«Затверджую»

Завідувач кафедри

_____ /Предун К.М./

«30» серпня 2021 р.

Розробник силабуса

_____/ Задоянний О.В./

СИЛАБУС
Теплові насоси і холодильні установки

(назва освітньої компоненти (дисципліни)

1) Шифр за освітньою програмою: ОК 3.2.15
2) Навчальний рік: 2021/2022
3) Освітній рівень: перший рівень вищої освіти (бакалавр)
4) Форма навчання: заочна
5) Галузь знань: 19 «Архітектура та будівництво»
6) Спеціальність, назва освітньої програми: 192 «Будівництво та цивільна інженерія», освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція»
8) Статус освітньої компоненти: основна
9) Семестр: 10
11) Контактні дані викладача: доцент, к.т.н. О. В. Задоянний, корпоративна адреса електронної пошти: zadoiannyi.o.v@knuba.edu.ua; тел.: +380675008931 сторінка викладача на сайті КНУБА http://www.knuba.edu.ua/?page_id=86383
12) Мова викладання: українська
13) Пререквізити (дисципліни-попередники, які необхідно вивчити, щоб слухати цей курс): «Вентиляція та охолодження громадських будівель», «Технічна механіка рідини і газу», «Кондиціонування повітря», «Гідравлічні і аеродинамічні машини», «Електротехніка та електропостачання», «Технічна термодинаміка»
14) Мета курсу: надати студентам ґрунтовні знання щодо устрою, принципу дії та застосуванню холодильних установок та теплових насосів в системах ТГПіВ та інших галузях.

15) Результати навчання:

№	Програмний результат навчання	Метод перевірки навчального ефекту	Форма проведення занять	Посилання на компетентності
1	**РН01.** 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 контроль, захист РГР, залік	Лекції, практичні, СРС, лабораторні	ЗК 01, ЗК 03 ЗК 04, ЗК 06, ЗК 09, ЗК 10, СК 01
2	**РН02.** Застосовувати знання та розуміння основ тепломасообміну, гідрогазо- і аеродинаміки, які відбуваються в технологічних процесах систем теплогазопостачання, вентиляції і кондиціювання (ТГПВіК) для розв'язання задач цивільної інженерії.	Поточний контроль, захист РГР, залік	Практичні, РГР	СК 02

3	**РН04.** Брати участь у дослідженнях та розробках у сфері будівництва та цивільної інженерії.	Поточний контроль, захист РГР, залік	Практичні, РГР, СРС	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
4	**РН05.** Проектувати та реалізовувати технологічні процеси будівельного виробництва, використовуючи відповідне обладнання, матеріали, інструменти та методи.	Захист РГР, залік	Практичні, РГР	СК 06
5	**РН06.** Використовувати та розробляти технічну документацію на усіх стадіях життєвого циклу будівельної продукції, в тому числі з використанням сучасних інформаційних технологій.	Екзамен, захист РГР	Практичні, РГР, СРС	СК 08, СК 06
6	**РН07.** Застосовувати сучасні інформаційні технології для розв'язання інженерних та управлінських задач будівництва та цивільної інженерії.	Поточний контроль, залік	Лекції, СРС	СК 07
7	**РН08.** Виконувати збір, інтерпретацію та застосування даних, в тому числі за рахунок пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.	Поточний контроль, захист РГР, залік	Лабораторні, СРС, РГР	ЗК 06
8	**РН09.** Аналізувати сучасний рівень опалювальної та вентиляційної техніки: схеми, будову, принцип 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.	Поточний контроль, захист РГР, залік	РГР, СРС	СК 01, СК 05 СК 06 СК 07
9	**РН10.** 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.	Захист РГР, залік	Практичні, РГР, СРС	СК 05
10	**РН12.** 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 РГР, СРС, залік	Лекції, практичні, лабораторні	СК 10
11	**РН13.** 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 кондиціювання (ТГПВіК), енергоресурсозбереження, обліку енергоносіїв тощо за фахового розуміння їх фундаментальних основ.	Поточний контроль, залік	Лекції, лабораторні, практичні	ЗК 01, СК 03
12	**РН15.** 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	Поточний контроль, залік	Лекції, лабораторні, практичні	СК 01, СК 05 СК 06 СК 07

	обмеженого часу з акцентом на професійну сумлінність і виключення можливості плагіату.			
13	**РН16.** Приймати рішення щодо вибору раціональних з точки зору витрат паливно-енергетичних ресурсів та охорони довкілля інженерних систем забезпечення мікроклімату будівель і споруд, інженерних мереж населених пунктів.	Захист РГР, СРС, поточний контроль	Практичні, РГР, СРС	СК 01, СК 05 СК 06 СК 07, СК 13
14	**РН17.** Демонструвати знання та уміння стосовно збору вихідних даних, проектування, будівництва та експлуатації інженерних мереж населених пунктів, систем будівель і споруд різного призначення в частині ТГПВіК, підвищення їх енергоефективності та зменшенні негативного випливу на довкілля; технічно та економічно обумовлювати прийняті рішення.	Залік, захист РГР	Практичні, РГР, СРС	ЗК 05 ЗК 06, СК 05, СК 13
15	**РН18.** Використовувати та розробляти технічну документацію, в тому числі з використанням сучасних інформаційних технологій.	Залік, захист РГР	Практичні, РГР	ЗК 05 ЗК 06, СК 05, СК 07
16	**РН19.** 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.	Залік, захист РГР	Практичні, РГР, лабораторні	ЗК 09, СК 05
17	**РН20.** Презентувати результати власної роботи та аргументувати свою позицію з професійних питань, фахівцям і нефахівцям, вільно спілкуючись державною та іноземною мовою.	Захист РГР	Практичні, РГР	ЗК 03 ЗК 04 ЗК 05, ЗК 07 ЗК 08, СК 08
18	**РН21.** Створювати ефективну комунікаційну стратегію з метою донесення ідей, проблем, рішень та власного досвіду в галузі теплогазопостачання, вентиляції і кондиціювання, енергоресурсозбереження, обліку енергоносіїв тощо.	Залік	Практичні, РГР, СРС	ЗК 03 ЗК 04 ЗК 05, ЗК 07 ЗК 08,

