



СИЛАБУС з дисципліни **Тепломасообмін**

Семестр та рік навчання I семестр 2021-2022 навчального року
 Освітній рівень (перший або другий) перший
 Галузь знань 14 Електрична інженерія
 Категорія дисципліни – обов'язкова
 Шифр та назва спеціальності 144 Теплоенергетика

Лекції та практичні заняття відповідно до розкладу <http://rasp.kart.edu.ua>

Команда викладачів:

Лектор:

Бабіченко Юлія Анатоліївна (доцент, к.т.н.),

Контакти: +38 (057) 730-10-78, e-mail: juliette-ua@ukr.net,
babichenko@kart.edu.ua

Асистенти лектора:

Онищенко Андрій Володимирович (асистент) Контакти:

+ 38 (057) 730-10-78, e-mail: andyboss15@gmail.com,
onyshchenko@kart.edu.ua

Години прийому та консультації: среда та п'ятниця з 14.00-15.00

Розміщення кафедри: Місто Харків, майдан Фейербаха, 7, 2 корпус, 4 поверх, ЛТТ44 аудиторія.

Веб сторінка курсу: <http://do.kart.edu.ua/>

Додаткові інформаційні матеріали: <http://metod.kart.edu.ua>

У хімічній, харчовій, газонафтопереробній, гірничо-хімічній, енергетичній та багатьох інших галузях промисловості процеси передачі тепла від нагрітих теплоносіїв до холодних займають провідне місце. Теплові процеси використовуються в промисловості для охолодження нагрітих середовищ, для зрідження повітря та природних газів, для нагрівання холодних теплоносіїв, для проведення процесів випарювання, конденсації, плавлення, кристалізації та ін.

Курс має на меті сформувати та розвинути наступні компетентності студентів:

1. Інтегральні компетентності (Здатність розв'язувати складні загальні, спеціалізовані задачі та практичні проблеми у сфері теплоенергетики або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів електричної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов);

2. Загальні компетентності

ЗК 03. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 06. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 08. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

3. Фахові компетентності

ФК 05. Здатність визначати, досліджувати та розв'язувати проблеми у сфері теплоенергетики, а також ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з інженерними аспектами і проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетичній галузі.

ФК 08. Здатність використовувати наукову і технічну літературу та інші джерела інформації у професійній діяльності в теплоенергетичній галузі.

4. Результатами навчання

РН4. Аналізувати і використовувати сучасні інженерні технології, процеси, системи і обладнання у сфері теплоенергетики.

РН9. Вміти знаходити необхідну інформацію в технічній літературі, наукових базах даних та інших джерелах інформації, критично оцінювати і аналізувати її.

Чому ви маєте обрати цей курс?

Вивчення фізико-хімічних основ процесів теплообміну та умінь використовувати отримані знання в розрахунках процесів і обладнання є головним показником кваліфікації інженерів-теплоенергетиків в хімічній, нафтопереробній та інших видах виробництва.

Команда викладачів і ваші колеги будуть готові надати будь-яку допомогу з деякими з найбільш складних аспектів курсу по електронній пошті, на форумі і особисто - у робочий час.

Огляд курсу

Курс вивчається протягом одного навчального року (два семестри). В семестрі одна лекція на тиждень і одне практичне заняття раз на тиждень. Курс супроводжується текстовим матеріалом, презентаціями та груповими завданнями. Студенти матимуть можливість застосовувати отримані знання та вирішувати практичні завдання протягом обговорень в аудиторії. В межах курсу на практичних заняттях студенти вирішують завдання з аналізу та інженерних розрахунків параметрів теплообміну в теплотехнічному і теплоенергетичному обладнанні, в теплотехнологічних процесах; відпрацьовують практичні навички в застосуванні співвідношень і залежностей, що використовуються в інженерних теплотехнічних розрахунках.

Курс складається з вивчення основ теорії теплопередачі (базові закони теорії теплопровідності, конвективного теплообміну, теплообміну випромінюванням, інженерні методи розрахунку для елементарних процесів теплообміну), спеціальних питань теплопередачі (теплообмін при кипінні і конденсації чистих речовин, складний

теплообмін, теплообмінних апаратів і їх розрахунків, методів зміни інтенсивності теплообміну), основ тепло- і масообміну (тепло- і масообмін в двокомпонентних середовищах, при фазових переходах, при хімічних реакціях).

