



ПРИКЛАДНІ ПИТАННЯ ТЕПЛОМАСООБМІНУ

Викладач: доцент, к. т. н., доцент кафедри ТГЕ ІННІ ЗНУ Микола Юрійович Бердишев

Кафедра: теплоенергетики та гідроенергетики, 9 корп. ЗНУ, ауд. 35 (2^й поверх)

Email: berdishevn@gmail.com

Телефон:

Освітня програма, рівень вищої освіти		Теплоенергетика. Магістр				
Статус дисципліни		Обов'язкова				
Кредити ECTS	5	Навч. рік	2021-2022 1 семестр	Рік навчання - 1	Тижні	12
Кількість годин	180	Кількість змістових модулів¹	6	Лекційні заняття – 30 год Практичні заняття – 20 год Лабораторні заняття – 10 год Самостійна робота – 130 год.		
Вид контролю	<i>Залік</i>					
Посилання на курс в Moodle			https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=8821			
Консультації:			через ідентифікатор Zoom: 291 488 2288			

ОПИС КУРСУ

Метою викладання навчальної дисципліни “Прикладні питання тепломасообміну” є засвоєння фундаментальних та прикладних знань з тепломасообміну та набуття навичок і умінь для проведення різноманітних досліджень у теплоенергетиці.

Основними завданнями вивчення дисципліни “Прикладні питання тепломасообміну” є: оволодіння студентами методикою розрахунку температурних полів в одновимірних тілах, складаючи програму на язиці «Turbo Pascal», набуття вмінь розрахунку системи теплопостачання з використанням теплового насосу, вироблення навичок розрахунку комбінованих геліотеплонасосних систем.

Міждисциплінарні зв'язки: Навчальна дисципліна “Прикладні питання тепломасообміну” тематично пов'язана та базується на знаннях, отриманих при вивченні дисциплін «Тепломасообмін», «Технічна термодинаміка», «Економічні та екологічні аспекти енергозбереження», «Низькопотенційні та альтернативні джерела енергії». Вона є кінцевою дисципліною в названому ланцюгу дисциплін і не потребує подальшого розвитку, тому що в результаті її вивчення студент має всі необхідні знання і навички для проведення названих видів робіт.

ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

У разі успішного завершення курсу студент зможе знати:

¹ 1 змістовий модуль = 15 годин (0,5 кредита ECTS). Детальна формула розрахунку – в рекомендаціях.



1) основні методи вирішення задач теплопровідності; 2) чисельні методи рішення задач теплопровідності

вміти:

1) скласти програму розрахунку одновимірної задачі теплопровідності; 2) розрахувати тепловий насос; 3) розрахувати геліотеплонасосну систему теплопостачання та визначити доцільність її використання

ОСНОВНІ НАВЧАЛЬНІ РЕСУРСИ

1. Бердишев М.Ю., Яковлєва І. Г. Навчально-методичний посібник з дисципліни «Прикладні питання тепло масообміну». Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 136 с.
2. Арсеньєв В. М., Мелейчук С. С. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку : навч. посіб. Суми : СумДУ, 2018. 364 с.
3. Рей Д., Макмайкл Д. Тепловые насосы: пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с., 7 прим.

КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ:

Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля	Вид поточного контрольного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Теоретичне завдання	Основи математичного моделювання теплових процесів	Правильна відповідь 1 б	1
	Практичне завдання	Відбір і ранжирування параметрів	Правильна відповідь 1 б	1
Усього за ЗМ 1 контр. заходів	2			2
2	Тест за змістовим модулем 2	10 питань з теорії рівняння регресії	Кожна правильна відповідь 1 б	10
	Практичне завдання	Обробка результатів експериментів на основі рівняння регресії	Вчасне правильне вирішення – 5 б. Невчасне правильне вирішення – 4 б. Вчасне вирішення з помилками – 3 б. Невчасне вирішення з помилками – 1 б.	5
Усього за ЗМ 2 контр. заходів	2			15
3	Теоретичне завдання	Правила аналізу	Правильна	1



