



**Теоретичні основи теплотехніки**  
**Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)**

**Реквізити навчальної дисципліни**

<b>Рівень вищої освіти</b>	<b>Перший (бакалаврський)</b>
<b>Галузь знань</b>	13 Механічна інженерія
<b>Спеціальність</b>	131 Прикладна механіка
<b>Освітня програма</b>	Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій
<b>Статус дисципліни</b>	Нормативна
<b>Форма навчання</b>	Очна (І.П.)
<b>Рік підготовки, семестр</b>	1 курс, весняний семестр
<b>Обсяг дисципліни</b>	3 кредити (90 годин)
<b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>	Залік Домашня контрольна робота
<b>Розклад занять</b>	3 години на тиждень (2 година лекційних, 1 година лабораторних занять)
<b>Мова викладання</b>	Українська
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	Лектор: проф., д.т.н. Панов Євген Миколайович, <a href="https://cpsm.kpi.ua/panov-evgen-mikolajovich.html?tmpl=component">https://cpsm.kpi.ua/panov-evgen-mikolajovich.html?tmpl=component</a> Лабораторні заняття: доц., к.т.н. Васильченко Геннадій Миколайович <a href="https://cpsm.kpi.ua/vasilchenko-gennadij-mikolajovich.html?tmpl=component">https://cpsm.kpi.ua/vasilchenko-gennadij-mikolajovich.html?tmpl=component</a>
<b>Розміщення курсу</b>	Платформа «Сікорський»: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/user/profile.php?id=15283">https://do.ipk.kpi.ua/user/profile.php?id=15283</a>

**Програма навчальної дисципліни**

**1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання**

Розробка сучасної вітчизняної техніки, зокрема – лазерної техніки і обладнання, призначеної для широкого практичного застосування, є складною та важливою інженерно-технічною проблемою. Особливо це важливо для України, яка є потужною державою з розвинутою машинобудівною та приладобудівною промисловістю. Лазерна техніка дозволяє вирішувати ряд фізико-технічних та технологічних проблем щодо виготовлення високоточних та мініатюрних технічних виробів, які важко (а то і взагалі неможливо) виготовити за допомогою існуючого (часто застарілого) технологічного обладнання.

При використанні потужного лазерного обладнання необхідними є технічні системи охолодження теплонапружених зон та елементів лазерів. Враховуючи той факт, що повітряне охолодження активних зон лазерів має певні обмеження (обумовлені, зокрема, відносно низькими значеннями коефіцієнтів тепловіддачі, типовими при охолодженні повітрям чи газами) і неможливість, таким чином, забезпечити «нормальні» теплові режими, необхідні для надійного функціонування лазерної техніки, інженерам-розробникам, разом з інженерами-конструкторами та технологами, потрібно створювати та надійно експлуатувати нові системи охолодження і термостабілізації лазерів, побудовані, зокрема, із застосуванням більш ефективних методів (рідинне охолодження, теплові трубки).

**Предметом навчальної дисципліни** «Теоретичні основи теплотехніки» є реалізація сучасних інженерних підходів щодо надійного володіння теплофізичними і теплотехнічними основами і підходами, необхідними при створенні та експлуатації сучасної лазерної техніки. Лазери і обладнання для їх експлуатації активно впроваджуються у наші часи у різних галузях вітчизняної промисловості, забезпечуючи високі результати розробок і експлуатації нової вітчизняної техніки та, відповідно, нового технологічного обладнання, при умові їх тривалої промислової експлуатації.

У значній мірі вирішення проблем створення та експлуатації високоякісної лазерної техніки вітчизняного виробництва визначається рівнем підготовки фахівців, які працюють у різних галузях промисловості; здебільшого – на підприємствах, де створюють та експлуатують високоякісні лазерні пристрої-системи, з високими показниками ефективності та роботоздатності.

Для успішного вирішення вищезазначених завдань та рішення технічних проблем, що постійно з'являються при швидкому розвитку техніки і промисловості, фахівці з лазерної техніки мають володіти необхідною інформацією, вміти вирішувати складні, зокрема, теплофізичні проблеми інженерної розробки і експлуатації такої техніки на високому науково-технічному рівні.

Студент отримує комплекс знань в області сучасних технологій, наукових розробок сучасної лазерної техніки та обладнання (зокрема – систем повітряного та рідинного охолодження лазерів), комплексу умінь та навиків, необхідних для проведення наукових досліджень у даному напрямку; також – для створення сучасних методів розробки і експлуатації лазерного обладнання.