Теми курсу

Змістовий модуль 1. Предмет курсу, основні поняття. Фізичні основи процесу теплопередачі, використовувані гіпотези. Основні положення теорії теплопровідності.

Предмет і зміст курсу «Тепломасообмін», його взаємозв'язок з іншими дисциплінами. Процеси теплопереносу та теплообмінне обладнання в техніці, в різних галузях промисловості, на транспорті, в комунальній сфері. Значення і якість результатів, одержуваних за допомогою теорії теплообміну.

Поняття про елементарні процесах передачі тепла: теплопровідність, конвективний теплообмін, променистий теплообмін; фізичні основи елементарного теплообміну.

Тепловіддача, теплопередача, поняття складного теплообміну.

Гіпотези Фур'є в теплопровідності і Ньютона-Рихмана в конвективної тепловіддачі.

Масообмін. Молекулярне і молярне перенесення маси. Конвективний масообмін. Взаємозв'язок процесів перенесення тепла і маси.

Змістовий модуль 2. Основні положення теорії теплопровідності.

Механізм теплопровідності в різних речовинах, макроскопічна модель теплопровідності.

Температурне поле і його різновиди. Тепловий потік і щільність теплового потоку.

Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності, його залежність від різних факторів.

Диференціальне рівняння теплопровідності, його виведення і аналіз, вид рівняння для різних умов. Коефіцієнт температуропровідності. Крайові умови для процесів теплопровідності (умови однозначності). Граничні умови для диференціального рівняння теплопровідності. Огляд методів вирішення диференціального рівняння теплопровідності.

Змістовий модуль 3. Теплопровідність і теплопередача при стаціонарному режимі

Види одновимірних тіл. Передача тепла через плоску стінку: розподіл температур, вплив змінності коефіцієнта теплопровідності. Розрахунок теплового потоку. Коефіцієнт теплопередачі і термічний опір. Багатошарова плоска стінка.

Передача тепла через циліндричну стінку: розподіл температур, вплив змінності коефіцієнта теплопровідності. Розрахунок теплового потоку. Коефіцієнт теплопередачі і термічний опір. Багатошарова циліндрична стінка, критичний діаметр стінки.

Передача тепла через сферичну стінку.

Врахування впливу оребрення.

Теплопровідність при наявності внутрішніх джерел тепла: пластина, круговий циліндр, циліндрична стінка.

Значення результатів, отриманих для одновимірних тіл в інженерній практиці, їх використання для розрахунку теплопровідності в тілах складної форми.

Змістовий модуль 4. Основні положення конвективного теплообміну. Основи теорії орожевого шару в підродинам и ці і

теплопередачі.

Конвективний теплообмін як сукупність молярного і молекулярного переносу. Тепловіддача. Закон Ньютона-Рихмана. Коефіцієнт тепловіддачі, локальний і середній коефіцієнти. Основні випадки тепловіддачі: тепловіддача в однофазних рідинах, при фазових і хімічних перетвореннях, при вимушеній та природній (вільній) конвекції.

Основні фізичні параметри, суттєві для процесів течії і тепловіддачі.

Поняття про гідродинамічний і тепловий проміжовий шари. Вплив на теплообмін форми течії рідини (ламінарна і турбулентна). Усереднення швидкостей і температур.

Система диференціальних рівнянь конвективної тепловіддачі. Умови однозначності.

Змістовий модуль 5. Основи теорії подібності та моделювання фізичних явищ.

Значення теорії подібності. Приведення диференціальних рівнянь конвективного теплообміну і умов однозначності до безрозмірного вигляду. Основні критерії подібності процесів теплопередачі. Критеріальні рівняння.

Загальні умови подібності фізичних процесів. Критерії визначальні і ті, що визначаються. Властивості подібних процесів. Методи аналізу розмірностей.

Сутність моделювання. Умови подібності процесів у зразку і моделі. Фізично однорідне і неоднорідне моделювання. Наближене моделювання.

