Національна академія наук України

Інститут енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Заступник директора

“__25__” _____ 2025 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Теплообмін в огороджувальних конструкціях

(назва навчальної дисципліни)

Підготовки докторів філософії

зі спеціальності G4 Енерговиробництво (спеціалізація G4.02 Теплоенергетика)

2025 / 2026 навчальний рік

Робочу програму навчальної дисципліни «Теплообмін в огороджувальних конструкціях» складено відповідно до освітньо-наукової програми «Теплоенергетика» підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю G4 Енерговиробництво (спеціалізація G4.02 Теплоенергетика).

Розробники: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Орлова Наталя Олександрівна, канд. техн. наук,
старший науковий співробітник

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою інституту 25 вересня 2025 року, протокол № 9.

Програму схвалено на розширеному засіданні відділу моделювання та ідентифікації теплових процесів в енерготехнологічному обладнанні.

Протокол № 4 від 22.09.2025 р.

В. о. завідувача відділу

_____ Орлова Н. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-технічною проблемною радою «Енергомашинобудування. Теплова та відновлювальна енергетика. Екологія».

Протокол № 6 від 25.09.2025 р.

Заступник голови НТПР _____

_____ Костіков А. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є підготовка аспірантів до розв'язання наукових задач у сфері теплофізики будівель. Основна увага приділяється вивченню методів моделювання нестаціонарного теплопереносу в огороджувальних конструкціях, визначенню їх теплового і вологісного стану, способам зменшення теплових втрат через огороджувальні конструкції, а також розробці алгоритмів для оцінки енергоефективності та теплостійкості будівельних об’єктів з урахуванням сучасних вимог енергозбереження.

Перелік компетентностей та програмних результатів навчання, що забезпечує дисципліна

Компетентності

ФК1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукові результати, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямах.

ФК4. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

ФК6. Здатність розробляти математичні моделі, що адекватно описують теплофізичні та термодинамічні процеси в досліджуваних об’єктах.

ФК7. Здатність застосовувати сучасні методи і програмні засоби для розв’язання задач тепломасообміну і термодинаміки в об’єктах отримання, перетворення та споживання теплової енергії.

ФК8. Здатність проводити обчислювальні експерименти з обробкою розрахункових даних, аналізувати та інтерпретувати теплофізичні дані, які отримано розрахунковим та/або експериментальним шляхом

Програмні результати навчання

ПРН1. Мати передові концептуальні та методологічні знання з теплоенергетики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з теплоенергетики, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН3. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень, спостережень, тощо і математичного та/або комп’ютерного моделювання, наявні літературні дані.

ПРН4. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп’ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у теплоенергетиці та дотичних міждисциплінарних напрямах.

ПРН5. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН9. Ефективно використовувати сучасні програмні засоби для моделювання, ідентифікації і оптимізації тривимірних нелінійних теплофізичних процесів в об’єктах отримання, перетворення і споживання енергії.

Характеристика навчальної дисципліни

Вибіркова освітня компонента	
Кількість кредитів	3
Рік підготовки	2-й
Семестр	2-й
Загальна кількість годин	90
Лекції	22 год.
Практичні, семінарські заняття	8 год.
Індивідуальні заняття	__ год.
Самостійна робота	60 год.
Вид підсумкового контролю	залік

2. Зв'язок з іншими освітніми компонентами

Освітні компоненти, що передують вивченню:
ОК6 Тепломасообмін в енергетичному обладнанні
ОК7 Сучасні засоби комп'ютерного моделювання в енергетиці

Освітні компоненти, які розвивають результати навчання за цією дисципліною: немає

3. Заплановані результати навчання

Після вивчення курсу аспіранти повинні:

Знати: фізичні основи процесів тепло- та масопереносу в будівельних конструкціях; методи розрахунку нестаціонарних теплових режимів в неоднорідних будівельних конструкціях; сучасні нормативні вимоги до теплового захисту будівель.

