



## ТЕПЛОМАСООБМІН В ГІДРАВЛІЧНИХ І ПНЕВМАТИЧНИХ СИСТЕМАХ (шифр В1)

### Робоча програма навчальної дисципліни (Сілабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Прикладна механіка
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна) /дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	2 курс, викладається в одному семестрі (осінній)
Обсяг дисципліни	150 годин / 5 кредитів ЄКТС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=4eb28dae-e87f-4cdb-9f7e-89bd4d68730d">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=4eb28dae-e87f-4cdb-9f7e-89bd4d68730d</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: докт. наук, професор, Яхно Олег Михайлович, <a href="mailto:oleg.yakhno@gmail.com">oleg.yakhno@gmail.com</a> , к.т.н. Мураценко Альона Миколаївна
Розміщення курсу	<a href="https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;filter=">https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;filter=</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Тепломасообмін в гідравлічних і пневматичних системах» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

**Метою навчальної дисципліни** є формування у аспірантів здатностей ставити та розв'язувати комплексні наукові задачі під час дослідницько-інноваційної діяльності у сфері розробки гідропневматичних систем із широким нестабільним температурним діапазоном роботи.

**Предметом навчальної дисципліни** є: наукові засади щодо формальних моделей, методів дослідження, методів врахування особливостей експлуатації приводів, та ізотермічні розрахунки систем в області створення багаторежимних систем із врахуванням температурних перехідних режимів роботи. Ці питання в даному курсі розглядаються комплексно з урахуванням сучасних вимог до знань з технічних, технологічних і економічних аспектів машинобудівної галузі.

**Програмні результати навчання :**

**Компетенції:** здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у галузі проектування мобільних приводів гідропневмосистем із різними температурними режимами роботи; здатність усно і письмово

презентувати та обговорювати результати наукових досліджень українською та англійською мовами; здатність вирішувати наукові задачі підвищення ефективності, працездатності та розширення діапазону режимів роботи в мобільних приводах на основі системного підходу, обумовлених необхідністю забезпечення сталого розвитку держави; здатність виявляти, ставити та вирішувати задачі дослідницького характеру в галузі створення і дослідження багаторежимних приводів гідро-пневмосистем при перехідних режимах роботи, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень; здатність дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

**Знання:** знати основні положення методології наукового дослідження; загальнонаукові методи проведення сучасного наукового дослідження; спеціальні методи наукових досліджень; загальні вимоги до структури, змісту, мови і оформлення наукових робіт; основні принципи організації і планування наукової роботи; вимоги до науково-дослідницької роботи; методів дослідження та методів розрахунку ізотермічних приводів мобільних систем.

**Уміння:** застосовувати необхідні методи наукового дослідження при розробці наукових робіт; використовувати спеціальні методи при виконанні наукових досліджень; організовувати і проводити наукові дослідження в процесі підготовки дисертації; знаходити, обробляти і зберігати інформацію, отриману в результаті вивчення наукової літератури; здійснювати апробацію і впровадження результатів дослідження в практику; володіти навичками пошуку самостійного вирішення наукових завдань; вибирати теми наукової роботи; оформляти результати дослідницьких робіт; готувати та захищати представлення наукової роботи; формулювати навчальні цілі та обирати відповідний навчальний матеріал і його структуру, вирішувати практичні задачі врахування тепло масообміну в гідропневматичних приводах.

**Досвід:** оцінювати нові ідеї; вибирати та застосовувати раціональні методи для вирішення конкретних задач тепло масообміну в приводах гідро-пневмосистем та враховувати перехідні режим роботи приводів; проводити пошук, накопичення й обробку наукової інформації, необхідної для вирішення наукової задачі й прийняття рішень; професійно будувати публічну промову; формувати науково-розробницькі завдання, обґрунтовувати напрями досліджень виходячи зі стану світових розробок; проводити та аналізувати навчальні заняття різних видів.