Усереднення коефіцієнтів тепловіддачі, температури рідини по перетину і довжині каналу, локального температурного напору по довжині каналу. Визначальні параметри (температура, розмір) і їх вибір.

Узагальнення дослідних даних в критеріях подоби. Отримання і вид емпіричних рівнянь.

Змістовий модуль 6. Тепловіддача при зовнішньому вимушеному обтіканні поверхонь.

6.1. Тепловіддача при вимушеному омиванні плоскої поверхні

Структура гідродинамічного і теплового проміжових шарів (ПШ). Визначення меж ламинарного і турбулентного ПШ. Співвідношення товщин гідродинамічного і теплового ПШ. Врахування впливу змінності температур і фізичних параметрів на тепловіддачу.

Тепловіддача при ламинарному ПШ. Розрахункові рівняння.

Тепловіддача при турбулентному ПШ. Гідродинамічна теорія теплообміну і галузь її застосування. Розрахункові рівняння.

Розрахунок тепловіддачі при одночасній наявності ламинарного і турбулентного ПШ.

6.2. Тепловіддача при вимушеному поперечному обтіканні труб.

Вплив на тепловіддачу режиму течії в проміжовому шарі і відриву потоку. Середня тепловіддача. Розрахункові рівняння. Облік впливу ступеня турбулентності набігаючого потоку і кута натікання.

Основні типи пучків труб, їх геометричні характеристики. Ламінарний, турбулентний і змішаний режими омивання. Зміна інтенсивності тепловіддачі в залежності від номера ряду труб. Розрахункові рівняння. Врахування впливу на інтенсивність тепловіддачі ступеня турбулентності набігаючого потоку, геометричних параметрів пучка, кута натікання.

Змістовий модуль 7. Тепловіддача при вимушеній течії рідини в трубах.

Особливості течії та теплообміну в трубах. Структура течії і розподілу

температури, ділянки гідродинамічної та теплової стабілізації. В'язкостний і в'язкісно-гравітаційний режими течії.

Аналітичні методи розрахунку тепловіддачі при стабілізованій течії в трубах, їх вплив на форму критеріальних рівнянь.

Тепловіддача при ламінарному і турбулентному режимах течії рідини в трубах круглого перетину. Розрахункові рівняння. Перехідний режим.

Розрахунок тепловіддачі при течії рідини в трубах некруглого поперечного перерізу, в вигнутих трубах і трубах з шорсткістю.

Змістовий модуль 8. Тепловіддача при вільному русі рідини.

Фактори, що обумовлюють вільний рух рідини. Розподіл температур і швидкостей. Характер руху рідини уздовж вертикальної стінки і зміна коефіцієнта тепловіддачі по висоті.

Характер руху рідини поблизу горизонтальних труб і пластин.

Деякі результати теоретичного розрахунку тепловіддачі при природній конвекції. Експериментальні дослідження. Розрахункові рівняння.

Методика розрахунку тепловіддачі при природній конвекції в обмеженому просторі.

Змістовий модуль 9. Основні поняття і закони променистого теплообміну.

Природа теплового випромінювання, його відмінність від теплопровідності і конвекції. Спектр випромінювання, випромінювання монохроматическое та інтегральне.

Променистий потік. Щільність променистого потоку. Баланс теплоти падаючого випромінювання.

Поняття про абсолютно чорне тіло. Закони випромінювання абсолютно чорного тіла: закон Планка, закон Вина, закон Стефана-Больцмана, закон Кірхгофа, закон Ламберта.

Застосування законів випромінювання абсолютно чорного тіла до реальних тіл. Поняття про сіре тіло, ступінь чорноти тіла.

Змістовий модуль 10. Теплообмін випромінюванням між тілами в діатермічній середовищі.

Види променистих потоків: власне, відбите, ефективне, результуюче, падаюче і поглинене випромінювання; їх взаємозв'язок. Теплообмін випромінюванням.

Теплообмін випромінюванням в замкнутій системі двох сірих тіл; загальний випадок; тіла з плоско-паралельними поверхнями; поняття екрану і його вплив на теплообмін; тіло і його оболонка.