#### **1.1. Мета навчальної дисципліни «Теоретичні основи теплотехніки»**

Метою вивчення даної дисципліни є формування у бакалаврів теоретичних основ теплотехніки, комплексу знань в області сучасних технологій, наукових розробок сучасної лазерної техніки та обладнання (зокрема – систем повітряного та рідинного охолодження лазерів), необхідних для проведення наукових досліджень у даному напрямку; також для створення сучасних методів розробки і експлуатації лазерного обладнання.

Відповідно до мети підготовка бакалаврів за даною спеціальністю вимагає формування наступних **компетентностей** щодо вимог освітньої програми:

1.Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.( ЗК 2)

2.Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.( ЗК 6)

3.Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки. (ФК 1)

4.Здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні основних механічних теорій та практик, а також базових знаннях суміжних наук.( ФК 10)

А також додатково дисципліна сформує:

- здатність проводити аналіз, оцінку і синтез нових технічних ідей (щодо лазерної техніки);
- здатність розробляти та реалізовувати нові проекти, включаючи власні дослідження;
- здатність адаптувати і узагальнювати результати сучасних розробок та досліджень у галузі лазерної техніки, для вирішення наукових, інженерних та практичних проблем.

**1.2.** Згідно до вимог освітньої програми, студенти після її засвоєння навчальної дисципліни «Теоретичні основи теплотехніки», мають продемонструвати такі **програми результати навчання**:

1. Використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань. (РН 2)

2. Знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідин і газів, теплотехніку, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв'язки прикладної механіки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми. (РН 9)

А також додатково дисципліна допоможе сформувати:

- знання пріоритетних державних напрямів розвитку науки, техніки і технологій у фаховій і суміжних областях; зокрема, тих, що стосуються лазерної техніки та відповідного технічного обладнання;
- знати основи теплотехніки, необхідні для інженерного її застосування, зокрема: при розробці нових теплотехнічних систем, призначених як для нагрівання (виробів), так і при створенні систем охолодження теплонапружених елементів лазерного, зокрема, обладнання;
- професійно обробляти, аналізувати, узагальнювати і науково обґрунтовувати наукові результати досліджень та інноваційних рішень, що стосуються як лазерної техніки, так і систем охолодження її елементів;
- знання теоретичних та практичних основ дисципліни «Теоретичні основи теплотехніки»;
- знання теплофізичних основ при дії концентрованих теплових потоків на матеріали і вироби;
- обґрунтовувати вибір (конструкцію) лазерного обладнання, в залежності від фізикотехнічних умов, обумовленими технічними завданнями щодо виготовлення певної продукції;
- уміти розроблявати допоміжне обладнання, згідно з технічними умовами та завданнями щодо виготовлення продукції, згідно з вимогами та завданнями;
- рішення інших фізико-технічних задач, виникаючих при роботі лазерного обладнання;
- знання принципів і методів конструювання і експлуатації основного лазерного та допоміжного обладнання;
- знання методів і методики виконання необхідних інженерних розрахунків лазерного обладнання та відповідних пристроїв;
- рекомендації щодо необхідної технічної літератури.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дисципліні «Теоретичні основи теплотехніки» передують навчальні дисципліни: "Вища математика", "Хімія", "Загальна фізика", "Теоретична механіка", "Матеріалознавство". Дана дисципліна забезпечує дисципліни: "Механіка матеріалів і конструкцій", "Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів", "Механіка рідини і газу".

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Вступ. Предмет дисципліни «Теоретичні основи теплотехніки» Теплові процеси в технологіях металообробки і машинобудування
Тема 1. Теплопровідність матеріалів
Температурні поля. Градієнт температур. Теплові потоки. Закон Фур'є. Коефіцієнти теплопровідності металів, сплавів, рідин, газів
Тема 2. Фізичні процеси і рівняння теплопровідності
Диференціальне рівняння теплопровідності Фур'є. Інтерпретація рівняння Фур'є. Коефіцієнти температуропровідності.
Крайові умови (умови однозначності). Схематизація умов для типових інженерних задач. Аналітичні та чисельні методи рішень диференціальних рівнянь