## 2. Зміст навчальної дисципліни

1. Робочі рідини гідросистем. Їх властивості, залежності.
2. Предмет тепло масообміну. Мета і завдання вивчення курсу.
3. Основні визначення і терміни. Основні види теплообміну.
4. Теплопровідність в ізотропному середовищі. Закон Фур'є.
5. Розрахунок коефіцієнта теплопровідності газів, рідин та твердих тіл. Теплопровідність у випадку плоскої та циліндричної стінки.
6. Теплообмін конвекцією. Конвективна тепловідача.
7. Основні положення конвективного теплообміну. Основи теорії проміжного шару в гідродинаміці і теплопередачі.
8. Закон Ньютона-Ріхмана. Природна і вимушена конвекція.
9. Тепловідача при вимушеній течії рідини в трубах.
10. Диференційні рівняння теплообміну в рухомому середовищі (рівняння Фур'є-Кірхгофа).
11. Основи теорії подібності в процесах теплообміну. Метод аналізу розмірностей. Пі-теорема.
12. Визначальні та визначувані критерії в задачах теплообміну.
13. Теплопередача. Теплоізоляційні матеріали.
14. Інтенсифікація теплопередачі. Теплообмінні апарати в системах гідропневмосистем.
15. Рівноважний та нерівноважний стан середовища.
16. Рушійна сила масопередачі. Механізм переносу речовини та закони дифузії.
17. Масопередача. Кількісні характеристики масопередачі.
18. Закони Фіка. Гідродинамічні основи процесів масопередачі.
19. Турбулентне тертя та процеси переносу.

20. Критерії подібності процесів масопередачі в потоках.
21. Матеріальний баланс, ступінь перетворення та кінетичні характеристики масообмінних процесів.
22. Основи масопередачі в гідро-пневматичних системах.
23. Модельні уявлення про тепломасообмінні процеси в приводах гідросистем та пневмосистем.
24. Теплообмінні апарати - загальні відомості.
25. Основи теплового та гідравлічного розрахунків теплообмінних апаратів.

### 3. Навчальні матеріали та ресурси

#### Основні інформаційні ресурси

1. Исаченко В. П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М.: Энергоиздат, – 1981. – 416с.
2. Лабай В.Й. Тепломасообмін : підруч. для ВНЗ / В.Й. Лабай. – Львів: Тріада Плюс, 1998. – 260с.
3. Кафаров В.В. Основы массопередачи : Системы газ-жидкость, пар-жидкость, жидкость-жидкость : учеб. для вузов / В.В. Кафаров. – М.: Высш. шк., 1979. – 439 с.
4. Петухов Б. С. Теплообмен и гидравлическое сопротивление в трубах при турбулентном течении жидкости околокритических параметров состояния / Б. С. Петухов, В. А. Курганов, В. Б. Анкудинов // ТВТ, №1(21). 1983. – С. 92–100.
5. Михеев М. А. Основы теплопередачи : Изд. 2-е, стереотип / М. А. Михеев, И. М. Михеева. М. : «Энергия», 1977. – 344 с.
6. Трофимов В. А. Рабочие жидкости систем гидропривода / В. А. Трофимов, О. М. Яхно, А. П. Губарев, Р. И. Солонин. – К. : НТУУ «КПИ», 2009. – 184с.