Теплообмін випромінюванням між двома тілами, довільно розташованими в просторі. Геометричні властивості променистих потоків.

Взаємні поверхні і кутові коефіцієнти. Методи визначення кутових коефіцієнтів випромінювання.

Розрахунок теплообміну випромінюванням в замкнутій системі абсолютно чорних тіл і відбиваючих поверхонь.

Змістовий модуль 11. Випромінювання газів і парів. Теплообмін випромінюванням в поглинаючому середовищі.

Особливості випромінювання, поглинання і розсіяння енергії у газових середовищах. Коефіцієнт поглинання, об'ємна інтенсивність власного випромінювання середовища, закон Бугера.

Коефіцієнти чорноти випромінювання вуглекислоти, водяної пари, їх сумішей, запилених газових середовищ.

Середня оптична довжина шляху променів і спосіб її визначення.

Рівняння переносу променевої енергії. Розрахунок променистого теплообміну між газом і поверхнею твердого тіла. Коефіцієнт Променистого теплообміну.

Складний теплообмін.

Змістовий модуль 12. Теплообмінні апарати - загальні відомості.

Призначення теплообмінних апаратів, приклади їх застосування в енергетиці, теплотехнології, комунальних системах, у побуті.

Класифікація теплообмінників за принципом дії: рекуперативні, регенеративні, змішувальні, з проміжним теплоносієм, з внутрішніми джерелами тепла. Характерні конструктивні схеми теплообмінників.

Основні параметри, що характеризують роботу теплообмінного апарату. Основні схеми руху теплоносіїв: прямоток, протитечія, поперечний рух, комбіновані схеми. Особливості роботи теплообмінників при зміні агрегатного стану теплоносіїв.

Види теплового розрахунку теплообмінника: при проектуванні і перевірочний. Рівняння, що використовуються в тепловому розрахунку. Задачі розрахунку теплообмінних апаратів.

Змістовий модуль 13. Основи теплового та гідравлічного розрахунків теплообмінних апаратів.

13.1. Тепловий розрахунок теплообмінників.

Рівняння теплового балансу і теплопередачі. Особливості їх застосування в інженерних розрахунках.

Середній температурний напір і його визначення для основних схем руху теплоносіїв. Порівняння прямотока і протитечії.

Тепловий розрахунок рекуперативного теплообмінного апарату при проектуванні. Застосування методу послідовних наближень. Визначення поверхні теплообміну при змінних коефіцієнті теплопередачі і теплоємності теплоносіїв. Випадок складного теплообміну. Особливості перевірочного розрахунку.

Тепловий розрахунок регенеративних та змішувальних теплообмінних апаратів.

13.2. Гідравлічний розрахунок теплообмінників. Деякі питання розрахунку на міцність.

Завдання гідравлічного розрахунку теплообмінних апаратів. Гідравлічні опори елементів

конструкції теплообмінників.

Розрахунок потужності нагнітачів, необхідної для переміщення теплоносіїв.

Деякі питання розрахунку на міцність елементів конструкції теплообмінників.

Змістовий модуль 14. Теплообмін при конденсації чистого пара.

Умови виникнення і протікання процесу конденсації пари. Плівкова і крапельна конденсація. Коефіцієнт конденсації.

Теплообмін при плівковій конденсації на вертикальних стінках. Ламінарний і турбулентний рух плівки конденсату. Хвильовий рух плівки та його вплив на тепловіддачу. Розрахунок середньої тепловіддачі. Вплив швидкості руху пари.

Тепловіддача при плівковій конденсації на горизонтальних грубах і пучках труб. Характер обтікання конденсатом пучків труб, зміна інтенсивності тепловіддачі по рядах, вплив швидкості руху пари та інших факторів. Розрахунок тепловіддачі.

Розрахунок теплообміну при крапельної конденсації пари.

Вплив перегріву і вологості пара на коефіцієнт тепловіддачі. Окремі завдання теплообміну при конденсації пари.

Змістовий модуль 15. Теплообмін при кипінні однокомпонентних рідин.