Вміти: формулювати математичні моделі тепломасопереносу в огороджувальних конструкціях з урахуванням їх неоднорідності та змінних зовнішніх впливів; виконувати розрахунки теплового та вологісного стану огороджувальних конструкцій;; обґрунтовувати вибір теплоізоляційних рішень для підвищення енергоефективності об'єктів.

Розуміти: сутність тепло-масообмінних процесів, що відбуваються в огороджувальних конструкціях; обмеження та точність різних методів розрахунків огороджувальних конструкцій; принципи проектування огороджувальних конструкцій.

4. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Теплофізичні процеси в огороджувальних конструкціях і їх моделювання

Тема 1. Теоретичні основи теплофізичних процесів в елементах будівель

Специфіка тепломасообміну в неоднорідних огороджувальних конструкціях. Термодинаміка вологого повітря. Математичні моделі стаціонарного та нестаціонарного тепломасопереносу.

Тема 2. Методи розрахунку огороджувальних конструкцій

Традиційні методи теплового і вологісного розрахунку огороджувальних конструкцій та їх проєктування. Чисельні методи розв`язання задачах тепломасообміну в неоднорідних середовищах. Особливості розрахунку огороджувальних конструкцій при змінних зовнішніх і внутрішніх навантаженнях. Використання багаторівненвих моделей і методів декомпозиції для аналізу складних елементів огороджувальних конструкцій. Оптимізаційні обернені задачі в проєктуванні огороджувальних конструкцій

Розділ 2. Види огороджувальних конструкцій та особливості їх розрахунку і проєктування

Тема 3. Пасивний тепловий захист

Багатошарові огороджувальні конструкції. Огороджувальні конструкції з повітряними порожнинами. Вентильовані фасади.

Тема 4. Енергоактивні огороджувальні конструкції

Теплоінерційність огороджувальних конструкцій. Використиння сонячної інсоляції для підвищення енергоефективності огороджувальних конструкцій. Термоакумулювальні матеріали і їх застосування в огороджувальних конструкціях.

5. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин						
	усього	у тому числі					
		лекції	практ.	лаб.	сем.	інд.	с.р.
Розділ 1. Теплофізичні процеси в огороджувальних конструкціях і їх моделювання							
Тема 1. ***Теоретичні основи теплофізичних процесів в елементах будівель***	12	4	2				6
Тема 2. ***Методи розрахунку огороджувальних конструкцій***	24	6	2				16
Разом за розділом 1	36	10	4				22
Розділ 2. Види огороджувальних конструкцій та особливості їх розрахунку і проєктування							
Тема 3. ***Пасивний тепловий захист***	12	4	2				8
Тема 4. ***Енергоактивні огороджувальні конструкції***	42	8	2				30
Разом за розділом 2	54	12	4				38
Усього годин	90	22	8				60

6. Самостійна робота

Метою самостійної роботи є навчитися користуватися навчально-методичними матеріалами, бібліотечними фондами, базами даних наукової літератури і інформаційними джерелами і іншими інформаційними джерелами, складати конспекти, аналізувати матеріал, порівнювати різні наукові концепції та робити висновки. Види самостійної роботи студента: опрацювання лекційного матеріалу; опрацювання тем курсу, які виносяться на самостійне вивчення; виконання завдань для самостійної роботи, відвідування консультацій; підготовка до підсумкового контролю.

