

**Міністерство освіти і науки України
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання практичних робіт з дисципліни «Теплотехніка та теплоенергетичні установки» здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

м. Біла Церква

2021 р.

Укладач: **Сенчук М. М.**, канд. техн. наук.

Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни «Теплотехніка та теплоенергетичні установки» здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»./ Сенчук М. М. – Біла Церква, 2021. 64 с.

Методичні вказівки призначені для виконання практичних занять та оцінки рівня знань студентів з дисципліни «Теплотехніка та теплоенергетичні установки». В них представлені завдання для виконання практичних занять та форми написання звіту, а також завдання для самостійної роботи студентів.

Рецензенти: **В.С. Хахула**, кандидат сільськогосподарських наук, декан агробіотехнологічного факультету;
А.М. Рубець, канд. техн. наук доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. /

ВСТУП.

«Теплотехніка та теплоенергетичні установки» - дисципліна професійної та практичної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» у вищих навчальних закладах Міністерства освіти і науки України IV рівня акредитації.

Предметом вивчення дисципліни є теплотехнічні процеси та теплотехнічне обладнання.

Програма навчальної дисципліни складається з двох змістовних модулів: 1. «Теоретичні основи теплотехніки»; 2. «Теплоенергетичні установки».

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.

Метою дисципліни «Теплотехніка та теплоенергетичні установки» є оволодіння майбутніми фахівцями системою знань, достатніх для формування умінь і навичок з вирішення типових задач діяльності на первинних посадах, передбачених освітньо-кваліфікаційною характеристикою для спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Основними завданнями вивчення дисципліни «Теплотехніка та теплоенергетичні установки» є формування вмінь та практичних навичок раціонального використання на виробництві під час обслуговування теплоенергетичних установок.

2. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ.

| Програмний результат навчання відповідно до Стандарту вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» | Результати навчання з дисципліни ОК 16 «Теплотехніка та теплоенергетичні установки» |
|---|---|
| ПРН03. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності. | РН 3.1. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів теплоенергетичного обладнання. РН 3.2. Уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності під час обслуговування теплоенергетичного обладнання. |
| ПРН 04. Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок | РН 4.1. Знати основні принципи біоенергетичних установок. РН 4.2. Знати основні принципи гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок. |
| ПРН17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж. | РН 17.1. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування та обслуговування теплоенергетичних установок. |
| ПРН18. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірною технікою та прикладним програмним забезпеченням. | РН. 18.1. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним теплоенергетичним обладнанням, вимірною технікою. |

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Теплотехніка та теплоенергетичні установки»

Змістовий модуль 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕПЛОТЕХНІКИ.

Тема 1. Основні поняття і визначення.

- 1.1. Загальні відомості. Задачі та структура вивчення дисципліни «Теплотехніка та теплоенергетичні установки». Основні вимоги академічної доброчесності.
- 1.2. Загальні відомості.
- 1.3. Термодинамічна система.
- 1.4. Термодинамічні параметри стану термодинамічної системи.
- 1.5. Рівняння термодинамічної системи.
- 1.6. Газові суміші.
- 1.7. Термодинамічний процес.
- 1.8. Перший закон термодинаміки.
- 1.9. Другий закон термодинаміки.

Тема 2. Термодинамічні процеси пороутворення.

- 2.1. Пароутворення при постійному тиску.
- 2.2. Параметри стану рідини і пари.
- 2.3. Процеси зміни стану пари.
- 2.4. Вологе повітря.

Тема 3. Термодинаміка відкритих систем.

- 3.1. Загальні відомості.
- 3.2. Витікання газів і пари.
- 3.3. Дроселювання.
- 3.4. Ідеальний цикл паросилової установки.

Тема 4. Теплопровідність.

- 4.1. Основний закон теплопровідності.
- 4.2. Теплопровідність при стаціонарному режимі.
- 4.3. Теплопровідність при граничних умовах третього роду.

Тема 5. Конвективний теплообмін.