Умови виникнення процесу кипіння. Механізм кипіння рідини; перегрів і центри пароутворення; формування бульбашок пари; вплив смачиваємості, крайовий кут.

Збільшення, відрив і рух бульбашок пари. Мінімальний радіус центру пароутворення; зміна діаметра бульбашок у часі; відривний діаметр бульбашок.

Бульбашковий і плівковий режими кипіння. Способи підведення теплоти до стінки. Взаємозв'язок коефіцієнта тепловіддачі, щільності теплового потоку і температурного напору при кипінні у великому обсязі. Критичні щільності теплового потоку.

Фактори, що впливають на процес кипіння у великому об'ємі та інтенсивність тепловіддачі. Узагальнені та приватні емпіричні залежності для коефіцієнтів тепловіддачі. Розрахунок тепловіддачі при плівковому кипінні.

Теплообмін при кипінні рідини в горизонтальних і вертикальних трубах. Розрахунок тепловіддачі при кипінні в трубах.

Окремі питання теплообміну при кипінні однокомпонентної рідини.

Змістовий модуль 16. Спеціальні питання теплообміну.

16.1. Теплопередача обрешчених стінок.

Теплопровідність в стержні (ребрі) постійного поперечного перерізу. Теплопровідність круглого ребра постійної товщини. Теплопровідність прямого ребра змінного перерізу.

Теплопередача через плоску ребристу стінку. Теплопередача ребристих стінок.

16.2. Способи зміни інтенсивності теплообміну.

Аналіз впливу на коефіцієнт теплопередачі конструктивних і режимних факторів. Способи інтенсифікації теплообміну. Теплова ізоляція.

16.3. Теплопровідність при нестационарному режимі

Основні уявлення про методи вирішення задач теплопровідності при нестационарному режимі.

Теплопровідність тонкої пластини, довгого циліндра; аналіз рішень; окремі випадки.

Нагрівання (охолодження) паралелепіпеда і циліндра. Визначення кількості тепла переданого при нестационарній теплопровідності. Теплопровідність в умовах теплових хвиль.

Регулярний режим. Властивості температурного поля. Темп охолодження (нагрівання).

Наближені методи розрахунку задач теплопровідності при нестационарному режимі.

16.4. Спеціальні питання конвективного теплообміну.

Теплообмін при перебігу газу з великою швидкістю.

Тепловіддача при русі рідкокристалічних теплоносіїв.

Тепловіддача при наявності в рідині внутрішніх джерел тепла.

Тепловіддача розріджених газів.

Змістовий модуль 17. Тепло- і масообмін.

17.1. Тепло- і масообмін в двокомпонентних середовищах.

Практичне значення процесів тепло- і масообміну, що спільно йдуть. Механізм процесу. Щільність потоку маси.

Концентраційна дифузія. Термічна дифузія.

Конвективний масообмін. Про систему диференціальних рівнянь процесів тепло- і масообміну, що спільно проходять. Основні критерії подібності.

17.2. Тепло- і масообмін при фазових переходах в парогазових сумішах.

Тепло- та масовіддача при випаровуванні рідини в парогазове середовище. Балансові рівняння. Методи визначення коефіцієнтів тепло- і масовіддачі. Розподіл температур у вологому пористому тілі.

17.3. Тепло- і масообмін при хімічних перетвореннях.

Ентальпія газу з урахуванням енергії його утворення, ентальпія суміші газів.

Тепло- і масообмін при наявності хімічних реакцій, основні співвідношення. Рівновага; нерівноважні процеси.