Теми для самостійного вивчення

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Теплофізичні властивості будівельних матеріалів	8
2	Вплив вологості на теплопровідності будівельних матеріалів	4
3	Тепловізійний контроль огороджувальних конструкцій	4
3	Теплостійкість огороджувальних конструкцій	4
4	Теплозасвоєння поверхонь	4
5	Морозостійкість теплоізоляційних матеріалів	4
6	Теплообмін випромінюванням в середині огороджувальних конструкцій	4
7	Теплотехнічна неоднорідність та методи її кількісної оцінки	4
8	Особливості розрахунку світлопрозорих огороджувальних конструкцій	4
9	Розрахунок параметрів мікроклімату в приміщенні	8
10	Преривчасті режими опалення	4
11	Нормативні документи, які стосуються огороджувальних коснтрукцій	8
	Разом	60

Завдання для самостійної роботи

1. Виконати теплотехнічний розрахунок багатошарової огороджувальної конструкції з визначенням опору теплопередачі та розподілу температур по товщі шарів.
2. Провести аналіз температурних полів у зоні теплопровідного включення (містка холоду) для оцінки мінімальної температури на внутрішній поверхні.
3. Розрахувати нестаціонарний тепловий режим стінової панелі при різкій зміні температури зовнішнього повітря (оцінка теплової інерції).
4. Визначити зону можливої конденсації вологи в товщі конструкції при заданих параметрах внутрішнього та зовнішнього мікроклімату протягом опалювального періоду.
5. Оцінити вплив вітрового навантаження на теплоізоляційні властивості огороджувальної конструкції
6. Розрахувати теплонадходження від сонячної інсоляції крізь світлопрозорі конструкції.
7. Визначити необхідну товщину теплоізоляції огородження для досягнення нормативного класу енергоефективності будівлі.
8. Проаналізувати результати тепловізійного обстеження фрагмента фасаду та ідентифікувати ділянки з підвищеними тепловтратами.

* за бажанням здобувача він може сам скласти перелік завдань для самостійної роботи, адаптувавши їх під своє наукове дослідження, за умови узгодження переліку і змісту завдань з викладачем і науковим керівником

Індивідуальні завдання

1. Теплотехнічний розрахунок огороджувальної конструкції з повітряними камерами
2. Знаходження теплового і вологісного стану огороджувальної конструкції з вентильованим фасадом
3. Розрахунок теплового стану приміщення з теплоінерціними огороджувальними конструкціями.
4. Вибір змінних режимів роботи опалення для підтримання комфортних умов в приміщенні з тепло інерційними огороджувальними конструкціями
5. Теплотехнічний розрахунок огороджувальної конструкції світлопрозорими елементами
6. Теплотехнічний розрахунок огороджувальної конструкції з елементами з Термоакумулювальними матеріалами

* за бажанням здобувача він може сам запропоновувати тему і зміст індивідуального завдання, виходячи із змісту навчальної дисципліни і тематики свого наукового дослідження, за умови узгодження їх з викладачем і науковим керівником

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні та практичні методи навчання. Словесні та наочні методи навчання використовуються під час лекцій, самостійної роботи, консультацій, практичні – при здійсненні студентами самостійної роботи. Під час проведення лекцій використовуються такі словесні методи як розповідь і пояснення. До числа наочних методів, які застосовуються при викладанні дисципліни, належать: ілюстрація, демонстрація, робота із програмними продуктами для розв’язання прямих та обернених задач теплообміну.

8. Методи контролю

Поточний контроль теоретичних знань, що отримані здобувачем вищої освіти ступеня доктора філософії здійснюється шляхом опитування та перевірки виконання завдань для самостійної роботи.

Підсумковий контроль проводиться у вигляді заліку.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота						Екзамен	Сума
Розділ 1			Розділ 2		Разом		
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	100	–	100
20	20	20	20	20			

Т1, Т2 ... – теми розділів.

