


«Затверджую»

Завідувач кафедри

  
/Предун К.М./  
«30» серпня 2022 р.

Розробник силабуса

  
/Задоянний О.В./



## СИЛАБУС

### Теплові насоси і холодильні установки

(назва освітньої компоненти (дисципліни))

<b>1) Шифр за освітньою програмою: ОК 2.22</b>
<b>2) Навчальний рік: 2022/2023</b>
<b>3) Освітній рівень: перший рівень вищої освіти (бакалавр)</b>
<b>4) Форма навчання: заочна</b>
<b>5) Галузь знань: 19 «Архітектура та будівництво»</b>
<b>6) Спеціальність, назва освітньої програми: 192 «Будівництво та цивільна інженерія», освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція»</b>
<b>8) Статус освітньої компоненти: обов'язкова</b>
<b>9) Семестр: 8</b>
<b>11) Контактні дані викладача:</b> доцент, к.т.н. О. В. Задоянний, корпоративна адреса електронної пошти: <a href="mailto:zadojannyi.o.v@knuba.edu.ua">zadojannyi.o.v@knuba.edu.ua</a> ; тел.: +380675008931 сторінка викладача на сайті КНУБА <a href="http://www.knuba.edu.ua/?page_id=86383">http://www.knuba.edu.ua/?page_id=86383</a>
<b>12) Мова викладання: українська</b>
<b>13) Пререквізити</b> (дисципліни-попередники, які необхідно вивчити, щоб слухати цей курс): «Опалення», «Технічна механіка рідини і газу», «Електротехніка та електропостачання», «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмінні процеси і апарати систем ТГПіВ», «Гідравлічні та аеродинамічні машини» «Кондиціонування повітря»
<b>14) Мета курсу:</b> надати студентам ґрунтовних комплексних знань з устрою, принципу дії та призначення термотрансформаторів в системах ТГПіВ та інших галузях, а також практичних навичок з проектування та експлуатації теплових насосів та холодильних установок в системах ТГПіВ.

<b>15) Результати навчання:</b>				
№	Програмний результат навчання	Метод перевірки навчального ефекту	Форма проведення занять	Посилання на компетентності
1	<b>РН01.</b> Застосовувати основні теорії, методи та принципи математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук, сучасні моделі, методи та програмні засоби підтримки прийняття рішень для розв'язання складних задач будівництва та цивільної інженерії.	Поточний та семестровий контроль, залік	Лекції, практичні, СРС	ЗК 01, ЗК 03, ЗК 04, ЗК 06, ЗК 09, ЗК 10, СК 01
2	<b>РН02.</b> Застосовувати знання та розуміння основ тепломасообміну, гідрогазо- і аеродинаміки, які відбуваються в технологічних процесах систем теплогазопостачання, вентиляції і кондиціонування	Поточний контроль, залік	Лекції, практичні, СРС	СК 02