- 5.1. Загальні поняття і визначення.
- 5.2. Закон тепловіддачі.

Тема 6. Теплопровідність при граничних умовах третього роду.

- 6.1. Загальні відомості.
- 6.2. Методи рішення.

Тема 7. Променевий теплообмін.

- 7.1. Основні поняття, визначення і закони.
- 7.2. Променевий теплообмін між тілами і методи зміни його інтенсивності.
- 7.3. Випромінювання газів.

Тема 8. Основи теплового розрахунку теплообмінних апаратів

- 8.1. Класифікація.
- 8.2. Розрахунок рекуперативного теплообмінника.
- 8.3. Методи інтенсифікації процесів теплопередачі.

Змістовий модуль 2. ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ.

Тема 9. Паливо та основи теорії горіння.

- 9.1. Загальні відомості.
- 9.2. Склад і характеристика палива. Біопаливо і біоенергетичні установки.
- 9.3. Основи теорії горіння органічного палива.
- 9.4. Розрахунки процесів горіння палива.

10. Теоретичні основи котельних установок. Конструкції котлів.

- 10.1. Загальні відомості.
- 10.2. Схеми котельних установок.

- 10.3. Тепловий баланс парового котла.
- 10.4. Будова і характеристика котлів малої продуктивності.
- 10.5. Розрахунок поверхні нагріву.
- 10.6. Елементи конструкції котлів допоміжні системи і пристрої.
- 10.7. Особливості експлуатації котлових установок.

Тема 11. Теплогенератори.

- 11.1. Будова та робота теплогенератора.
- 11.2. Класифікація теплогенераторів.

Тема 12. Водонагрівники. Електро та газоопалювальні прилади.

- 12.1. Будова та робота водонагрівників.
- 12.2. Класифікація водонагрівників.
- 12.3. Будова та робота електро та газоопалювальних приладів.
- 12.4. Класифікація електро та газоопалювальних приладів.

Тема 13. Компресори, вентилятори. Холодильні установки.

- 13.1. Загальні відомості та класифікація компресорів.
- 13.2. Принципи дії і будова поршневого компресора.
- 13.3. Компресорні установки.
- 13.4. Вентилятори.
- 13.5. Загальні відомості та класифікація холодильних установок.
- 13.6. Принципи дії і будова холодильних установок.
- 13.7. Холодильні установки.

Тема 14. Двигуни внутрішнього згорання.

- 14.1. Загальні відомості та класифікація.
- 14.2. Робочий цикл двигуна внутрішнього згорання.
- 14.3. Тепловий баланс та техніко економічні показники.
- 14.4. Токсичність відпрацьованих вихлопних газів двигунів внутрішнього згорання.

15. Паротурбінні електричні станції.

- 15.1. Загальні відомості та класифікація.
- 15.2. Показники теплової економічності роботи теплової електростанції.
- 15.3. Парогазові установки.
- 15.4. Атомні електростанції.

16. Дизельні електричні станції.