		рівняння регресії	відповідь 1 б	
	Практичне завдання	Аналіз отриманого рівняння регресії	Правильна відповідь 1 б	1
Усього за ЗМ 3 контр. заходів	2			2
4	Теоретичне завдання	Цикл теплового насосу	Правильна відповідь 1 б	1
	Практичне завдання	Побудування циклу теплового насосу	Правильна відповідь 1 б	1
Усього за ЗМ 4 контр. заходів	2			2
5	Тест за змістовим модулем 5	10 питань з теорії теплового насосу	Кожна правильна відповідь 1 б	10
	Практичне завдання	Розрахунок КОП	Правильна відповідь 1 б	1
Усього за ЗМ 5 контр. заходів	2			11
6	Теоретичне завдання	Джерела енергії для теплового насосу	Правильна відповідь 2 б Неповна відповідь 1б	2
	Практична робота	Робота в прикладній програмі CoolPack.	Вчасне правильне вирішення – 8 б. Невчасне правильне вирішення – 6 б. Вчасне вирішення з помилками – 4 б. Невчасне вирішення з помилками – 2 б.	8
Усього за ЗМ 6 контр. заходів	2			10
7	Тест за змістовим модулем 7	10 питань по методу теплових балансів	Кожна правильна відповідь 1 б	10
	Практична робота	Складання балансу внутрішнього слою	Правильна відповідь 2 б Неповна відповідь 1б	2
Усього за ЗМ 7 контр. заходів	2			12
8	Теоретичне завдання	Граничні умови 1-го, 2-го і 3-го родів	Правильна відповідь 1 б	1
	Практичне завдання	Складання балансу граничного слою	Правильна відповідь 1 б	1



Усього за ЗМ 8 контр. заходів	2			2
9	Теоретичне завдання	Основні положення методу контрольного об'єму	Правильна відповідь 1 б	1
	Практичне завдання	Отримання дискретного аналогу	Правильна відповідь 1 б	1
Усього за ЗМ 9 контр. заходів	2			2
10	Теоретичне завдання	Нелінійність. Граничні умови. Джерельний член.	Правильна відповідь 1 б	1
	Практичне завдання	Аналіз отриманого рівняння регресії	Правильна відповідь 1 б	1
Усього за ЗМ 10 контр. заходів	2			2
Усього за змістові модулі контр. заходів	20			60

Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Залік	Тест	16 тестових питань з навчального матеріалу всього курсу (розділ 3)	Кожна правильна відповідь 2 б Кожна частково правильна відповідь 1 б	32
	Практичне завдання	Розрахунок коефіцієнта перетворення теплового насосу	Вчасне правильне вирішення – 8 б. Невчасне правильне вирішення – 6 б. Вчасне вирішення з помилками – 4 б. Невчасне вирішення з помилками – 2 б.	8
Усього за підсумковий семестровий контроль				40



РОЗКЛАД КУРСУ ЗА ТЕМАМИ І КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Тиждень і вид заняття	Тема змістового модулю	Контрольний захід	Кількість балів
Змістові модулі 1,2			
Тиждень 1	Моделювання на основі рівняння регресії	Теплова установка, як система. Основи математичного моделювання теплових процесів: постановка завдання, математичне формулювання, відбір і ранжирування параметрів, математичне планування експерименту, вибір матриці планування. Захист лабораторної роботи №1	5
Тиждень 2			
Тиждень 3			
Змістові модулі 3,4			
Тижні 4,5	Теплові насоси	Тема 3. Теорія теплових насосів. Цикл Карно. Цикл із механічною компресією пари. Реальний цикл. Розрахунок КОП. Класифікація теплових насосів. Виконання 1 частини індивідуального завдання. Тест за темами 3, 4,	5
Тиждень 6		Тема 4. Використання теплових насосів Теплові насоси в громадських будинках. Використання теплових насосів у промисловості. Комбінована геліотеплонасосна система теплопостачання. Економічні аспекти використання енергоустановок на базі теплових насосів. Програмний продукт для розрахунку холодильних и тепло насосних циклів CoolPack.	10
Змістовий модуль 5			
Тиждень 7	Задачі теплопровідності. Метод елементарних теплових балансів	Тема 5. Постановка та методи вирішення задач теплопровідності Класифікація методів моделювання: аналітичні і чисельні методи, їх достоїнства і недоліки. Аналітичні методи вирішення лінійних завдань теплопровідності. Тест за темою 5,6	5
Тиждень 8		Тема 6. Метод елементарних теплових балансів. Метод елементарних теплових балансів. Отримання розрахункових рівнянь методом теплових балансів. Захист лабораторної роботи № 2	5
Змістовий модуль 6			