	(ТГПВіК) для розв'язання задач цивільної інженерії.			
3	<b>РН04.</b> Брати участь у дослідженнях та розробках у сфері будівництва та цивільної інженерії.	Поточний контроль, КР, екзамен	Лабораторні, СРС, КР	ЗК 01, ЗК 02, ЗК 03, ЗК 04, ЗК 05, ЗК 06, ЗК 07, ЗК 08, СК 01, СК 03, СК 06, СК 07, СК 08, СК 09
4	<b>РН06.</b> Використовувати та розробляти технічну документацію на усіх стадіях життєвого циклу будівельної продукції, в тому числі з використанням сучасних інформаційних технологій.	Поточний контроль, КР, екзамен	СРС, КР	СК 08
5	<b>РН07.</b> Застосовувати сучасні інформаційні технології для розв'язання інженерних та управлінських задач будівництва та цивільної інженерії.	КР, екзамен	Практичні, КР, СРС	СК 07
6	<b>РН09.</b> Аналізувати сучасний рівень опалювальної та вентиляційної техніки: схеми, будову, принципи дії систем, сучасні методики їх розрахунку, в тому числі з використанням інформаційних технологій, з відслідковуванням найновіших досягнень у сфері цивільної інженерії і застосуванням цих знань для прийняття раціональних проектних та технічних рішень.	КР, екзамен	Лекції, практичні, СРС, лабораторні	СК 01, СК 05 СК 06 СК 07
7	<b>РН10.</b> Проектувати інженерні системи та мережі, теплогенеруючі установки та технологічні процеси будівельного виробництва, з урахуванням інженерно-технічних та ресурсозберігаючих заходів, правових, соціальних, екологічних, техніко-економічних показників, наукових та етичних аспектів, і сучасних вимог нормативної документації, часових та інших обмежень, у сфері архітектури та будівництва, охорони довкілля та безпеки праці.	КР, екзамен	Лекції, СРС, лабораторні, практичні	СК 05
8	<b>РН12.</b> Мати поглиблені когнітивні та практичні уміння/навички, майстерність та інноваційність на рівні, необхідному для розв'язання складних спеціалізованих задач в галузі будівництва та цивільної інженерії	Захист КР, СРС, залік		
9	<b>РН13.</b> Мати поглиблені когнітивні та практичні уміння/навички, майстерність та інноваційність на рівні, необхідному для розв'язання складних спеціалізованих задач в галузі будівництва та цивільної інженерії: з теплогазопостачання, вентиляції і кондиціонування (ТГПВіК), енергоресурсозбереження, обліку енергоносіїв тощо за фахового розуміння їх фундаментальних основ.	Поточний контроль, екзамен	Лекції, СРС, лабораторні, практичні	СК 03
10	<b>РН15.</b> Раціонально застосовувати новітні матеріали, арматуру, прилади, вироби на основі знань про їх технічні характеристики з урахуванням забезпечення надійної роботи інженерних систем та мереж.	Семестровий контроль, КР, екзамен	Лекції, СРС, лабораторні, практичні	
11	<b>РН16.</b> Приймати рішення щодо вибору раціональних з точки зору витрат паливно-енергетичних ресурсів та охорони довкілля інженерних систем забезпечення мікроклімату будівель і споруд, інженерних мереж	Поточний контроль, екзамен	Лекції, СРС, лабораторні, практичні	СК 01, СК 05 СК 06 СК 07, СК 13

	населених пунктів.			
12	<b>РН17.</b> Демонструвати знання та уміння стосовно збору вихідних даних, проектування, будівництва та експлуатації інженерних мереж населених пунктів, систем будівель і споруд різного призначення в частині ТППВіК, підвищення їх енергоефективності та зменшенні негативного впливу на довкілля; технічно та економічно обумовлювати прийняті рішення.	Поточний контроль, КР, екзамен	Лекції, СРС, лабораторні, практичні	ЗК 05 ЗК 06, СК 05, СК 13
13	<b>РН18.</b> Використовувати та розробляти технічну документацію, в тому числі з використанням сучасних інформаційних технологій.	Поточний контроль, КР, екзамен	Лекції, СРС, лабораторні, практичні	ЗК 05 ЗК 06, СК 05, СК 07
14	<b>РН19.</b> Оволодіння навичками ефективно працювати самостійно (курсове та дипломне проектування) або в групі (лабораторні роботи, включаючи навички лідерства при їх виконанні), вміння отримати бажаний результат в умовах обмеженого часу з акцентом на професійну сумлінність і виключення можливості плагіату.	Поточний контроль	Лекції, СРС, лабораторні, практичні	ЗК 09, СК 05

#### 16) Структура курсу:

Лекції, год.	Практичні заняття, год.	Лабораторні заняття, год.	Курсова робота/ курсний проєкт/ РГР/ контрольна робота	Самостійні робота здобувача, год.	Форма підсумко- вого контролю
8	10	-	КР	42	Екзамен
<b>Сума годин:</b>				90	
<b>Загальна кількість кредитів ECTS</b>				3,0	
<b>Кількість годин (кредитів ECTS) аудиторного навантаження:</b>				42 (1,4)	

