в енергетиці [Електр. ресурс]. – Режим доступу: <https://srenergy.org.ua/>.
5. Відновлювана енергетика [Електр. ресурс]. – Режим доступу: <https://ve.org.ua/>.
6. Автоматизація технологічних і бізнес-процесів [Електр. ресурс]. – Режим доступу: <https://atbp.ontu.edu.ua/>.
7. Автоматика, вимірювання та керування (Automation, Measuring and Management) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/uk/amm>.
8. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах [Електр. ресурс]. – Режим доступу: <https://vottp.khmnpu.edu.ua/>.
9. Вісник НТУ «ХПІ». Серія «Автоматика та приладобудування» [Електр. ресурс]. – Режим доступу: [https://library.kpi.kharkov.ua/uk/avtomat\\_pulrado](https://library.kpi.kharkov.ua/uk/avtomat_pulrado).

### Система оцінювання

Підсумкова оцінка з освітнього компонента визначається відповідальним лектором за темами, видами занять, тощо у відповідності до силабусу і є інтегральною оцінкою результатів усіх видів навчальної діяльності здобувача вищої освіти. Підсумкова оцінка повинна відображати всі оцінки за складовими навчального процесу з урахуванням їх вагових показників  $k$ :

| Поточний контроль<br>(практичні заняття), $k_1$ | Контрольні роботи, $k_2$ | Індивідуальне<br>завдання, $k_3$ | Підсумковий<br>контроль, $k_4$ |
|-------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
|-------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|

0,2

0,2

0,2

0,4

Сума коефіцієнтів повинна складати одиницю:  $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$ . Підбір вагових коефіцієнтів підсумкової оцінки здійснює розробник курсу.

Розрахунок підсумкової оцінки проводиться за формулою:

$$O = П \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3 + Пк \cdot k_4$$

де:  $П$  – середньозважена середня оцінка за поточний контроль

$I$  – оцінка за виконання індивідуального завдання  
 $K$  – середньозважена оцінка за контрольні роботи  
 $\Pi_k$  – оцінка за підсумковий контроль

$$\Pi = \frac{\Pi_1 \cdot a_1 + \Pi_2 \cdot a_2 + \dots + \Pi_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

де:  $a_i$  - ваговий коефіцієнт за кожне практичне (семінарське) або лабораторне заняття.

$$K = \frac{K_1 \cdot b_1 + K_2 \cdot b_2 + \dots + K_m \cdot b_m}{\sum_{i=1}^m b_i}$$

де:  $b_i$  - ваговий коефіцієнт за кожну контрольну роботу.

Поточні оцінки за кожну складову ( $\Pi$ ,  $K$ ,  $I$ ,...) виставляються за 100-бальною шкалою згідно з положенням «Про критерії та систему оцінювання знань та вмінь і про рейтинг здобувачів вищої освіти» НТУ «ХПІ».

Підсумкова оцінка виставляється відповідно до розрахованої з округленням до найближчого цілого числа в більшу сторону.

#### Шкала оцінювання

| Сума балів | Національна оцінка                            | ECTS |
|------------|-----------------------------------------------|------|
| 90–100     | Відмінно                                      | A    |
| 82–89      | Добре                                         | B    |
| 75–81      | Добре                                         | C    |
| 64–74      | Задовільно                                    | D    |
| 60–63      | Задовільно                                    | E    |
| 35–59      | Незадовільно<br>(потрібне додаткове вивчення) | FX   |
| 1–34       | Незадовільно<br>(потрібне повторне вивчення)  | F    |

### Норми академічної етики і політика курсу

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.

Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

### Погодження

Силабус погоджено

24.06.2026



**Завідувач кафедри**  
Микола КУНДЕНКО

24.06.2026



**Гарант ОП**  
Олександр ТАРАСЕНКО