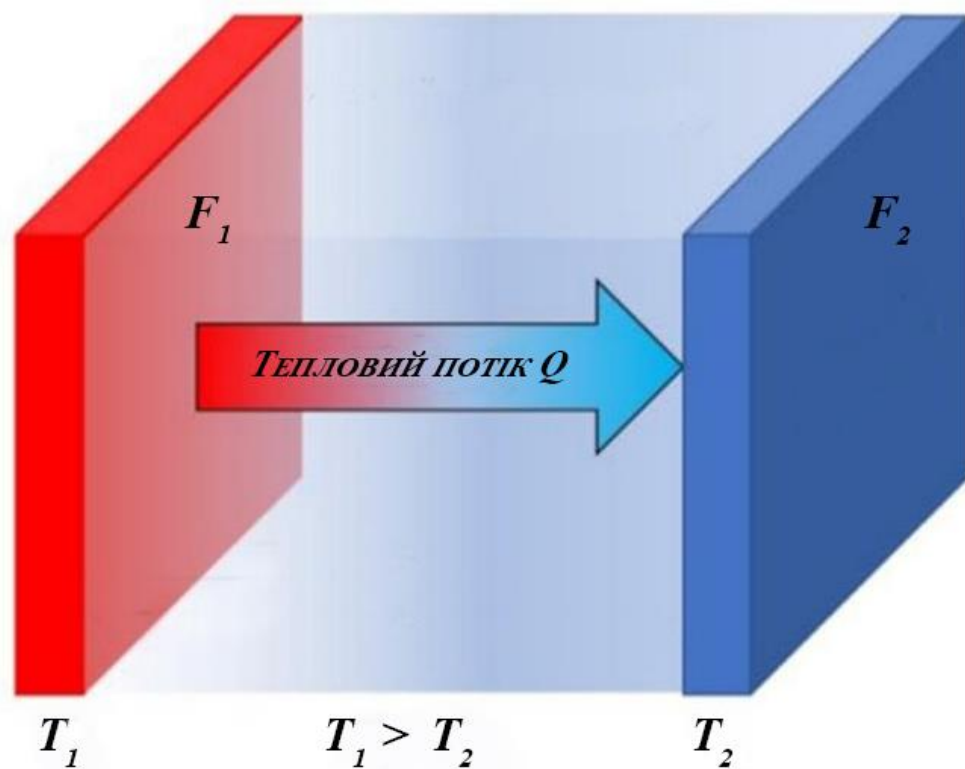


О. Ю. Співак, Н. В. Резидент

ТЕПЛОМАСООБМІН

ЧАСТИНА I



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

О. Ю. Співак, Н. В. Резидент

ТЕПЛОМАСООБМІН
ЧАСТИНА I

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2021

УДК 532.2 (075)

C72

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 5 від 19.11.2020 р.)

Рецензенти:

В. В. Біліченко, доктор технічних наук, професор

С. Й. Ткаченко, доктор технічних наук, професор

І. В. Севостьянов, доктор технічних наук, професор ВНАУ

Співак, О. Ю.

C72 Тепломасообмін. Частина I : навчальний посібник / О. Ю. Співак, Н. В. Резидент. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 113 с.

ISBN 978-966-641-841-1

Посібник призначений для виконання самостійної роботи студентів і аспірантів спеціальностей 144 – Теплоенергетика, 192 – Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання.

Наведено теоретичний матеріал, приклади розв'язування задач, перелік контрольних запитань для самоперевірки, задачі для самостійної роботи, довідковий матеріал, перелік літератури для вивчення курсу.

УДК 532.2 (075)