<i>Тема 3. Теплопровідність фізичних тіл у стаціонарних теплових режимах</i>
<i>Теплопровідність плоских стінок. Термічний опір. Багатошарові плоскі стінки. Коефіцієнти теплопередачі. Теплоізоляція</i>
<i>Теплопровідність циліндричних стінок. Багатошарові циліндричні стінки. Критичний діаметр циліндричної стінки та теплоізоляції</i>
<i>Теплопровідність фізичних тіл з внутрішніми джерелами тепла.</i>
<i>Способи інтенсифікації теплопередачі. Теплопровідність у стрижнях і ребрах. Параметр і ефективність ребра. Фізичні основи ребрення. Форма ребер та її вплив на процеси теплопровідності</i>
<i>Тема 4. Теплопровідність фізичних тіл у нестаціонарних теплових режимах</i>
<i>Особливості нестаціонарних теплових режимів. Методи вирішення задач, типових для нестаціонарних режимів. Чисельні методи рішень</i>
<i>Числа подібності Біо і Фур'є. Безрозмірні координати фізичних тіл і безрозмірна температура. Номограми <math>\Theta = f(Fo)</math> для рішення задач (пластина, циліндр, куля)</i>
<i>Тема 5. Теплофізичні процеси, типові при лазерній обробці матеріалів</i>
<i>Чисельні методи вирішення задач стаціонарної та нестаціонарної теплопровідності у тілах кінцевих розмірів. Метод джерел для вирішення задач</i>
<i>Застосування методу джерел для вирішення задач теплопровідності при постійних температурах і теплових потоках</i>
<i>Теплові процеси в матеріалах при лазерному нагріванні. Задачі теплопровідності у твердих фізичних тілах при їх лазерній обробці</i>
<i>Тема 6. Основи конвективного теплообміну</i>
<i>Закон Ньютона-Ріхмана. Коефіцієнти тепловіддачі. Вільна і вимушена конвекція. Ламінарний і турбулентний режими руху газів і рідин. Диференціальні рівняння конвективного теплообміну</i>
<i>Основи теорії подібності. Рівняння подібності для розрахунків інтенсивності конвективного теплообміну на плоских та циліндричних поверхнях. Теплообмін при фазових перетвореннях</i>
<i>Тема 7. Основи теплообміну випромінюванням</i>
<i>Фізичні основи теплообміну в процесах випромінювання. Основні закони випромінювання. Характеристики фізичних тіл в умовах випромінювання.</i>
<i>Методика рішення теплофізичних задач при теплообміні випромінюванням. Теплові екрани. Складний теплообмін. Умовні випромінювальні коефіцієнти тепловіддачі. Випромінювання газів</i>

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

##### **Базова література**

1. Теоретичні основи теплотехніки. Константинов С.М., Панов Є.М. – Київ: Вид-во «Золоті ворота», 2012. – 592 с.
2. Теплообмін. Константинов С.М. Теплообмін. – Київ: «Політехніка», 2005. – 303 с.
3. Луцук Р.В. Теплообмін. – К.: КНУТД, 2004. – 126 с.
4. Збірник задач з технічної термодинаміки та теплообміну: навч. посібник. Константинов С.М., Луцук Р.В. – К.: «Освіта України», 2009. – 543 с.

##### **Додаткова література**

5. Процеси та апарати хімічної технології. Навч. посібник з курсового проектування. Дубинін А.І., Гаврилів І.О., Гузьова І.О. – Львів, Львівська політехніка. – 2012. – 360 с.
6. Загальна хімічна технологія. Яворський В.Т., Перекупко Т.В., Знак З.О., Савчук Л.В. – Львів, Вид-во Львівської політехніки. – 2014. – 360 с.



7. Процеси і апарати харчових виробництв. Марценюк О.С., Мельник Л.М. –Підручник. К.: НУХТ, 2011. – 408 с.
8. Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів: навч. посібник. Дубинін А.І., Атаманюк В.М., Дулеба В.П., Симак Д.М. – За ред. Дубиніна А.І. –Навч. посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 292 с.

### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. Робоча програма кредитного модуля (силабус) - у системі «Кампус», на платформі «Сікорський» та на сайті кафедри (факультета);
2. Рейтингова система оцінювання у системі «Кампус» на платформі «Сікорський»;
3. Конспект лекцій та дистанційний курс на платформі «Сікорський» (<https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=2523>).