Тиждень 9	Метод контрольного об'єму	Тема 7. Основні положення методу контрольного об'єму. Метод контрольного об'єму. Дискретний аналог стаціонарної задачі теплопроводності. Виконання 2 частини індивідуального завдання.	10
Тиждень 10		Тема 8. Рішення задач методом контрольного об'єму. Нелінійність. Граничні умови. Джерельний член. Нестационарний дискретний аналог. Тест за темою 7,8.	10
Тиждень 11		Консультації за пройденим матеріалом	
Тиждень 12		Підсумковий контроль в системі Moodle	40
Разом			100

ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА

Основні:

1. Бердишев М.Ю., Яковлева І. Г. Навчально-методичний посібник з дисципліни «Прикладні питання тепло масообміну». Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 136 с.
2. Арсеньєв В. М., Мелейчук С. С. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку : навч. посіб. Суми : СумДУ, 2018. 364 с.
3. Проектування та оптимізація систем теплопостачання : навч.-метод. посіб. для студентів ЗДІА напряму 144 “Теплоенергетика” ден. і заоч. форми навчання / ЗДІА ; уклад.: А. О. Чейлитко. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 200 с.
4. Чейлитко А. О. Математичне моделювання та оптимізація процесів тепломасообміну : навч.-метод. посіб. для студентів ЗДІА спец. 144 “Теплоенергетика” ден. та заоч. форми навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 146 с.
5. Ільїн С. В., Чейлитко А. О., Мних І. М. Енергоаудит : навч.-метод. посіб. для слухачів курсів підвищ. кваліфікації центру безперерв. освіти. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 130 с.

Додаткові

4. Lear W. E., Sherf S. A., Steadham J. M. Design Considerations of Jet Pumps with Supersonic Two – Phase Flow and Shocks for Refrigeration and 361 Thermal Management Application. *International Journal of Energy Research*. 2000. Vol. 24, P. 1373–1389.
5. Kandil S. M., Lear W. E., Sherif S. A. Analysis of two-phase supersonic flow in jet pumps. *Proceedings of FEDSM 2005 (2005 ASME Fluids Engineering Division Summer Meeting and Exhibition June 19–32)*. Houston, TX, USA, 2005. FEDSM 2005-77476.



6. Милованов В. Н. Оптимизация схемных решений холодильных машин на CO₂. *Холод.* 2007. № 5. С. 42–47
7. Groll E. A. Transcritical CO₂ refrigeration cycle with ejector – expansion device. *International Journal, of Refrigeration.* 2005. Vol. 28. P. 766–773.
8. Шит Б. М. Расчет двухфазного эжектора для теплового насоса на диоксиде углерода. *ProblemeleEnergeticiiRegionale.* 2010. № 3 (14). P. 62–70.
9. Bulinski Z., Smolka J., Fic A., Banasiak K., Nowak A. A. Comparison of heterogenous and homogenous models of two-phase transonic compressible CO₂ flow through a heat pump ejector : IOP Conference 362 Series. *Materials Science and Engineering.* 2010. Vol. 10. P. 1–9. DOI:10.1088/1757-899X (10) 1/012019.
10. Zhang Z. Titan L. Effect of Suction Nozzle Pressure Drop on the Performance of an Ejector-Expansion Transcritical CO₂ Refrigeration Cycle. *Entropy.* 2014. №16 P. 4309–4321.
11. Трандафілов В. В., Хмельнюк М. Г., Яковлева О. Ю., Остапенко О. В. Вдосконалення конструкції газової холодильної машини Стірлінга. *Холодильна техніка та технологія.* 2016. Том 52. Вип. 1. С. 18–22.
12. Трандафилов В. В., Яковлева О. Ю., Хмельнюк М. Г. Перспективы развития газовых холодильных машин Стирлинга умеренного холода. *Холодильна техніка та технологія.* 2015. Том 51. Вип. 3. С. 26–32.