#### 17) Зміст курсу: (окремо для кожної форми занять – Л/Пр/Лаб/ КР/СРС)

##### Лекції:

**Тема 1.** Термодинамічна система, термодинамічні параметри та термодинамічні процеси. Рівновага термодинамічної системи, параметри термодинамічного стану робочого тіла, рівняння стану. Фазова діаграма для чистих речовин. Основні термодинамічні процеси: ізохорний, ізобарний, ізотермічний, адіабатний, політропний;

**Тема 2.** Перший та другий закони термодинаміки. Термодинамічні цикли теплових машин, ідеальний та реальний. Цикл Карно-прямий та зворотний в T-S та P-V координатах. Схеми теплових машин, баланс енергії в термодинамічному циклі. Коефіцієнт перетворення та холодильний коефіцієнт. Термічний, енергетичний та ексергетичний ККД;

**Тема 3.** Термодинамічні процеси в циклах холодильних машин та теплових насосів. 1. Політропний, адіабатний (ізоентропний), ізотермічний, ізобарний, ізохорний. Неізоентропність, перегрів та переохолодження холодоагента, температурний глайд;

**Тема 4.** Теплообмін в теплообмінниках холодильних установок та теплових насосів. Однофазний та двофазний теплообмін. Кипіння, конденсація, протитечієвий та прямотечієвий теплообмін;

**Тема 5.** Класифікація холодильних машин. Типи холодильних машин, парокомпресорні, абсорбційні, пароежекторні та газові холодильні машини, схеми холодильних установок та їх основні елементи, принципи дії. Перетворення холодоагента в холодильних циклах, теплові баланси, відображення холодильних процесів в T-S та lgP-i координатах. Парокомпресорні холодильні машини з регенерацією теплоти та з двоступеневим стисненням, каскадні холодильні установки, побудова циклів, визначення основних параметрів та ефективності;

**Тема 6.** Класифікація теплових насосів. Типи теплових насосів за принципом дії, за відбором теплоти, за конструкцією елементів, принципи дії, перетворення холодоагента в циклах, теплові баланси, відображення процесів в T-S та lgP-i координатах. Побудова циклів теплових насосів та холодильних установок, визначення основних параметрів процесів та їх ефективності;

**Тема 7.** Тепло- та холодопостачання із застосуванням теплових насосів та холодильних установок. Тепло- та холодопостачання окремих будівель, споруд та систем. Схеми, робочі режими, джерела холоду і тепла, природні та техногенні джерела тепла (вода, повітря, ґрунт, масивні конструкції, скидні води та вентиляційне повітря), холодоносії систем тепло- та холодопостачання;

**Тема 8.** Холодильні компресори та їх вибір. Об'ємні та гвинтові компресори, компресори динамічної дії, їх елементи та принцип дії. Характеристики компресорів, ККД, коефіцієнт подачі, теоретична, ефективна та індикаторна потужності компресора, індикаторний ККД, індикаторна діаграма.

**Тема 9.** Теплообмінні апарати теплових насосів та холодильних установок. Конденсатори, випарники, регенератори, допоміжне обладнання та арматура. Теплообмінники за видами джерел низькопотенційної теплоти ( «грунт-вода», «вода-вода», «повітря-вода», «грунт-повітря», «вода-повітря», «повітря-повітря»), різновиди теплообмінників за конструкцією;

**Тема 10.** Регулювання теплових насосів та холодильних установок. Регулювання тиску та різниці тисків. 2. Регулювання температури та різниці температур. Регулювання тиску кипіння та конденсації холодоагенту. Прилади регулювання, схеми обв'язки;

**Тема 11.** Робочі речовини холодильних машин та теплових насосів. Властивості та вимоги до холодоагентів, оптимальні температурні області використання. Озоннебезпечність, озоноруйнівна активність холодоагентів, екологічний фактор, вирішення проблеми озоннебезпечної холодильної техніки;

**Тема 12.** Термодинамічний аналіз роботи холодильних машин та теплових насосів. Масові, енергетичні та ексергетичні потоки. Балансові рівняння масових, енергетичних та ексергетичних потоків, втрати та витрати енергії та ексергії, деструкція та трансформація ексергії. Ексергетичний аналіз функціональних елементів холодильних машин та теплових насосів.