#### Додаткові інформаційні ресурси

1. Николенко И. В. Исследование переходных процессов в гидроприводах на основе аксиально-поршневых гидромашин / И. В. Николенко, А. Н. Рыжак, А. А. Олейниченко // Вестник НТУ "Киевский политехнический институт". Машиностроение. – 2012. – Вып. 66. – С. 81-90.
2. Муращенко А. М. Вплив температурного фактору на гідравлічний опір в приводах механотронних систем / А. М. Муращенко, О. М. Яхно, О. П. Губарев // Гідравліка і гідротехніка: Науково-технічний збірник. Вип. 66. – К.:НТУ, 2012. С. 35-43 – 121 с.
3. Муращенко А. М. Період стабілізації витрат робочої рідини в каналі із зниженою температурою стінок / А. М. Муращенко, О. М. Яхно, О. П. Губарев // Матеріали ХІХ Міжнар. наук.-тех. конф. «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці» : тези доп. – Кіровоград, 2014. С. 44-45. – 159с.
4. Торнер Р. В. Основные процессы переработки полимеров (теория и методы расчета). / Р. В. Торнер. – М. : «Химия», 1972. – 456 с.
5. Хренков Н. Н. Расчет режимов остывания и разогрева трубопроводов / Н. Н. Хренков, Е. О. Дегтярева // Журнал Промышленный электрообогрев и электроотопление. – 2011, №2.
6. Файрушин А. Ф. Моделирование теплопередачи в трубопроводе с антикоррозийным покрытием. / А. Ф. Файрушин, В. К. Половняк // Матер. конф. «Современные проблемы науки и образования», №6. 2009. – С. 36-39
7. Фінкельштейн З. Л. Надійність та експлуатація гідромашин та гідроприводів : навч. посіб. / З. Л. Фінкельштейн, П. М. Андренко, О. В. Дмитрієнко; Під. ред. П.М. Андренко. – Алчевськ: ДонДТУ, 2013. – 142 с.
8. Яхно О. М. Вплив температурного фактору на характер робочої рідини в гідравлічному каналі / О. М. Яхно, А. М. Муращенко // Матеріали Міжнар. наук.-тех. інтернет-конф. АС ПГП «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування»: тези доп.. – Вінниця, 2014. С. 133-134.
9. Яхно О. М. Введение в мехатронику : Учеб. Пособие для студ. спец. «Гидравл. и пневмат. машины», «Прикладная механика» / О. М. Яхно, А.В. Узунов, А.Ф. Луговской и др. – К.: НТУУ "КПИ", 2008. – 528 с.

10. Alyona Murashchenko. Simplified calculation of lines for hydraulic drive considering the change temperature of fluid / Alyona Murashchenko, Oleg Yakhno, Aleksandr Gubarev // Motrol. Vol. 15, №5. – Lublin, 2013. P.173-179 – 192p.

11. Петухов Б. С. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении жидкости в трубах / Б. С. Петухов. – М. : Энергия, 1967. – 411 с.

12. Письменный Д. М. Теплообмін і втрати тиску в охолоджуючому каналі уздовж вхідної кромки лопатки при частковому оребренні стінок / Д. М. Письменный // Вісник двигунобудування, № 2, ДП НВКГ «Зоря»-«Машипроект», 2010. – С. 150-154.

рекомендації та роз'яснення:

- Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;
- Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплексу самостійних робіт та самостійного розв'язання типових задач логічного синтезу алгоритмів керування для систем дискретної дії з гідравлічними і пневматичними компонентами.

**Навчальний контент**

**4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

**ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ**

	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Робочі рідини гідросистем. Їх властивості, залежності. Література: 6,9
2.	Предмет тепло масообміну. Мета і завдання вивчення курсу. Література: 1, 2
3.	Основні визначення і терміни. Основні види теплообміну. Література: 1-4
4.	Теплопровідність в ізотропному середовищі. Закон Фур'є. Література: 1-5
5.	Розрахунок коефіцієнта теплопровідності газів, рідин та твердих тіл. Теплопровідність у випадку плоскої та циліндричної стінки. Література: 1, 3, 5
6.	Теплообмін конвекцією. Конвективна тепловіддача. Література: 1, 3, 5
7.	Основні положення конвективного теплообміну. Основи теорії проміжного шару в гідродинамиці і теплопередачі. Закон Ньютона-Ріхмана. Природна і вимушена конвекція. Література: 1 -5
8.	Тепловіддача при вимушеній течії рідини в трубах. Література: 1-5
9.	Диференційні рівняння теплообміну в рухомому середовищі (рівняння Фур'є-Кірхгофа). Література: 1-5
10.	Основи теорії подібності в процесах теплообміну. Метод аналізу розмірностей. Пі-теорема. Література: 5,6,дод. 8-12
11.	Визначальні та визначувані критерії в задачах теплообміну. Література: 1-6
12.	Теплопередача. Теплоізоляційні матеріали. Література: 1-6, дод.5-6
13.	Інтенсифікація теплопередачі. Теплообмінні апарати в системах гідропневмосистем. Література: 5-6, дод.7