Інформаційні ресурси:

1. Сайт наукової бібліотеки ЗНУ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <http://library.znu.edu.ua/> (дата звернення 22.10.2019) – Назва з екрана.
2. Держенергоефективності <http://sae.gov.ua/uk/business/energetichny-audit-ta-manadzment> (дата звернення: 30.08.2019).



РЕГУЛЯЦІЇ І ПОЛІТИКИ КУРСУ²

Відвідування занять. Регуляція пропусків.

Відвідування занять обов'язкове. Будь ласка, беріть участь у обговоренні, навіть якщо соромитеся чи не впевнені у своїх знаннях!

Завдання мають бути виконанні перед заняттями. Пропуски можливі лише з поважної причини. Відпрацювання пропущених занять має бути регулярним за домовленістю з викладачем у години консультацій. Накопичення відпрацювань неприпустиме! За умови систематичних пропусків може бути застосована процедура повторного вивчення дисципліни (див. посилання на Положення у додатку до силабусу).

Політика академічної доброчесності

Кожний студент зобов'язаний дотримуватися принципів академічної доброчесності. Письмові завдання з використанням часткових або повнотекстових запозичень з інших робіт без зазначення авторства – це *плагіат*. Використання будь-якої інформації (текст, фото, ілюстрації тощо) мають бути правильно процитовані з посиланням на автора! Якщо ви не впевнені, що таке плагіат, фабрикація, фальсифікація, порадьтеся з викладачем. До студентів, у роботах яких буде виявлено списування, плагіат чи інші прояви недоброчесної поведінки можуть бути застосовані різні дисциплінарні заходи (див. посилання на Кодекс академічної доброчесності ЗНУ в додатку до силабусу).

Використання комп'ютерів/телефонів на занятті

Будь ласка, вимкніть на беззвучний режим свої мобільні телефони та не користуйтеся ними під час занять. Мобільні телефони відволікають викладача та ваших колег. Під час занять заборонено надсилання текстових повідомлень, прослуховування музики, перевірка електронної пошти, соціальних мереж тощо. Електронні пристрої можна використовувати лише за умови виробничої необхідності в них (за погодженням з викладачем).

Комунікація

Очікується, що студенти перевірятимуть свою електронну пошту і сторінку дисципліни в Moodle та реагуватимуть своєчасно. Всі робочі оголошення можуть надсилатися через старосту, на електронну пошту та розміщуватимуться в Moodle. Будь ласка, перевіряйте повідомлення вчасно. Ел. пошта має бути підписана справжнім ім'ям і прізвищем. Адреси типу user123@gmail.com не приймаються!

² Тут зазначається все, що важливо для курсу: наприклад, умови допуску до лабораторій, реактивів тощо. Викладач сам вирішує, що треба знати студенту для успішного проходження курсу!

ДОДАТОК ДО СИЛАБУСУ ЗНУ – 2020-2021 рр.

ГРАФІК НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ 2020-2021 н. р. (посилання на сторінку сайту ЗНУ)

АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ. Студенти і викладачі Запорізького національного університету несуть персональну відповідальність за дотримання принципів академічної доброчесності, затверджених **Кодексом академічної доброчесності ЗНУ**: <https://tinyurl.com/ya6yk4ad>. Декларація академічної доброчесності здобувача вищої освіти (додається в обов'язковому порядку до письмових кваліфікаційних робіт, виконаних здобувачем, та засвідчується особистим підписом): <https://tinyurl.com/y6wzzlu3>.

НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ. Перевірка набутих студентами знань, навичок та вмінь (атестації, заліки, іспити та інші форми контролю) є невід'ємною складовою системи забезпечення якості освіти і проводиться відповідно до *Положення про організацію та методу проведення поточного та підсумкового семестрового контролю навчання студентів ЗНУ*: <https://tinyurl.com/y9tve4lk>.