- 16.1. Загальні відомості.
- 16.2. Класифікація дизельних електричних станцій.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|--------------|-----|-----|-----|---|----------------------------|--------------|-----|-----|-----|----|
| | для денної форми навчання | | | | | | для заочної форми навчання | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | | усього | у тому числі | | | | |
| л | | п | лб. | інд | срс | л | | п | лб. | інд | срс | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Модуль 1 | | | | | | | | | | | | |
| Змістовий модуль 1. Теоретичні основи теплотехніки | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Основні поняття і визначення. | 9 | 2 | 2 | | | 5 | 12 | 2 | 2 | | | 8 |
| Тема 2. Термодинамічні процеси пароутворення. | 11 | 2 | 4 | | | 5 | 9 | | | | | 9 |
| Тема 3. Термодинаміка | 9 | 2 | 2 | | | 5 | 9 | | | | | 9 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|-----------|-----------|--|--|-----------|------------|----------|----------|--|--|------------|
| відкритих систем. | | | | | | | | | | | | |
| Тема 4. Теплопровідність. | 10 | 2 | 4 | | | 4 | 9 | | | | | 9 |
| Тема 5. Конвективний теплообмін. | 10 | 2 | 4 | | | 4 | 9 | | | | | 9 |
| Тема 6. Теплопровідність при граничних умовах третього роду. | 8 | 2 | 2 | | | 4 | 9 | | | | | 9 |
| Тема 7. Променевий теплообмін. | 8 | 2 | 2 | | | 4 | 9 | | | | | 9 |
| Тема 8. Основи теплого розрахунку теплообмінних апаратів. | 10 | 2 | 4 | | | 4 | 9 | | | | | 9 |
| Разом за модулем 1 | 75 | 16 | 24 | | | 35 | 75 | 2 | 2 | | | 71 |
| Змістовий модуль 2. Теплоенергетичні установки | | | | | | | | | | | | |
| Тема 9. Паливо та основи теорії горіння. | 10 | 2 | 4 | | | 4 | 12 | 2 | 2 | | | 8 |
| Тема 10. Теоретичні основи котельних установок. Конструкції котлів. | 10 | 2 | 4 | | | 4 | 9 | | | | | 9 |
| Тема 11. Теплогенератори | 9 | 2 | 2 | | | 5 | 9 | | | | | 9 |
| Тема 12. Водонагрівники. Електро та газоопалювальні прилади. | 9 | 2 | 2 | | | 5 | 9 | | | | | 9 |
| Тема 13. Компресори, вентилятори. Холодильні установки. | 10 | 2 | 4 | | | 4 | 9 | | | | | 9 |
| Тема 14. Двигуни внутрішнього згорання | 10 | 2 | 4 | | | 4 | 9 | | | | | 9 |
| 15. Паротурбінні електричні станції. | 9 | 2 | 2 | | | 5 | 9 | | | | | 9 |
| 16. Дизельні електричні станції. | 8 | 2 | 2 | | | 4 | 9 | 2 | 2 | | | 5 |
| Разом за модулем 2 | 75 | 16 | 24 | | | 35 | 75 | 4 | 4 | | | 67 |
| Всього | 150 | 32 | 48 | | | 70 | 150 | 6 | 6 | | | 138 |

Примітка: л – лекції, п – практичні заняття, лб – лабораторно-практичні заняття; інд – індивідуальні завдання, СРС – самостійна робота студентів.

5. ПЕРЕЛІК НАОЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ

Наочні засоби:

Наочні засоби:

1. Слайдові презентації у програмі Microsoft Office Power Point;

Технічні засоби:

1. Комп'ютери;
2. Мультимедійний проектор
3. Наглядні зразки теплотехнічного обладнання.
- 3.1. Діюча котельня.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Драганов Б.Х. та інші Теплотехніка: Підручник. Київ „ІНКОС”, 2005. 400с.
2. Миронов О.С. та інші Теплотехніка основи термодинаміки, теорія теплообміну, використання тепла в сільському господарстві: Посібник – Дніпропетровськ: ТОВ «ЕНЕМ», 2011-424с.
3. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни «Теплотехніка та теплоенергетичні установки» здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»./ Сенчук М. М. – Біла Церква, 2021. 60 с.
4. Теплотехніка: Навчально-методичний посібник з організації самостійної роботи та проведення лабораторно-практичних занять для студентів біолого-технологічного факультету за кредитно-модульною системою навчання/М.М. Сенчук – Біла Церква, 2007. 250 с.
5. Arthur M. Greene (Author). Heat Engineering: A Text Book of Applied Thermodynamics, for Engineers and Students, in Technical Schools (Classic Reprint) Paperback. 2017. 484 p.

Додаткова література.