### **Навчальний контент**

#### **5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

##### **Лекційні заняття (36 годин)**

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни «Теоретичні основи теплотехніки», рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі лекції творчої роботи студентів спільно з викладачем;
- виховання у студентів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- формування у студентів необхідного інтересу та надання напрямку для самостійної роботи;
- визначення на сучасному рівні розвитку науки в області сучасних методів та процесів лазерної техніки та відповідного обладнання, прогнозування їх розвитку на найближчі роки;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій; чітко і адекватне їх формулювання);
- використання для демонстрації наочних матеріалів; поєднання, по можливості, їх з демонстрацією отриманих результатів і зразків;
- викладання матеріалів досліджень чіткою і якісною мовою з дотриманням структурнологічних зв'язків, роз'яснення всіх нововведених термінів і понять;
- доступність для сприйняття матеріалів даною аудиторією.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань	Години
1.	Вступ. Предмет дисципліни «Теоретичні основи теплотехніки» Теплові процеси у технологіях металообробки і машинобудування. Тема 1.1 Основні поняття, терміни та закони. Температурні поля. Градієнти температур. Теплові потоки. Закон Фур'є. Коефіцієнти теплопровідності металів, сплавів, рідин, газів. Перелік дидактичних засобів: підручники, навчальні посібники, технічні засоби навчання (ТЗН), обладнання лабораторій, ЕОМ; інші засоби. Література: [1-2;5-6] Завдання на СРС: ознайомлення з матеріалами лекції, відповідно до списку літератури та дистанційний курс на платформі «Сікорський» ( <a href="https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=2523">https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=2523</a> )	3
2.	Тема 1.2. Фізичні процеси і рівняння теплопровідності. Диференціальне рівняння	3

	<p>теплопровідності Фур'є. Інтерпретація рівняння Фур'є. Коефіцієнти температуропровідності. Крайові умови (умови однозначності). Схематизація крайових умов для типових технічних задач. Аналітичні та чисельні методи рішень диференціальних рівнянь.</p> <p>Перелік дидактичних засобів: підручники, навчальні посібники, технічні засоби навчання (ТЗН), обладнання, лабораторії, ЕОМ та інші засоби. Література: [1-4;5-8]. Завдання на СРС: ознайомлення з матеріалами лекції, відповідно до списку літератури та дистанційний курс на платформі «Сікорський» (<a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523</a>)</p>	
3.	<p>Тема 1.3. Теплопровідність фізичних тіл у стаціонарних та нестаціонарних теплових режимах</p> <p>Теплопровідність плоских стінок. Термічний опір. Багатошарові плоскі стінки. Коефіцієнти теплопередачі. Теплоізоляція. Теплопровідність циліндричних стінок. Багатошарові циліндричні стінки. Поняття про критичний діаметр циліндричної стінки і теплоізоляції. Теплопровідність фізичних тіл з внутрішніми джерелами тепла. Способи інтенсифікації теплопередачі. Теплопровідність у стрижнях і ребрах. Параметр і ефективність ребра. Фізичні основи оребрення. Форма ребер та її вплив на процеси теплопровідності.</p> <p>Перелік дидактичних засобів: підручники, навчальні посібники, технічні засоби навчання (ТЗН), обладнання, лабораторії, ЕОМ та інші засоби. Література: [1-4;5-8]. Завдання на СРС: ознайомлення з матеріалами лекції, відповідно до списку літератури та дистанційний курс на платформі «Сікорський» (<a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523</a>)</p>	4
4.	<p>Тема 1.4. Теплофізичні процеси, типові при лазерній обробці матеріалів</p> <p>Особливості нестаціонарних теплових режимів. Методи вирішення задач, типових для нестаціонарних режимів. Чисельні методи рішень. Числа подібності Біо і Фур'є. Безрозмірні координати фізичних тіл і безрозмірна температура. Номограми <math>\Theta = f(Fo)</math> для рішення прикладних задач (пластина, циліндр, куля). Перелік дидактичних засобів: підручники, навчальні посібники, технічні засоби навчання (ТЗН), обладнання, лабораторії, ЕОМ та інші засоби. Література: [1-4;5-8]. Завдання на СРС: ознайомлення з матеріалами лекції, відповідно до списку літератури та дистанційний курс на платформі «Сікорський» (<a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523</a>)</p>	4
5.	<p>Тема 1.5. Теплопровідність матеріалів. Фізичні процеси і рівняння теплопровідності. Рішення задач, згідно з тематикою розділу. Перелік дидактичних засобів: підручники, навчальні посібники, технічні засоби навчання (ТЗН), обладнання, лабораторії, ЕОМ та інші засоби. Література: [1-4;5-8]. Завдання на СРС: ознайомлення з матеріалами лекції, відповідно до списку літератури та дистанційний курс на платформі «Сікорський» (<a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523</a>)</p>	4
6.	<p>Тема 1.6. Теплопровідність фізичних тіл у стаціонарних теплових режимах. Рішення задач, згідно з тематикою розділу. Перелік дидактичних засобів: підручники, навчальні посібники, технічні засоби навчання (ТЗН), обладнання, лабораторії, ЕОМ та інші засоби. Література: [1-9;10-22]. Завдання на СРС: ознайомлення з матеріалами лекції, відповідно до списку літератури</p>	4