ПОВТОРНЕ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІН, ВІДРАХУВАННЯ. Наявність академічної заборгованості до 6 навчальних дисциплін (в тому числі проходження практики чи виконання курсової роботи) за результатами однієї екзаменаційної сесії є підставою для надання студенту права на повторне вивчення зазначених навчальних дисциплін. Порядок повторного вивчення визначається *Положенням про порядок повторного вивчення навчальних дисциплін та повторного навчання у ЗНУ*: <https://tinyurl.com/y9pkmmp5>. Підстави та процедури відрахування студентів, у тому числі за невиконання навчального плану, регламентуються *Положенням про порядок переведення, відрахування та поновлення студентів у ЗНУ*: <https://tinyurl.com/yvcds57la>.

НЕФОРМАЛЬНА ОСВІТА. Порядок зарахування результатів навчання, підтверджених сертифікатами, свідоцтвами, іншими документами, здобутими поза основним місцем навчання, регулюється *Положенням про порядок визнання результатів навчання, отриманих у неформальній освіті*: <https://tinyurl.com/y8gbt4xs>.

ВИРІШЕННЯ КОНФЛІКТІВ. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, регламентуються *Положенням про порядок і процедури вирішення конфліктних ситуацій у ЗНУ*: <https://tinyurl.com/yvfw9v>. Конфліктні ситуації, що виникають у сфері стипендіального забезпечення здобувачів вищої освіти, вирішуються стипендіальними комісіями факультетів, коледжів та університету в межах їх повноважень, відповідно до: *Положення про порядок призначення і виплати академічних стипендій у ЗНУ*: <https://tinyurl.com/yd6bq6p9>; *Положення про призначення та виплату соціальних стипендій у ЗНУ*: <https://tinyurl.com/y9r5dpwh>.

ПСИХОЛОГІЧНА ДОПОМОГА. Телефон довіри практичного психолога (061)228-15-84 (щоденно з 9 до 21).

ЗАПОБІГАННЯ КОРУПЦІЇ. Уповноважена особа з питань запобігання та виявлення корупції (Воронков В. В., 1 корп., 29 каб., тел. +38 (061) 289-14-18).

РІВНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ІНКЛЮЗИВНЕ ОСВІТНЄ СЕРЕДОВИЩЕ. Центральні входи усіх навчальних корпусів ЗНУ обладнані пандусами для забезпечення доступу осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення. Допомога для здійснення входу у разі потреби надається черговими охоронцями навчальних корпусів. Якщо вам потрібна спеціалізована допомога, будь-ласка, зателефонуйте (061) 228-75-11 (начальник охорони). Порядок супроводу (надання допомоги) осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення у ЗНУ: <https://tinyurl.com/ydhcsagx>.

РЕСУРСИ ДЛЯ НАВЧАННЯ. Наукова бібліотека: <http://library.znu.edu.ua>. Графік роботи абонементів: понеділок – п'ятниця з 08.00 до 17.00; субота з 09.00 до 15.00.

ЕЛЕКТРОННЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАННЯ (MOODLE): <https://moodle.znu.edu.ua>

Якщо забули пароль/логін, направте листа з темою «Забув пароль/логін» за адресами:

- для студентів ЗНУ - moodle.znu@gmail.com, Савченко Тетяна Володимирівна
- для студентів Інженерного інституту ЗНУ - alexvask54@gmail.com, Василенко Олексій Володимирович

У листі вкажіть: прізвище, ім'я, по-батькові українською мовою; шифр групи; електронну адресу.

Якщо ви вказували електронну адресу в профілі системи Moodle ЗНУ, то використовуйте посилання для відновлення паролю <https://moodle.znu.edu.ua/mod/page/view.php?id=133015>.

Центр інтенсивного вивчення іноземних мов: <http://sites.znu.edu.ua/child-advance/>

Центр німецької мови, партнер Гете-інституту: <https://www.znu.edu.ua/ukr/edu/ocnu/nim>

Школа Конфуція (вивчення китайської мови): <http://sites.znu.edu.ua/confucius>