ISBN 978-966-641-841-1

© ВНТУ, 2021

ЗМІСТ

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ | 5 |
| 1.1 Інформаційний обсяг навчальної дисципліни..... | 5 |
| 1.2 Політика курсу..... | 6 |
| 1.3 Система поточного, модульного та підсумкового контролю знань | 7 |
| 2 СТАЦІОНАРНА ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ ТІЛ ПРОСТОЇ ФОРМИ | 8 |
| 2.1 Теплопровідність плоских стінок..... | 8 |
| 2.2 Теплопровідність циліндричних стінок..... | 10 |
| 2.3 Приклади розв'язування задач..... | 12 |
| 2.4 Завдання для самостійної роботи | 16 |
| 2.5 Запитання для самоперевірки | 18 |
| 3 ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ДЛЯ СТАЦІОНАРНОГО РЕЖИМУ | 19 |
| 3.1 Теплопередача через плоскі стінки..... | 19 |
| 3.2 Теплопередача через циліндричні стінки..... | 20 |
| 3.3 Приклади розв'язування задач..... | 22 |
| 3.4 Завдання для самостійної роботи | 25 |
| 3.5 Запитання для самоперевірки | 28 |
| 4 ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ЧЕРЕЗ ОРЕБРЕНІ ПОВЕРХНІ | 29 |
| 4.1 Теплопровідність ребер сталого перерізу..... | 29 |
| 4.2 Теплопровідність труби з круглим ребром постійної товщини..... | 31 |
| 4.3 Теплопровідність ребер довільного профілю | 32 |
| 4.4 Теплопередача через плоску оребрену стінку | 33 |
| 4.5 Приклади розв'язування задач..... | 35 |
| 4.6 Завдання для самостійної роботи | 37 |
| 4.7 Запитання для самоперевірки | 39 |
| 5 КОНВЕКТИВНИЙ ТЕПЛООБМІН ЗА ПРИРОДНОГО РУХУ ТЕПЛОНОСІЯ | 40 |
| 5.1 Вільна конвекція в необмеженому просторі | 40 |
| 5.2 Вільна конвекція в замкнутому просторі | 41 |
| 5.3 Приклади розв'язування задач..... | 42 |
| 5.4 Завдання для самостійної роботи | 46 |
| 5.5 Запитання для самоперевірки | 48 |
| 6 КОНВЕКТИВНИЙ ТЕПЛООБМІН ЗА ВИМУШЕНОГО РУХУ ТЕПЛОНОСІЯ | 49 |
| 6.1 Тепловіддача за поздовжнього обтікання пластин..... | 49 |
| 6.2 Тепловіддача для течії теплоносія в гладких трубах, каналах та змійовиках | 50 |
| 6.3 Поперечне обтікання одиничної гладкої труби | 53 |
| 6.4 Обтікання пучків труб | 54 |
| 6.5 Тепловіддача для течії в кільцевому каналі ТА типу «труба в трубі» | 55 |

| | | |
|-----|-------------------------------------------------------------------|----|
| 6.6 | Тепловіддача для течії теплоносія в міжтрубному просторі ТА | 55 |
| 6.7 | Приклади розв'язування задач..... | 56 |
| 6.8 | Завдання для самостійної роботи | 63 |
| 6.9 | Запитання для самоперевірки | 65 |
| 7 | НЕСТАЦІОНАРНА ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ..... | 66 |
| 7.1 | Тіла з одновимірним температурним полем | 66 |
| 7.2 | Регулярний тепловий режим..... | 70 |
| 7.3 | Приклади розв'язання задач..... | 72 |
| 7.4 | Завдання для самостійної роботи | 74 |
| 7.5 | Запитання для самоперевірки | 76 |
| 8 | ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ | 78 |
| 8.1 | Види теплообмінних апаратів..... | 78 |
| 8.2 | Рівняння теплопередачі | 79 |
| 8.3 | Рівняння теплового балансу..... | 79 |
| 8.4 | Температурний напір | 80 |
| 8.5 | Приклади розв'язання задач..... | 83 |
| 8.6 | Завдання для самостійної роботи | 92 |
| 8.7 | Запитання для самоперевірки | 94 |
| | ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 95 |
| | ДОДАТКИ..... | 96 |

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Програма вивчення навчальної дисципліни складена з врахуванням вимог освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Метою викладання дисципліни «Тепломасообмін» є засвоєння фундаментальних положень і закономірностей процесів тепло- і масообміну, оволодіння інженерними методами розрахунків основних задач теплома-сообміну і теплопередачі, проектування теплообмінного обладнання.

Компетентності. Здатність продемонструвати знання характеристик і властивостей матеріалів, обладнання, процесів в теплоенергетичній галузі. Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні, наукові і технічні методи та комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в теплоенергетичній галузі.

Завдання вивчення цієї дисципліни як складової циклу дисциплін фундаментальної технічної підготовки полягає в формуванні у студентів навичок розрахунків теплотехнологічного процесу з точки зору поділу його на основні види теплообміну, аналізу отриманих результатів та здатність приймати рішення за результатами цих розрахунків.

Вивчаючи курс дисципліни студент повинен:

- **знати** основні закони теплообміну, методика розрахунків процесів теплообміну, масообміну і теплопередачі, теплообмінного обладнання;
- **вміти** проводити аналіз теплотехнологічного процесу з точки зору поділення його на основні види теплообміну, виконувати розрахунки з використанням необхідної довідкової літератури – діаграм і таблиць, користуватись науковою, довідковою та нормативною літературою, знаходити раціональні методи розв'язання практичних завдань.

1.1 Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Теплопровідність та теплопередача за стаціонарного теплового режиму.

Тема 1. Основні поняття і означення.

Тема 2. Стаціонарна теплопровідність тіл простої форми.

Тема 3. Теплопередача через плоскі та циліндричні поверхні.