	Література: [1-4;5-8]. Завдання на СРС: ознайомлення з матеріалами лекції, відповідно до списку літератури та дистанційний курс на платформі «Сікорський» ( <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523</a> )	
7.	Тема 1.7.Теплопровідність фізичних тіл у нестационарних теплових режимах. Рішення задач, згідно з тематикою розділу. Перелік дидактичних засобів: підручники, навчальні посібники, технічні засоби навчання (ТЗН), обладнання, лабораторії, ЕОМ та інші засоби. Література: [1-4;5-8]. Завдання на СРС: ознайомлення з матеріалами лекції, відповідно до списку літератури та дистанційний курс на платформі «Сікорський» ( <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523</a> )	4
8.	Тема 2.8.Процеси конвективного теплообміну. Рішення задач, згідно з тематикою розділу. Перелік дидактичних засобів: підручники, навчальні посібники, технічні засоби навчання (ТЗН), обладнання, лабораторії, ЕОМ та інші засоби. Література: [1-4;5-8]. Завдання на СРС: ознайомлення з матеріалами лекції, відповідно до списку літератури та дистанційний курс на платформі «Сікорський» ( <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523</a> )	4
9.	Тема 3.9.Теплообмін при випромінюванні Рішення задач, згідно з тематикою розділу. Перелік дидактичних засобів: підручники, навчальні посібники, технічні засоби навчання (ТЗН), обладнання, лабораторії, ЕОМ та інші засоби. Завдання на СРС. Література: [1-4;5-8]. Завдання на СРС: ознайомлення з матеріалами лекції, відповідно до списку літератури та дистанційний курс на платформі «Сікорський» ( <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523</a> )	4
10.	Залік	2
	<b>Всього</b>	<b>36</b>

### Практичні заняття

Робочим навчальним планом з дисципліни «Теоретичні основи теплотехніки» практичні заняття не передбачено.

### Лабораторні заняття (18 години)

Метою циклу лабораторних робіт з кредитного модуля є закріплення теоретичних знань, формування умінь користуватися спеціальним технічним обладнанням, розвинути інженерно-технічне мислення, користуватися експериментальними методами та їх підтвердити. Лабораторні заняття виконують не тільки пізнавальну і виховну функції, але й сприяють, певним чином, інженерно-технічному зростанню студентів, як творчих працівників спеціалістів у галузі розробки і експлуатації сучасної лазерної техніки та відповідного обладнання.

Основні завдання циклу лабораторних занять:

- систематизувати, закріпити та поглибити знання практичного характеру в області сучасних методів і технологій теплопередачі, лазерної техніки та відповідного технічного обладнання;
- навчити студентів реальним методам вирішення інженерних задач, сприяти оволодінню навичками уміння роботи з технічним обладнанням, аналізу отриманих інженерних результатів, виконанню поставлених практичних та інших завдань;
- навчити практично працювати з технічним обладнанням, необхідним для засвоєння навчального курсу;

- опановувати методи, способи і прийоми роботи з технічним обладнанням, приладами та апаратурою;
- виконати ряд експериментальних досліджень у лабораторних умовах; проаналізувати отримані результати;
- виконати самостійно обробку отриманих результатів, згідно з посібником з ЛПР;
- оформити результати лабораторних робіт (у виді розрахунків та графіків) у звіті;
- захистити отримані результати ЛПР.