Тематично-календарний план

Тижде н ь	Кільк. годин	Теми лекцій	Кільк. годин	Теми практичних занять
1	2	Основні поняття і закони променистого теплообміну	2	Теплообмін випромінюванням
2	2	Теплообмін випромінюванням між тілами в діаметричному середовищі	2	Теплообмін випромінюванням
3	2	Випромінювання газів і пари.	2	Випромінювання газів і пари
4	2	Теплообмін в середовищі, що поглинає	2	Теплообмінні апарати
5	2	Теплообмінні апарати. Загальні відомості	2	Тепловий розрахунок теплообмінників
6	2	Тепловий розрахунок теплообмінників.	2	Тепловий розрахунок теплообмінників
7	2	Тепловий розрахунок теплообмінників.	2	Тепловий розрахунок теплообмінників
8	2	Гідравлічний розрахунок теплообмінників	2	Гідравлічний розрахунок теплообмінників
<i>Модульний контроль</i>				
9	2	Теплообмін при конденсації чистої пари. Теплообмін при кипінні однокомпонентних речовин	2	Теплообмін при конденсації чистої пари
10	2	Теплопередача оребрених стінок. Способи зміни інтенсивності теплообміну	2	Теплообмін при кипінні однокомпонентних речовин
11	2	Теплопровідність при нестационарному режимі	2	Теплопередача оребрених стінок. Способи зміни інтенсивності теплообміну
12	2	Спеціальні питання конвективного теплообміну	2	Теплопровідність при нестационарному режимі
13	2	Тепло- і масообмін в двокомпонентних середовищах	2	Тепло- і масообмін в двокомпонентних середовищах
14	2	Тепло- і масообмін при фазових переходах в парогазових сумішах.	2	Тепло- і масообмін в двокомпонентних середовищах
15	2	Тепло- і масообмін при хімічних перетвореннях	2	Тепло- і масообмін при фазових переходах в парогазових сумішах
<i>Модульний контроль 2</i>				

Б. План виконання самостійних робіт

Назва роботи	Термін виконання завдання, годин	Примітка
Вивчення лекційного матеріалу	30	
Підготовка до практичних робіт	30	
Підготовка до лабораторних робіт	30	
Самостійна робота студента	90	

Інформаційні матеріали

Основна

1. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомёл А. С. Теплопередача: Учебник - М.: Энергоиздат, 1981.- 416 с.
2. Краснощеков Е. А., Сукомел А. С. Задачник по теплопередаче: Учебное пособие. - М.: Энергия, 1980. - 288 с.
3. Практикум по теплопередаче / Под ред. А. П. Солодова. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 296 с.

Допоміжна

1. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: Изд-во МЭИ, 2005. –550 с.
2. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники: Учебное пособие. – М.: Машиностроение – 1, 2002. – 260 с.
3. Задачник по тепломассообмену / Ф. Ф. Цветков, Р. В. Киримов, В. И. Величко. - М.: Изд-во. МЭИ, 1997. - 24 с.
4. Аметистов Е.В. Основы теории теплообмена: Учебное пособие. – М.: МЭИ, 2000. – 247 с.
5. Задачник по совместным процессам тепло- и массообмена. Ф. Ф. Цветков / Под ред. В. И. Величко. - М.: Изд-во МЭИ, 1997. - 24 с.
6. Теплообмен излучением. Задачи и упражнения. Ф,Ф, Цветков, В.И. Салохин. / Под ред. В.Ю. Демьяненко. – М.: Изд-во МЭИ, 1997. – 64 с.
7. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. - М.: Атомиздат, 1979. - 416 с.
8. Галин Н. М., Кириллов П. Л. Тепломассообмен (в ядерной энергетике). - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 376 с.
9. Петухов Б. С., Генин Л. Г., Ковалёв С. А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 472 с.
10. Кафаров В. В. Основы массопередачи. - М.: Высшая школа, 1979. - 439 с.
11. Крейт Ф., Блэк У. Основы теплопередачи: Пер. с англ. - М.: Мир, 1983. - 512 с.
12. Юдаев Б. Н. Теплопередача. - М.: Высшая школа, 1981. - 320 с.
13. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. - М.: Энергия, 1977. - 344 с.
14. Теоретические основы хладотехники. Тепломассообмен / Под ред. Э. И. Гуйго. - М.: Агропромиздат, 1986. - 320 с.
15. Авчухов В. В., Паюсте Б. Я. Задачник по процессам тепломассообмена: Учебное пособие для ВУЗов. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 144 с.
16. Дульнев Г. Н. и др. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена: Учебное пособие для теплофизических и теплоэнергетических специальностей ВУЗов / Г. Н. Дульнев, В. Г. Парфёнов, А. Г. Сигалов. М.: Высшая школа, 1990. - 207 с.
17. Монографии
18. Жукаукас А. А. Конвективный перенос в теплообменниках. М.:Наука, 1982.- 472 с.
19. Чи С. Тепловые трубы: теория и практика / Пер. с англ. В. Я. Сидорова. - М.: машиностроение, 1981. - 207 с.

20. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен. В 2-х книгах, кн. 1. Пер. с англ. - М.: Мир, 1991. - 678 с.
21. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен. В 2-х книгах, кн. 2. Пер. с англ. - М.: Мир, 1991. - 528 с.
22. Закрученные потоки: Пер. с англ. / Гупта А., Липли Д. Сайред Н.: Мир, 1987. - 588 с.
23. Себси Т., Брэдшоу П. Конвективный теплообмен. Физические основы и вычислительные методы. Пер. с англ. - М.: Мир, 1987. - 592 с.
24. Ши Д. Численные методы в задачах теплообмена: Пер. с англ. -М.: Мир,1988. - 544 с.
25. Справочники
26. Лыков А. В. Теплообмен (Справочник). 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергия, 1978. - 480 с.
27. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент. Справочник под ред. В. А. Григорьева и В. М. Зорина. - М.: Энергоиздат, 1982. - 515 с.
28. Справочник по теплообменникам: в 2 Т. Т. 1 / Пер. с англ., под ред. В. С Петухова, В. К. Шикова. - М.: Энергоиздат, 1987. - 560 с.
29. Справочник по теплообменникам: в 2 Т. Т. 2 / Пер. с англ., под ред. О. Г. Мартыненко и др., М.: Энергоатомиздат, 1987. - 352 с.
30. Справочник по теплообменным аппаратам / П. И. Бажан, Г. Е. Каневец, В. М. Селиверстов. - М.: Машиностроение, 1989. - 367 с.
31. Кутателадзе С. С. Теплоотдача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие. М.: Энергоатомиздат, 1990. - 367 с.
32. Блох А. Г. и др. Теплообмен излучением: Справочник / А. Г. Блох, Ю. А. Журавлёв, Л. Н. Рыжков. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 432 с.
33. Основы расчёта и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: Справочник / А. Н. Бессонный, Г. А. Дрейцер, В. Б. Кунтыш и др.: под общ. ред. В. Б. Кунтыша, А. Н. Бессонного. - СПб.: Недра, 1996. - 512 с.
34. Примеры расчета нестандартизованных эффективных теплообменников / В.Б. Кунтыш, А.Н. Бессонный, Г.А. Дрейцер, И.Ф. Егоров : под общ. ред. В. Б. Кунтыша. - СПб.: Недра, 2000. - 300 с.

5. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

1. <http://metod.kart.edu.ua/>
2. http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1536/u_lecture.pdf
3. <http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2013/Orlov.pdf>
4. <http://k204.ru/books/Mihatulin.pdf>
5. http://ispu.ru/files/u2/Teplomassoobmen. Uchebnoe_posobie_dlya_bakalavrov.pdf

Правила оцінювання

Методи контролю: Усне опитування, поточний контроль, модульний контроль (тести), підсумкове тестування, іспит. При оцінюванні результатів навчання керуватися Положенням про контроль та оцінювання якості знань студентів в УкрДУЗТ (<http://kart.edu.ua/images/stories/akademiya/documentu-vnz/polojennya-12-2015.pdf>).

Згідно з Положенням про впровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу використовується 100-бальна шкала оцінювання.

Принцип формування оцінки за модуль у складі залікових кредитів за 100-бальною шкалою наведено далі. Максимальна кількість балів, яку може набрати студент за різними видами навчального навантаження:

Відвідування лекцій:

Бали за цю складову нараховуються взагалі, якщо студент не відвідував більш 50% лекційних занять у модулі без поважних причин. За відвідування кожної лекції

нараховується бали. **Максимальна сума становить 40 балів.**

Практичні заняття:

Оцінюються за відвідуваннями (до 5 балів), ступенем залученості (до 5 балів) та виконання практичних задач (до 10 балів). Ступінь залученості визначається участю у роботі в аудиторії. **Максимальна сума становить 20 балів.**

Модульне тестування:

Оцінюються за вірними відповідями на тестові модульні питання (15 питань в тесті, кожна вірна відповідь оцінюється в 2,67 бали). **Максимальна кількість становить 40 балів за модуль.**

Іспит:

- Студент отримує оцінку за іспит за результатами модульного 1-го та 2-го контролю шляхом накопичення балів. Максимальна кількість балів, яку може отримати студент становить 100 (до 60 балів поточного контролю та до 40 балів тестування). Середнє арифметичне суми модульних оцінок складає заліковий бал. Якщо студент не погоджується із запропонованими балами він може підвищити їх на іспиті, відповівши на питання білету.

При заповненні заліково-екзаменаційної відомості та залікової книжки (індивідуального навчального плану) студента, оцінка, виставлена за 100-бальною шкалою, повинна бути переведена до державної шкали (5, 4, 3,) та шкали ECTS (A, B, C, D, E)

Визначення назви за державною шкалою(оцінка)	Визначення назви за шкалою ECTS	За 100 бальною шкалою	ECTS оцінка
ВІДМІННО – 5	<u>Відмінно</u> – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90-100	A
ДОБРЕ – 4	<u>Дуже добре</u> – вище середнього рівня з кількома помилками	82-89	B
	<u>Добре</u> – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	75-81	C
ЗАДОВІЛЬНО - 3	<u>Задовільно</u> - непогано, але зі значною кількістю недоліків	69-74	D
	<u>Достатньо</u> – виконання задовольняє мінімальні критерії	60-68	E
НЕЗАДОВІЛЬНО - 2	<u>Незадовільно</u> – потрібно попрацювати перед тим як отримати залік або екзамен (без повторного вивчення модуля)	35-59	FX
	<u>Незадовільно</u> - необхідна серйозна подальша робота (повторне вивчення модуля)	<35	F

Вразі, якщо студент пропустив заняття з будь яких причин, у нього є можливість для отримання додаткових балів. Це можна зробити за рахунок виконати презентації на тему, яку було пропущено.

Очікувані результати навчання

Після вивчення дисципліни «Тепломасобміну» студент повинен знати базові закони теорії теплопровідності, конвективного теплообміну, теплообміну випромінюванням, інженерні методи розрахунку для елементарних процесів теплообміну, закономірності теплообміну при кипінні та конденсації чистих речовин, методи аналізу складного теплообміну, види теплообмінних апаратів та методи їх розрахунку, методи зміни інтенсивності теплообміну, основи тепло- і масообміну в

двокомпонентних середовищах, при фазових переходах, при хімічних реакціях.
Самостійно використовувати набуті знання у професійній діяльності.

Кодекс академічної доброчесності

Порушення Кодексу академічної доброчесності Українського державного університету залізничного транспорту є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним. Кодекс доступний за посиланням:

<http://kart.edu.ua/documentu-zvo-ua>

Зокрема, дотримання Кодексу академічної доброчесності УкрДУЗТ означає, що вся робота на іспитах та заліках має виконуватися індивідуально. Під час виконання самостійної роботи студенти можуть консультуватися з викладачами та з іншими студентами, але повинні самостійно розв'язувати завдання, керуючись власними знаннями, уміннями та навичками. Посилання на всі ресурси та джерела (наприклад, у звітах, самостійних роботах чи презентаціях) повинні бути чітко визначені та оформлені належним чином. У разі спільної роботи з іншими студентами над виконанням індивідуальних завдань, ви повинні зазначити ступінь їх залученості до роботи.

Інтеграція студентів із обмеженими можливостями

Вища освіта є провідним чинником підвищення соціального статусу, досягнення духовної, матеріальної незалежності і соціалізації молоді з обмеженими функціональними можливостями й відображає стан розвитку демократичних процесів і гуманізації суспільства.

Для інтеграції студентів із обмеженими можливостями в освітній процес Українського державного університету залізничного транспорту створена система дистанційного навчання на основі сучасних педагогічних, інформаційних, телекомунікаційних технологій.

Доступ до матеріалів дистанційного навчання з цього курсу можна знайти за посиланням: <http://do.kart.edu.ua/>