1. Дідур В.А. Стручаєв М.І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві: навч. підручник. Київ, 2008. 233с.
2. Буляндра, О. Ф. Технічна термодинаміка [Текст] : підручник / О. Ф. Буляндра. – 2-ге. вид., випр. – К. : Техніка, 2006. 320 с.
3. Драганов Б.Х. Проектування систем теплопостачання сільського господарства: Навч. посібн/ Б.Х. Драганов, О.С. Бессараб, А.В. Міщенко, В.В. Шутюк; За ред. Б.Х. Драганова - Техніка, 2003. 161 с.
4. Коновалова С.О. Теплотехніка та теплоенергетика : курс лекцій для студентів металургійних спеціальностей. Ч. 1. Теплотехніка / С.О.Коновалова, А.П. Авдєєнко. – Краматорськ: ДДМА, 2009. 300 с.
5. Миронов О.С. Теплотехніка: основи термодинаміки, теорія теплообміну. / Миронов О.С., Брижа М.Р., Бойко В.Б., Золотовська О.В. – Дніпропетровськ: ТОВ«ЕНЕМ», 2011. 424 с.

Адреси сайтів в INTERNET

1. <https://btsau.edu.ua> – сайт БНАУ
2. <https://teach.btsau.net.ua> – сайт системи дистанційного Е- навчання БНАУ
3. **Бібліотеки України (каталоги і повні тексти)** [http://www.e-catalog.name/x/x/x.exe?LNG=&C21COM=S&I21DBN=NBUV&P21DBN=NBUV&S21FMT=info_wh&S21ALL=\(<.>К%3Дмеханізація<.>\)&Z21ID=&S21SRW=TIPVID&S21SRD=&S21STN=1&S21REF=10S21CNR=&S21CNR=20](http://www.e-catalog.name/x/x/x.exe?LNG=&C21COM=S&I21DBN=NBUV&P21DBN=NBUV&S21FMT=info_wh&S21ALL=(<.>К%3Дмеханізація<.>)&Z21ID=&S21SRW=TIPVID&S21SRD=&S21STN=1&S21REF=10S21CNR=&S21CNR=20)
4. **Наукова бібліотека Національного університету біоресурсів і природокористування України** <http://irb.nubip.edu.ua/cgi->

bin/irbis64r_14/cgiirbis_64.exe?LNG=&Z21ID=&I21DBN=NUBIP&P21DBN=NUBIP&S21STN=1&S21REF=5&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=10&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=S=&S21STR=Механізація%20лісогосподарських%20робіт

5. www.google.com.ua – пошуковий сервер

6. www.nbuv.gov.ua – Національна бібліотека України ім. Вернадського

6. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ.

Змістовий модуль 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕПЛОТЕХНІКИ.

Тема 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ВИЗНАЧЕННЯ

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

Таблиця 1 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|-----|-----|-----|-----------------|-----|-----|------|------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 760 | -40 | 0,1 | 315 | Водень | 4,1 | 276 | 0,10 | 1,2 | 3,1 |
| 2 | 759 | -20 | 0,2 | 321 | Метан | 3,8 | 280 | 0,30 | 1,0 | 3,2 |
| 3 | 757 | 10 | 0,3 | 320 | Водяна пара | 3,6 | 297 | 0,40 | 0,9 | 3,3 |
| 4 | 740 | 50 | 0,4 | 330 | Азот | 3,3 | 230 | 0,60 | 1,4 | 3,4 |
| 5 | 739 | 35 | 0,5 | 391 | Кисень | 3,7 | 222 | 0,70 | 2,5 | 3,5 |
| 6 | 741 | 21 | 0,6 | 382 | Вуглекислий газ | 3,9 | 217 | 0,80 | 0,4 | 4,6 |
| 7 | 742 | 22 | 0,7 | 383 | Повітря | 4,0 | 157 | 0,90 | 0,8 | 4,7 |
| 8 | 745 | 23 | 0,8 | 384 | Водень | 1,2 | 250 | 0,01 | 3,3 | 5,1 |
| 9 | 755 | 24 | 0,9 | 385 | Метан | 1,5 | 200 | 0,03 | 4,5 | 5,3 |
| 10 | 732 | 25 | 1,0 | 386 | Водяна пара | 1,1 | 320 | 0,04 | 7,2 | 5,2 |
| 11 | 765 | 26 | 1,3 | 385 | Азот | 2,3 | 150 | 0,06 | 12,6 | 5,7 |
| 12 | 763 | 27 | 1,5 | 378 | Кисень | 3,2 | 530 | 0,07 | 10,1 | 5,9 |
| 13 | 731 | 28 | 1,8 | 366 | Вуглекислий газ | 1,6 | 810 | 0,08 | 18,4 | 1,2 |
| 14 | 736 | 29 | 1,9 | 365 | Повітря | 1,4 | 290 | 0,09 | 0,6 | 1,5 |
| 15 | 737 | 30 | 2,0 | 364 | Водень | 1,7 | 260 | 0,05 | 11,0 | 1,1 |
| 16 | 739 | 31 | 2,5 | 362 | Метан | 2,4 | 155 | 0,02 | 9,2 | 2,3 |
| 17 | 735 | 32 | 2,4 | 361 | Водяна пара | 2,2 | 324 | 1,01 | 6,5 | 3,2 |
| 18 | 743 | 33 | 2,3 | 333 | Азот | 2,7 | 245 | 1,02 | 4,4 | 1,6 |
| 19 | 744 | 34 | 2,1 | 360 | Кисень | 2,8 | 250 | 1,03 | 4,1 | 1,4 |
| 20 | 748 | 35 | 2,6 | 340 | Вуглекислий газ | 1,0 | 170 | 1,04 | 2,3 | 1,7 |
| 21 | 750 | 36 | 2,8 | 341 | Повітря | 0,4 | 50 | 1,05 | 2,6 | 2,4 |
| 22 | 751 | 37 | 2,9 | 342 | Повітря | 0,5 | 580 | 0,5 | 3,7 | 2,2 |
| 23 | 753 | 38 | 3,1 | 343 | Водень | 0,2 | 790 | 0,2 | 0,2 | 2,7 |
| 24 | 755 | 39 | 3,0 | 344 | Метан | 0,1 | 810 | 1,06 | 0,1 | 2,8 |
| 25 | 752 | 40 | 3,3 | 345 | Водяна пара | 0,8 | 930 | 1,07 | 1,3 | 1,0 |
| 26 | 725 | 41 | 3,4 | 346 | Повітря | 6,2 | 931 | 0,2 | 1,5 | 1,1 |
| 27 | 726 | 42 | 3,5 | 347 | Повітря | 6,3 | 932 | 0,3 | 1,6 | 1,2 |
| 28 | 727 | 43 | 3,6 | 348 | Водень | 6,4 | 933 | 0,4 | 1,7 | 1,3 |
| 29 | 728 | 44 | 3,7 | 349 | Метан | 6,0 | 934 | 0,1 | 1,8 | 1,4 |
| 30 | 729 | 45 | 3,8 | 350 | Водяна пара | 6,1 | 935 | 0,5 | 1,9 | 1,5 |