№ з/п	Назва роботи	Кількість ауд. годин
1.	Лабораторна робота 1. Визначення коефіцієнту теплопровідності матеріалів стаціонарним методом з використанням плоских зразків. Завдання на СРС, згідно з тематикою розділу. Література: [1-4;5-8]; конспект лекцій та дистанційний курс на платформі «Сікорський» ( <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523</a> )	4
2.	Лабораторна робота 2. Визначення коефіцієнту тепловіддачі для плоскої стінки при вільній конвекції. Завдання на СРС, згідно з тематикою розділу. Література: [1-4;5-8]; конспект лекцій та дистанційний курс на платформі «Сікорський» ( <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523</a> )	4
3.	Лабораторна робота 3. Визначення коефіцієнту тепловіддачі при вільній конвекції та зміні кута нахилу циліндру. Завдання на СРС, згідно з тематикою розділу. Література: [1-4;5-8]; конспект лекцій та дистанційний курс на платформі «Сікорський» ( <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523</a> )	4
4.	Лабораторна робота 4. Визначення теплових потоків для умов складного теплообміну. Завдання на СРС, згідно з тематикою розділу. Література: [1-4;5-8]; конспект лекцій та дистанційний курс на платформі «Сікорський» ( <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2523</a> )	4
5.	Захист і здача звіту з лабораторних робіт	2
Всього		18



## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 40 % часу вивчення дисципліни, включаючи і підготовку до заліку. Головне завдання самостійної роботи бакалаврів – це опанування знань, що не увійшли у перелік лекційних питань шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі. У процесі самостійної роботи в рамках освітнього компоненту бакалавр повинен навчатися аналізувати сучасні джерела, навчальну літературу, користуватись сертифікатними дистанційними курсами.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
<b>Розділ 1</b>		
1	Курс: «Теоретичні основи теплотехніки» Тема 1. Зміст і задачі дисципліни Основні поняття, терміни та закони у теплотехніці. Температурні поля у фізичних тілах та середовищах. Градієнти температур у фізичних тілах (фізична сутність поняття «градієнт температур»). Теплові потоки (фізична сутність) Література: [1-4;5-8]	2
2	Тема 2. Фізичні процеси і рівняння теплопровідності Закон Фур'є (фізична сутність). Коефіцієнти теплопровідності та температуропровідності металів, сплавів, рідин, газів. Інтерпретація рівняння Фур'є. Коефіцієнти температуропровідності. Крайові умови (умови однозначності). Схематизація крайових умов для типових технічних задач. Аналітичні та чисельні методи рішень диференціальних рівнянь Література: [1-9;10-22]	2
3	Тема 3. Теплопровідність фізичних тіл у стаціонарних та нестаціонарних теплових режимах Теплопровідність плоских стінок. Термічний опір. Багатошарові плоскі стінки. Коефіцієнти теплопередачі. Теплоізоляція. Теплопровідність циліндричних стінок. Багатошарові циліндричні стінки. Поняття про критичний діаметр циліндричної стінки і теплоізоляції. Теплопровідність фізичних тіл з внутрішніми джерелами тепла. Способи інтенсифікації теплопередачі. Теплопровідність у стрижнях і ребрах. Параметр і ефективність ребра. Фізичні основи ребрення. Форма ребер та її вплив на процеси теплопровідності.	2
<b>Розділ 2</b>		
4	Тема 4. Теплофізичні процеси при обробці матеріалів Чисельні методи рішень. Числа подібності Біо і Фур'є. Безрозмірні координати фізичних тіл і безрозмірна температура. Номограми $\Theta = f(Fo)$ для рішення прикладних задач (пластина, циліндр, куля)	3
<b>Розділ 3</b>		
5	Тема 5. Особливості нестаціонарних теплових режимів. Методи вирішення задач, типових для нестаціонарних режимів. Чисельні методи	3

	рішень	
<b>Розділ 4</b>		
6	Тема 6. Теплопровідність фізичних тіл з внутрішніми джерелами тепло особливостей фізичних процесів	3
<b>Розділ 5</b>		
7	Тема 7. Теплофізичні процеси при лазерній обробці матеріалів Особливості фізичних процесів	3
<b>Розділ 6</b>		
8	Тема 8. Основи конвективного теплообміну Основи теорії подібності. Рівняння подібності для розрахунків інтенсивності конвективного теплообміну на плоских та циліндричних поверхнях. Теплообмін при фазових перетвореннях	3
9	Тема 9. Фізика теплообміну випромінюванням. Параметри фізичних тіл щодо випромінювання. Основні закони випромінювання. Методика рішення теплофізичних задач при теплообміні випромінюванням. Теплові екрани. Складний теплообмін. Умовні випромінювальні коефіцієнти тепловіддачі. Випромінювання газів	3
10	Виконання домашньої контрольної роботи	8
11	Підготовка до заліку	4
	Всього	36