Критерії оцінювання

Бали поточного контролю за кожною темою складаються з оцінювання відповідей під час усного опитування щодо засвоєння лекційного матеріалу (1 – розуміння окремих положень, 2 – розуміння окремих математичних методів, 3 – досконале засвоєння математичних методів, 4 – вміння адаптувати засвоєні методи для розв'язання комплексних задач теплообміну), оцінювання ступені опрацювання матеріалу тем для самостійного вивчення (1 – часткове розуміння матеріалу, 2 – досконале розуміння матеріалу) та оцінювання виконання завдання для самостійної роботи (1 – вміння вибрати математичний метод для розв'язання поставленої задачі; 2 – розробка методики розв'язання поставленої задачі, 3 – часткове застосування розробленої методики; 4 – повне застосування методики з отриманням частково помилкових результатів, 5 – вирішення поставленої задачі в цілому, 6 – повне вирішення поставленої задачі з творчим аналізом отриманих результатів)

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
50–100	Зараховано
1–49	не зараховано

10. Рекомендоване методичне забезпечення

Конспект лекцій

Перелік завдань і методичні матеріали для самостійної роботи

Основна література

1. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огороджувальних конструкцій. ГГ Фаренюк. К.: Гама-Принт 216, 2мБП, 2009. 107, 2009.
2. Маляренко В.А., Редько А.Ф., Чайка Ю.І та ін.. Технічна теплофізика огороджуючих конструкцій будівель і споруд : .. навч. посіб./ Харків.: Рубікон, 2001. - 280 с
3. Маляренко В.А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження: Підручник - Харків : «Видавництво САГА», 2006.
4. ДБН В.2.6-31-2021. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. - Київ. 2022.
5. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. - Київ. 2022.

Допоміжна література

6. Ідентифікація теплових процесів шляхом розв'язання обернених задач / Ю. М. Мацевитый, А. О. Костіков, М. О. Сафонов, О. О. Стрельнікова, В. О. Повгородній, В. В. Ганчін, Я. Н. Буштец, 2023.
7. Андруник В. А., Висоцька В. А., Пасічник В. В., Чирун Л. Б., Чирун Л. В. Чисельні методи в комп'ютерних науках: навчальний посібник, Том 2 за ред. В.В. Пасічника – Львів: Видавництво «Новий Світ – 2000», 2020.

8. Solution to non-stationary inverse heat conduction problems for multi-layer bodies, based on effective search for the regularization parameter / Yurii M. Matsevytyi, Volodymyr M. Sirenko, Andrii O. Kostikov, Mykola O. Safonov, Valerii V. Hanchyn. Journal of Mechanical Engineering. 2019. Vol. 22, Iss. 3. P. 4–13. DOI: https://doi.org/10.15407/pmach2019.03.004.
9. Костіков А. О., Мушавець О. І. Розрахунок теплового стану приміщення з теплоінерційними огороджувальними конструкціями. *Фізико-технічні проблеми енергетики та шляхи їх вирішення 2017 (ФТПЕШВ-2017)* : : Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції, м. Харків, 20–21 червня 2017 р. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна. С. 42.
10. Energoactive multilayered construction of fencing with a thermal-accumulating layer / I. O. Aimbetova, U. S. Suleymenov, O. A. Kostikov, K. E. Imanaliev, R. A. Ristavletov, M. A. Kambarov. *Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2018. Vol 4. P. 57–62
11. Thermal-containing materials based on phase transition in the construction industry / I. O. Aimbetova, U. S. Suleymenov, A. O. Kostikov, M. A. Kambarov, E. N. Kalshabekova, R. A. Ristavletovet. *Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2018. Vol 5. P. 37–41. DOI: https://doi.org/10.32014/2018.2518-1467.4.
12. Development of the engineering procedure for the thermotechnical calculation of a building envelope with air chambers and a heat-reflecting coating / U. Suleimenov, A. Kostikov, R. Ristavletov, M. Kambarov, R. Kudabayev, A. Vorontsova. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 1, No. 8 (103). P. 19–27. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.194330.
13. Development of heat storage materials based on commodity paraffins / I. O. Aimbetova, U. S. Suleymenov, A. O. Kostikov, R. A. Ristavletov. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*. 2020. Vol 6. P. 6–13. DOI: https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.124.

Інформаційні ресурси

1. Навчально-методичний комплекс навчальної дисципліни у сховищі Google Drive.
2. Мережа Internet.
3. Бібліотека ІЕМС НАН України.