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 3,1 | 280 | 10 | 315 | 250 | 760 | 250 | 10 | 250 | 40 |
| 2 | 3,2 | 297 | 51 | 321 | 285 | 759 | 285 | 12 | 285 | 20 |
| 3 | 3,3 | 230 | 42 | 320 | 268 | 757 | 268 | 4 | 268 | 10 |
| 4 | 3,4 | 222 | 296 | 330 | 325 | 740 | 325 | 3 | 325 | 50 |
| 5 | 3,5 | 217 | 277 | 391 | 348 | 739 | 348 | 15 | 348 | 35 |
| 6 | 4,6 | 157 | 322 | 382 | 333 | 741 | 333 | 17 | 333 | 21 |
| 7 | 4,7 | 121 | 274 | 383 | 336 | 742 | 336 | 18 | 336 | 22 |
| 8 | 5,1 | 273 | 200 | 384 | 273 | 745 | 273 | 20 | 273 | 23 |
| 9 | 5,3 | 200 | 320 | 385 | 284 | 755 | 284 | 1 | 284 | 24 |
| 10 | 5,2 | 320 | 150 | 386 | 266 | 732 | 266 | 2 | 266 | 25 |
| 11 | 5,7 | 150 | 530 | 385 | 250 | 765 | 250 | 5 | 250 | 26 |
| 12 | 5,9 | 530 | 810 | 378 | 291 | 763 | 291 | 8 | 291 | 27 |
| 13 | 1,2 | 810 | 290 | 366 | 294 | 731 | 294 | 9 | 294 | 28 |
| 14 | 1,5 | 290 | 260 | 365 | 296 | 736 | 296 | 11 | 296 | 29 |
| 15 | 1,1 | 260 | 155 | 364 | 299 | 737 | 299 | 13 | 299 | 30 |
| 16 | 2,3 | 155 | 324 | 362 | 300 | 739 | 300 | 14 | 300 | 31 |
| 17 | 3,2 | 324 | 245 | 361 | 301 | 735 | 301 | 25 | 301 | 32 |
| 18 | 1,6 | 245 | 250 | 333 | 303 | 743 | 303 | 45 | 303 | 33 |
| 19 | 1,4 | 250 | 50 | 360 | 305 | 744 | 305 | 35 | 305 | 34 |
| 20 | 1,7 | 50 | 580 | 340 | 308 | 748 | 308 | 41 | 308 | 35 |
| 21 | 2,4 | 580 | 790 | 341 | 309 | 750 | 309 | 44 | 309 | 36 |
| 22 | 2,2 | 790 | 811 | 342 | 459 | 751 | 459 | 28 | 459 | 37 |
| 23 | 2,7 | 811 | 930 | 343 | 475 | 753 | 475 | 100 | 475 | 38 |
| 24 | 2,8 | 930 | 222 | 344 | 525 | 755 | 525 | 54 | 525 | 39 |
| 25 | 1,0 | 251 | 217 | 345 | 664 | 752 | 664 | 32 | 664 | 40 |
| 26 | 1,3 | 252 | 218 | 346 | 665 | 756 | 667 | 33 | 667 | 41 |
| 27 | 1,4 | 253 | 219 | 347 | 666 | 757 | 668 | 34 | 668 | 42 |
| 28 | 1,5 | 254 | 220 | 348 | 667 | 758 | 669 | 35 | 669 | 43 |
| 29 | 1,8 | 255 | 221 | 349 | 668 | 759 | 700 | 36 | 670 | 44 |
| 30 | 1,9 | 256 | 222 | 350 | 669 | 800 | 701 | 37 | 671 | 45 |

1. Встановлено, що при роботі доїльної установки покази вакуометра становили (0,06 МПа), тиск атмосферного повітря складає (вказано в табл. 1 згідно з варіантом) мм. рт. ст.. Визначити абсолютний тиск.

2. Привести покази барометра до 0 °С, якщо барометричний тиск становить 738 мм. рт. ст. при температурі повітря (вказано в табл. 1 згідно з варіантом) °С.

3. Газ стискають, змінюючи об'єм циліндра при постійній температурі: початкові параметри – об'єм циліндра $V_1 = 860 \text{ см}^3$, тиск $p_1 = 50000 \text{ Н/м}^2$, після стискання тиск p_2 становив (вказано в табл. 1 згідно з варіантом) МПа. Знайти об'єм циліндра.

4. Посудину з газом від температури $T_1 = 40 \text{ °С}$ підігрівають до температури (вказано в табл. 1 згідно з варіантом) °К, початковий тиск газу складав 300000 Н/м^2 . Визначити тиск газу після нагрівання в МПа.

5. Визначити питому газову сталу R газу, вказаного в табл. 1 згідно з варіантом.

6. Визначити масову частку газу g_1 в газовій суміші, якщо відомо загальна маса газової суміші $M = 4,5 \text{ кг}$, а маса компонента $m_1 =$ (вказано в табл. 1 згідно з варіантом)

7. Визначити питому газову сталу суміші R , якщо відомо тиск $p=300$ Па, об'єм газової суміші $V=2,5$ м³, маса газової суміші $M = 4,5$ кг, температура $T=$ (вказано в табл. 1 згідно з варіантом), °С.