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. Студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

#### Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з дисципліни. Сума балів не може перевищувати 25% від рейтингової шкали.
- штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

#### Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

#### Політика академічної доброчесності

Плагіат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань при використанні друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

### **Політика академічної поведінки і етики**

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати у коректній формі, конструктивно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначено у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

## **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

*Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни:*

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин			Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Лаб. роб.	СРС	ДКР	РР	Семестровий контроль
2	3	90	36	18	36	2	–	залік

### **Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:**

Рейтинг бакалавра з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за роботу на лабораторних заняттях, ДКР. Семестровим контролем є залік.

### **Система рейтингових (вагових) балів та критерій оцінювання**

#### **1. Виконання домашньої контрольної роботи.**

Ваговий бал з ДКР – 40 балів. ДКР має 2 завдання, кожне оцінюється по 20 балів:

$20 \text{ балів} \times 2 = 40 \text{ балів}$

*Критерії оцінювання знань студентів з кожного завдання*

Бал	Повнота відповіді
28-20	Своєчасне повне виконання завдання, правильне проведення розрахунків, оформлення та захист без недоліків
19-10	Правильне проведення розрахунків, але незначні недоліки, що не впливають на результати розрахунків
9 - 1	Несвоєчасне виконання завдання, недоліки в розрахунках та оформленні
0	Невиконання завдання

#### **2. Виконання лабораторної роботи.**

Ваговий бал –15. Максимальна кількість балів на лабораторній роботі дорівнює:

$15 \text{ балів} \times 4 \text{ лаб./р.} = 60 \text{ балів}$

*Критерії оцінювання знань студентів з лабораторної роботи*

Бал	Повнота відповіді
8-7	Своєчасне повне виконання завдання, правильне проведення розрахунків, оформлення та захист без недоліків
6-5	Незначні недоліки в програмах, що не впливають на результати розрахунків
4-1	Несвоєчасне виконання завдання, недоліки в розрахунках та оформленні
0	Невиконання завдання

*Штрафні та заохочувальні бали:*

1. модернізація лабораторної бази (+2...+5) балів
2. розробка дидактичного матеріалу курсу (+2...+5) балів

*Таким чином, рейтингова семестрова шкала з кредитного модуля складає:*

$$R=R_c=R_{\text{лаб}}+R_{\text{дкр}}=60+40=100 \text{ балів}$$

*Максимальна сума балів стартової складової дорівнює 60 балів. Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних робіт, зарахування ДКР і стартовий рейтинг не менше 50 балів.*

*За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 29 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 14 балів.*

*За результатами навчальної роботи за 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 54 бали. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 29 балів.*

*Студенти, які набрали  $R_c=60$  балів і більше за семестр можуть отримати залік автоматом за набраними балами. Студенти, які не набрали семестровий рейтинг 60 балів та мають мінімум 34 бали або студенти, які бажають підвищити бали з кредитного модуля, виконують залікову письмову роботу.*

*На заліку студенти виконують письмову роботу. Кожне завдання містить 2 питання. Кожне питання оцінюється у 20 балів. Система оцінювання питань:*

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) – 40-35 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) – 34-35 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) – 34-11 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 10-0 балів.

*Сума стартових балів і балів за залікову роботу переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею.*

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
<i>95...100</i>	<i>відмінно</i>
<i>85...94</i>	<i>дуже добре</i>
<i>75...84</i>	<i>добре</i>
<i>65...74</i>	<i>задовільно</i>
<i>60...64</i>	<i>достатньо</i>
<i><math>RD &lt; 60</math></i>	<i>незадовільно</i>
<i>Не виконані умови допуску</i>	<i>не допущено</i>

## *9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)*

### **Завдання на ДКР.**

1. Одна з торцевих поверхонь довгого стрижня перерізом  $S [m^2]$  в результаті нагрівання (зміцнення) зосередженим лазерним джерелом постійної в часі потужності  $P$  нагрівається до температури  $t_c$ . Цю температуру можна вважати постійною протягом часу  $\tau$  дії лазерного джерела. Початкова температура стрижня  $t_0 = \text{const}$ . Визначити: температуру стрижня на глибині  $x_1; x_2 \dots x_6$  від поверхні торця, що нагрівається, в кінці нагріву, а також у моменти часу  $\tau_1$  і  $\tau_2$ ; потужність лазерного джерела  $P [W]$ ; густину теплового потоку на торці;

кількість теплоти, що повідомляється стрижню за час  $\tau_1, \tau_2$  и  $\tau$ .