Змістовий модуль 2. Конструктивні способи зміни інтенсивності теплопередачі.

Тема 4. Теплопровідність стержня сталого перерізу.

Тема 5. Теплопередача через оребрені поверхні.

Змістовий модуль 3. Теплопровідність за нестаціонарного теплового режиму.

Тема 6. Неусталене одновимірне температурне поле у необмежених пластині і циліндрі.

Тема 7. Регулярний тепловий режим.

Змістовий модуль 4. Фізичні основи процесу теплопередачі.

Тема 8. Фізичні основи процесу теплопередачі.

Змістовий модуль 5. Основи теорії подібності фізичних явищ.

Тема 9. Методи теорії подібності в задачах з тепло- і масообміну.

Тема 10. Критерії подібності і критеріальні рівняння.

Змістовий модуль 6. Основи теорії граничного шару.

Тема 11. Основи теорії граничного шару.

Змістовий модуль 7. Тепловіддача за примусової течії рідини в трубах.

Тема 12. Тепловіддача при течії в гладких прямих трубах.

Тема 13. Тепловіддача в гнутих трубах, каналах і зміювиках.

Змістовий модуль 8. Тепловіддача за зовнішнього обтікання тіл.

Тема 14. Тепловіддача при обтіканні плоскої пластини.

Тема 15. Тепловіддача при обтіканні труб і пучків труб.

Змістовий модуль 9. Тепловіддача за природної конвекції.

Тема 16. Тепловіддача за природної конвекції.

Змістовий модуль 10. Тепловіддача в разі кипіння та конденсації.

Тема 17. Теплообмін за умови конденсації чистої пари.

Тема 18. Теплообмін в разі кипіння однокомпонентних рідин.

Тема 19. Тепло- і масообмін в двокомпонентних середовищах.

Змістовий модуль 11. Основні закономірності теплового випромінювання, методи розрахунків теплообміну випромінюванням твердих тіл і газів.

Тема 20. Основні закони теплообміну випромінюванням.

Тема 21. Теплообмін випромінюванням між твердими тілами, розділеними прозорим середовищем.

Тема 22. Випромінювання газів та пари.

Змістовий модуль 12. Теплообмінні апарати: основи проектного та перевірного розрахунків, гідромеханічний розрахунок.

Тема 23. Тепловий розрахунок теплообмінних апаратів.

Тема 24. Гідромеханічний розрахунок теплообмінних апаратів.

Змістовий модуль 13. Молекулярна дифузія.

Тема 25. Молекулярна дифузія.

Змістовий модуль 14. Конвективний масообмін.

Тема 26. Конвективний масообмін.

1.2 Політика курсу

Викладач та всі здобувачі, що вивчають цей курс, зобов'язуються дотримуватись таких положень: Кодекс етики ВНТУ, Положення про академічну доброчесність студентів та науково-педагогічних працівників ВНТУ, Положення про рейтингову систему оцінювання досягнень студентів.

нтів у ВНТУ та розуміють, що за їх порушення несуть особисту відповідальність.

1.3 Система поточного, модульного та підсумкового контролю знань

Контроль проводиться з метою визначення якості засвоєння навчального матеріалу, ступеня відповідності сформованих вмінь, знань і навичок меті та завданням, що ставляться при вивченні дисципліни «Тепломасообмін». При викладанні дисципліни застосовуються такі види контролю: поточний, модульний, підсумковий.

Поточний контроль проводиться на практичних та лабораторних заняттях за результатами виконання індивідуальних завдань (для денної форми навчання), контрольних робіт (для заочної форми навчання), результатами виконання та захисту лабораторних робіт.

Модульний (проміжний) контроль проводиться для студентів денної форми навчання двічі за семестр у вигляді контрольних робіт та виконання тестових завдань в системі JetIQ і має своєю метою оцінювання рівня практичних і теоретичних знань та ступеня засвоєння навчального матеріалу певних змістових модулів. При проведенні модульного контролю завдання для контрольних заходів носять комплексний характер і складаються з практичної та теоретичної частин.

Підсумковий (семестровий) контроль для студентів всіх форм навчання проводиться у вигляді контрольних робіт та виконання тестових завдань в системі JetIQ і має своєю метою оцінювання рівня практичних і теоретичних знань та ступеня засвоєння навчального матеріалу всього навчального курсу.

Навчальне видання

**Співак Олександр Юрійович
Резидент Наталія Володимирівна**

ТЕПЛОМАСООБМІН ЧАСТИНА І

Навчальний посібник

Рукопис оформлено *Н. Резидент*

Редактор *Т. Старічек*

Підписано до друку 16.04.2021 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 6,58.
Наклад 50 (1-й запуск 1–21) пр. Зам. № 2021-039.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.

press.vntu.edu.ua;
Email: irvc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.