14.	<i>Рівноважний та нерівноважний стан середовища.</i> Література: 6
15.	<i>Рушійна сила масопередачі. Механізм переносу речовини та закони дифузії.</i> Література: 4-6
16.	<i>Масопередача. Кількісні характеристики масопередачі.</i> Література: 2-6
17.	<i>Закони Фіка. Гідродинамічні основи процесів масопередачі.</i> Література: 2-6
18.	<i>Турбулентне тертя та процеси переносу.</i> Література: 4-6, дод.11
19.	<i>Критерії подібності процесів масопередачі в потоках.</i> Література: 4, 5, дод.11
20.	<i>Матеріальний баланс, ступінь перетворення та кінетичні характеристики масообмінних процесів.</i> Література: 1-6
21.	<i>Основи масопередачі в гідро-пневматичних системах.</i> Література: 1-4, дод. 9, 6
22.	<i>Модельні уявлення про тепломасообмінні процеси в приводах гідросистем та пневмосистем.</i> Література: 1-4, дод. 6-9
23.	<i>Теплообмінні апарати - загальні відомості.</i> Література: дод.9
24.	<i>Основи теплового та гідравлічного розрахунків теплообмінних апаратів</i> Література: 4-6, дод.5

#### *Самостійна робота аспіранта*

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1.	<i>Підготовка до аудиторних занять</i>	64
2.	<i>Виконання МКР</i>	8
3.	<i>Підготовка до екзамену</i>	24

### **Політика та контроль**

#### **5. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

*Система вимог, які викладач ставить перед студентом:*

- *правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.*
- *правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;*
- *використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в Інтернеті;*
- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;*
- *політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;*
- *при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись*

загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

*Поточний контроль: експрес-опитування.*

*Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог сілабусу.*

*Семестровий контроль: екзамен.*

*Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів.*

*Умовою допуску до екзамену може також бути: проходження одного чи двох календарних контролів і виконання МКР з максимальними балами.*

*Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:*

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

*Рейтинг аспіранта розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:*

*– відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях (27 занять);*

*– виконання модульної контрольної роботи (МКР).*

*Відповіді на екзамені оцінюються у 30 балів.*

*Відповіді під час проведення експрес-опитувань (12 експрес-опитувань, максимум 60 балів):*

*– обґрунтована відповідь з порівняльним аналізом декількох варіантів – 5 балів;*

*– повна відповідь з обґрунтуванням – 4 бали;*

*– повна відповідь – 3 бали;*

*– принципово вірна відповідь – 2 бали.*

*Виконання МКР:*

*– творчо виконана робота – 10 балів;*

*– роботу виконано з незначними недоліками – 8 балів;*

*– роботу виконано з неprincipовими помилками – 6 балів;*

*– роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.*

*Штрафні та заохочувальні бали:*

*За продуктивні відповіді під час всіх експрес-опитувань – 3 бала.*

*За несвоєчасне виконання модульної контрольної роботи – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).*

*Якщо аспірант виконав умови PCO щодо допуску до семестрового контролю, але має підсумковий рейтинг менше 60 балів або хоче підвищити поточну оцінку, виконує додаткову контрольну роботу.*

*На екзамені аспіранти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три запитання з різних тематичних розділів.*

*Критерії екзаменаційного оцінювання:*

*– вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, чітке визначення всіх понять, величин: 30 балів;*

*– в деяких відповідях мають місце певні неточності: 20-25 балів;*

*– допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті процесів дискретно-логічного керування і логічного синтезу: 15-20 балів;*

– припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань білета: 10-14 балів.

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

- **Приклад питань екзаменаційного білета**

1. Розрахунок коефіцієнта теплопровідності газів, рідин та твердих тіл.
2. Теплопровідність у випадку плоскої та циліндричної стінки.
3. Основи теплового та гідравлічного розрахунків теплообмінних апаратів

**Робочу програму навчальної дисципліни (сілабус): *Тепломасообмін в гідравлічних і пневматичних системах***

**Складено:**

професором кафедри ПГМ, доктором технічних наук, професором Яхном Олегом Михайловичем

доцентом кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, Муращенко Альоною Миколаївною

**Ухвалено** кафедрою \_ПГМ\_ (протокол № 6 від 23.12.2020)

**Погоджено** Методичною комісією інституту (протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 року)