2. Одна з торцевих поверхонь довгого стрижня (прутка) перетином  $S$  нагрівається зосередженим лазерним джерелом з постійною потужністю  $P$ . Початкова температура стрижня  $t_0 = \text{const}$ . Час нагріву  $\tau$ . Визначити: температуру для моментів часу  $\tau, \tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$  на торцевій поверхні стрижня  $t_c$  ( $x = 0$ ); густину теплового потоку на відстані  $x_1; x_2 \dots x_6$  від торця стрижня в кінці нагріву; температуру у точках  $x_1; x_2 \dots x_6$  наприкінці нагрівання; кількість теплоти підведеної до стрижня за час  $\tau$ .

**Приблизний перелік питань, які можуть бути винесені на залік.**

1. Закон Фур'є-Біо (запис, фізична сутність, що дозволяє визначити (розрахувати) при рішенні практичних інженерних задач).
2. Коефіцієнт теплопровідності (фізична сутність, розмірність, від чого залежить).
3. Диференціальне рівняння Фур'є-Кірхгофа (запис, фізична сутність, що дозволяє визначити (розрахувати) при рішенні практичних інженерних задач).
4. Умови однозначності (крайові умови) до диференціального рівняння Фур'є-Кірхгофа (запис, фізична сутність, для чого потрібні ці умови).
5. Коефіцієнт температуропровідності (фізична сутність, розмірність, від чого залежить).
6. Теплопередача через плоску стінку (формула для рішення практичних інженерних задач, особливості теплопередачі).
7. Термічний опір теплопередачі (і тепловіддачі; фізична сутність, розмірність, від чого він залежить). Формула для розрахунку термічного опору багатошарової плоскої стінки.
8. Теплопередача через циліндричну стінку (формула для рішення практичних інженерних задач, порівняння з плоскою стінкою).
9. Критичний діаметр циліндричної стінки (фізична сутність, графічна інтерпретація крит. діаметра); вибір теплоізоляції (умови).
10. Оребрення теплонапружених поверхонь (фізич. сутність; від яких характеристик (параметрів) матеріалу оребрення залежить якість оребрення ? ).
11. Нестационарні теплові режими. Які параметри та числа подібності використовують при рішенні практичних інженерних задач ? Число Фур'є, безрозмірна температура (запис, фізична сутність).
12. Нестационарні теплові режими. Які параметри та числа подібності використовують при рішенні практичних інженерних задач ? Число Біо, безрозмірна координата (запис, фізична сутність).
13. Основні поняття про теорію та числа подібності. Необхідність та доцільність застосування чисел подібності при рішенні теплотехнічних задач.
14. Конвективний теплообмін: закон Ньютона-Ріхмана. Коефіцієнти тепловіддачі (фізична сутність, розмірність, від чого залежить).
15. Конвективний теплообмін в умовах вільної конвекції (повітря). Методика рішення інж. задач. Числа подібності Грасгофа і Прандтля. Рівняння подібності.
16. Конвективний теплообмін в умовах вимушеної конвекції (повітря та води). Методика рішення інж. задач. Числа подібності Рейнольдса і Прандтля. Рівняння подібності.
17. Особливості теплообміну випромінюванням. Закон Планка, його фізична сутність та графічна інтерпретація.
18. Теплообмін випромінюванням між двома фізич. тілами. Ступінь чорноти. Закон Стефана-Больцмана (для абс. чорного тіла та для двох сірих тіл).



19. Закон Кірхгофа (поглинання та випромінювання тепла фізич. тілами). Поглинання та випромінювання тепла газами.

20. Поняття про «випромінювальні» коефіцієнти тепловіддачі. У яких інж. задачах доцільно їх розраховувати та застосовувати ?

**Робочу програму навчальної дисципліни (силлабус):**

**Складено** проф., д.т.н., Панов Є.М., к.т.н. Васильченко Г.М.

**Ухвалено** кафедрою \_ХПСМ\_ (протокол № \_10\_ від \_17.05.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією ІХФ (протокол № \_10\_ від 26.05.2023 р.)