**Тема 13.** Техніко-економічні показники роботи теплових насосів та холодильних установок. Техніко-економічне обґрунтування системи холодопостачання кондиціонерів; визначення джерел холодопостачання; вибір варіантів схемних рішень систем холодопостачання; розрахунки техніко-економічних показників системи холодопостачання кондиціонерів. Техніко-економічне обґрунтування доцільності встановлення теплових насосів; визначення режимів роботи теплових насосів ( моновалентний, бівалентний, бівалентно-альтернативний режим, бівалентно-паралельний, моноенергетичний ), побудова температурного графіку споживання, визначення «точки рівноваги»;

**Тема 14.** Схемні рішення теплонасосного опалення та теплопостачання. Узагальнена енерготехнологічна схема теплонасосної системи теплопостачання будівлі із низькотемпературними джерелами теплоти. Принципова схема теплонасосної системи водяного опалення та гарячого водопостачання. Принципова схема теплонасосної системи нагріву припливного вентиляційного повітря. Принципова схема теплонасосної системи гарячого водопостачання. Принципова схема теплонасосної системи сонячного теплопостачання;

**Тема 14.** Схемні рішення холодопостачання систем кондиціонування повітря та охолодження приміщень. Джерела холоду систем кондиціонування повітря. Використання льоду для систем кондиціонування повітря 3. Схеми використання артезіанської води для систем кондиціонування повітря. Схеми приєднання повітроохолоджувачів к системам холодопостачання.

#### **Практичні:**

**Заняття 1.** Розрахунок та побудова теоретичного циклу парокомпресійної холодильної установки та теплового насосу;

**Заняття 2.** Визначення та розрахунок основних параметрів роботи холодильної установки та теплового насосу;

**Заняття 3.** Визначення робочої холодопродуктивності холодильної машини та робочої теплопродуктивності теплового насосу;

**Заняття 4.** Визначення режиму роботи теплового насосу. Розробка схеми комбінованого тепло- та холодопостачання споживача з визначенням «точки бівалентності»;

**Заняття 5.** Розрахунок ґрунтового теплообмінника та повітряного конденсатора;

**Заняття 6.** Розрахунок основних параметрів роботи бака-акумулятора;

**Заняття 7.** Аналіз ефективності схемного рішення теплонасосної системи опалення;

**Заняття 8.** Аналіз ефективності схемного рішення системи холодопостачання.

#### **Лабораторні:**

**Заняття 1.** Дослідження режиму роботи спліт-кондиціонера в режимі нагрівання;

**Заняття 2.** Дослідження режиму роботи спліт-кондиціонера в режимі охолодження;

**Заняття 3.** Дослідження режиму роботи повітряного теплового насоса в реверсному режимі;

**Заняття 4.** Дослідження режиму роботи повітряного теплового насосу;

**Заняття 5.** Часовий моніторинг роботи повітряного теплового насоса;

**Заняття 6.** Часовий моніторинг роботи холодильного контуру каналного кондиціонера;

**Заняття 7.** Аналітичне визначення оптимального режиму роботи повітряного теплового насоса по результатах часового моніторингу.

### Розрахунково-графічна робота

Для поглибленого вивчення і закріплення теоретичних знань студенти виконують *курскову роботу* обсягом до 35 сторінок А4 друкованого тексту та креслення обсягом один аркуш А1, яка включає наступні опрацьовані розділи:

1. Вихідні дані
2. Розрахункова частина
  - 2.1. Вибір схеми теплонасосної системи та визначення режимних параметрів робочого тіла
  - 2.2. Побудова робочого циклу теплонасосної системи з визначенням параметрів в характерних точках
  - 2.3. Розрахунок циклу теплового насосу, вибір компресора
  - 2.4. Вибір конденсатора
  - 2.5. Вибір випарника
  - 2.6. Розрахунок показників енергетичної ефективності теплонасосної системи
  - 2.7. Порівняння техніко-економічної ефективності розробленої системи з варіантом традиційного теплопостачання
3. Графічна частина
  - 3.1. Виготовлення креслення курсової роботи у складі:
    - функціональної схеми теплонасосної системи теплопостачання;
    - системи відбору теплоти від низькопотенційного джерела;
    - трубопровідної об'язки обладнання теплонасосної установки;
    - зображення пароконденсатного циклу в «lgP-i» - діаграмі.

Література

#### Самостійна робота студента:

Опрацювання лекційного матеріалу, матеріалу практичних занять, виконання та захист КР, підготовка до іспиту.

### 18) Основна література:

1. Писарев В.Є. Теплові насоси та холодильні установки: Навчальний посібник. – К.: КНУБА. 2002. -124 с.;
2. Посібник з проектування інженерних систем житлових і громадських будинків з тепловими насосами. Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. Корпорація "Європейська енергетична компанія". Київ, 2010 р.;
3. Безродний М. К. Теплові насоси та їх використання [Текст] : навч. посіб. / М. К. Безродний, І. І. Пуховий, Д. С. Кутра. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 312;
4. Теплові насоси і холодильні установки: методичні вказівки до виконання індивідуального завдання / уклад.: О.В. Задоянний, В.Р. Вахула, – К.: КНУБА, 2018. – 23 с.;

### 19) Додаткові джерела:

1. Гершкович В. Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами [Текст] / В. Ф. Гершкович. – К.: Украинская Академия Архитектуры ЧП "Энергоминимум", 2009. – 60 с.

### 20) Система оцінювання навчальних досягнень (розподіл балів):

#### Форма контролю: екзамен

Поточне оцінювання					Підсумковий контроль	Сума
РН01...04	РН06...09	РН10...13	РН15...16	РН17...19		
5	10	15	15	15	40	100

### 21) Умови допуску до підсумкового контролю:

Умовою допуску студента до заліку є мінімальна сума балів, яку студент повинен набрати у разі виконання всіх елементів модулів. Студенту, який має підсумкову оцінку за дисципліну від 35 до 59 балів, призначається додаткова залікова сесія. В цьому разі він повинен виконати додаткові завдання, визначені викладачем. Студент, який не здав та/або не захистив індивідуальне завдання, не допускається до складання екзамену. Студент, який не виконав вимог робочої програми за змістовними модулями, не допускається до складання підсумкового контролю. У цьому разі він повинен виконати визначене викладачем додаткове завдання за змістом відповідних змістових модулів у період між основною та додатковою сесіями. Студент має право на опротестування результатів контролю (апеляцію). Правила подання та розгляду апеляції визначені внутрішніми документами КНУБА, які розміщені на сайті КНУБА та зміст яких доводиться до студентів на початку вивчення дисципліни.

### 22) Політика щодо академічної доброчесності:

Тексти індивідуальних завдань (в т.ч. у разі, коли вони виконуються у формі презентацій або в інших формах) перевіряються на плагіат. Для цілей захисту індивідуального завдання оригінальність тексту має

192 «Будівництво та цивільна інженерія»	ОПП «Бакалавр» «Теплогазопостачання і вентиляція»	Сторінка 6 з 6
--	---	----------------

становити не менше 70 %. Винятками є випадки зарахування публікацій здобувачів у матеріалах наукових конференціях та інших наукових збірниках, які вже пройшли перевірку на плагіат.

Списування під час тестування та інших опитувань, які проводяться у письмовій формі, заборонені (в т.ч. із використанням мобільних пристроїв). У разі виявлення фактів списування з боку здобувача він отримує інше завдання. У разі повторного виявлення призначається додаткове заняття для проходження тестування.

**23) Посилання на сторінку електронного навчально-методичного комплексу дисципліни:**

<https://org2.knuba.edu.ua/enrol/index.php?id=1518>