16) Структура курсу:

Лекції, год.	Практичні заняття, год.	Лабораторні заняття, год.	Курсова робота/ курсовий проєкт/ РГР/ контрольна робота	Самостійні робота здобувача, год.	Форма підсумко-вого контролю
8	10	6	РГР	54	залік

Сума годин:	90
Загальна кількість кредитів ECTS	3,0
Кількість годин (кредитів ECTS) аудиторного навантаження:	24 (0,8)

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. Першій та другий закони термодинаміки; термодинамічні цикли теплових машин. Цикл Карно, схеми теплових машин, баланс енергії в термодинамічному циклі, термічний ККД, прямий та зворотній цикли, ефективність перетворення, коефіцієнт перетворення (ідеальний та реальний); прямий та зворотній цикли в T-S та P-V координатах, сумісний цикл, регенеративний цикл, холодопродуктивність та теплопродуктивність;

Тема 3. Термодинамічні процеси в циклах холодильних машинах та теплових насосів: політропний,

адіабатний (ізоентропний), ізотермічний, ізобарний, ізохорний; неізоентропність, перегрів та переохолодження холодоагента;
Тема 4. Теплообмін в теплообмінниках холодильних установок та теплових насосах. Однофазний та двофазний теплообмін, кипіння, конденсація, протитечійний та прямоточний;
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 холодоагенту 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, за перетворенням холодоагенту в циклах. Теплові баланси, відображення процесів в T-S та lgP-i координатах, побудова циклів, визначення основних параметрів та 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 холода 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, ККД, коефіцієнт подачі, теоретична, ефективна та індикаторна потужності компресора, індикаторний ККД, індикаторна діаграма;
Тема 9. Теплообмінні апарати теплових насосів та холодильних установок, їх розрахунок. 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, 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, озонобезпечність, озоноруйнівна активність холодоагентів, екологічний фактор, вирішення проблеми озонобезпечної холодильної техніки;
Тема 12. Техніко-економічне обґрунтування системи холодопостачання кондиціонерів; визначення джерел холодопостачання; вибір варіантів схемних рішень систем холодопостачання; розрахунки техніко-економічних показників системи холодопостачання кондиціонерів;
Тема 13. 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».

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;
Заняття 5. Розрахунок ґрунтового теплообмінника та повітряного конденсатора;
Заняття 6. Аналіз ефективності парокомпресійного циклу теплового насоса;

Лабораторні:
Заняття 1. Експериментальне визначення коефіцієнта перетворення теплового насоса;
Заняття 2. Експериментальне визначення холодильного коефіцієнта;
Заняття 3. Експериментальне визначення ексергетичної ефективності канального кондиціонера в режимі теплового насоса;
Заняття 4. Експериментальне визначення ексергетичної ефективності канального кондиціонера в режимі охолодження;

Розрахунково-графічна робота
Для поглибленого вивчення і закріплення теоретичних знань студенти виконують розрахунково-графічну роботу обсягом до 25 сторінок А4 друкованого тексту, яка включає наступні опрацьовані розділи:

1. Визначення параметрів роботи холодильної машини: температури конденсації та випаровування, тиски конденсації і випаровування;
2. Вибір холодильної машини для центральної системи кондиціонування повітря та визначення її теплопродуктивності в режимі теплового насоса;
3. Перевірочний розрахунок конденсатора та випарника холодильної машини;
4. Порівняльний обрахунок енергетичної та ексергетичної ефективності холодильної машини в обох режимах.

Самостійна робота студента:
Опрацювання лекційного матеріалу, матеріалу практичних занять, виконання та захист РГР, підготовка до заліку.

18) Основна література:

1. Писарев В.Є. Теплові насоси та холодильні установки: Навчальний посібник.–К.: КНУБА.2002.-124 с.;
2.Теплові насоси і холодильні установки: методичні вказівки до виконання індивідуального завдання / уклад.: О.В. Задоянний, В.Р. Вахула, – К.: КНУБА, 2018. – 23 с.;
3. ДСТУ Б В.2.5-44:2010 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами (EN 15450:2007, MOD);

19) Додаткові джерела:

1.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.;
2. Хайнрих Г., Найорк Х., Нестлер В. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения (пер. с нем.). М.: Стройиздат, 1985. 350 с.;
3. Холодильные машины (под ред. проф. И.А.Сакуна). Л.: Машиностроение, 1985, 510 с

20) Система оцінювання навчальних досягнень (розподіл балів):

Форма контролю: Залік

Поточне оцінювання																		Підсумковий контроль	Сума
РН01	РН02	РН04	РН05	РН06	РН07	РН08	РН09	РН10	РН12	РН13	РН15	РН16	РН17	РН18	РН19	РН20	РН21		
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	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 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/course/view.php?id=1518