8. Відомо, що парціальний тиск компонента газової суміші $p_1=500$ Па, а парціальний тиск газової суміші $p = 1000$ Па, густина суміші $\rho =$ (вказано в табл. 1 згідно з варіантом), кг/м³. Визначити густину компонента газової суміші, коли масова частка компонента $g_1=0,4$.

9. Визначити масову теплоємність робочого тіла, коли відома об'ємна теплоємність $1,131$ кДж/м³·К, густина ρ_0 (вказано в табл. 1 згідно з варіантом), кг/м³.

10. Масова теплоємність при сталому тиску одноатомного газу c_p (вказано в табл. 1 згідно з варіантом), кДж/кг·град. Визначити масову теплоємність при сталому об'ємі.

11. Визначити мольну теплоємність при сталому тиску, якщо відома мольна теплоємність при сталому об'ємі μc_v , кДж/кмоль·К (вказано в табл. 1 згідно з варіантом).

12. Масова теплоємність газу $1,28$ кДж/кг·град. Визначити скільки енергії треба витратити, щоб нагріти 5 кг газу від температури 15 °С до температури (вказано в табл. 1 згідно з варіантом), (К).

13. Визначити кількість теплоти для нагрівання 50 кг води якщо теплоємність води $4,19$ кДж/кг·град від температури 12 °С, до температури (вказано в табл. 1 згідно з варіантом), (К).

14. Визначити зміну внутрішньої енергії газу, якщо 20 кг газу нагріли від температури 20 °С до температури (вказано в табл. 1 згідно з варіантом), К. Питома теплоємність газу $c_{vm}= 40$ КДж/кг·град.

15. Визначити ентальпію газу, відомо питому теплоємність газу $c_p= 10$ КДж/кг·град. Температура (вказано в табл. 1 згідно з варіантом), °С.

16. Визначити кількість отриманої механічної енергії за першим законом термодинаміки, коли затрачено (вказано в табл. 1 згідно з варіантом), кількість теплової енергії, кДж.

17. В ізохорному процесі газ з початковим тиском 500 Па підігріли до температури (вказано в табл. 1 згідно з варіантом), °С, після чого тиск газу збільшився до 1000 Па. Визначити початкову температуру газу.

18. Визначити термічний коефіцієнт корисної дії, якщо затратили на виконання роботи 1 мДж, причому корисне тепло становило (вказано в табл. 1 згідно з варіантом), кДж.

19. Початкова температура робочого тіла складала (вказано в табл. 1 згідно з варіантом), °С, а кінцева 300 °К. Визначити к.к.д. процесу.

20. Визначити кінцеву температуру робочого тіла якщо підведено 200 кДж тепла, а корисне тепло складало 1100 Дж, початкова температура робочого тіла (вказано в табл. 1 згідно з варіантом), °С.

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань, з написанням формул і цифрових даних для вказаного варіанту.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи № 1. _____

Мета роботи: _____

Таблиця 1 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| № завдання | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| | | | | | | | | | | |

1. Встановлено, що при роботі доїльної установки покази вакуометра становили (0,06 МПа), тиск атмосферного повітря складає (вказано в табл. 1 згідно з варіантом) _____ мм. рт. ст.. Визначити абсолютний тиск.

$$p_v = p_a - p$$

Тема 2. ТЕРМОДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ ПОРОУТВОРЕННЯ

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач другого закону термодинаміки.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

Таблиця 2 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 315 | 10 | 250 | 760 | 250 | 40 | 0,1 | 10 | 12 | 250 |
| 2 | 321 | 12 | 285 | 759 | 285 | 20 | 0,2 | 12 | 15 | 285 |
| 3 | 320 | 4 | 268 | 757 | 268 | 10 | 0,3 | 4 | 16 | 268 |
| 4 | 330 | 3 | 325 | 740 | 325 | 50 | 0,4 | 3 | 18 | 325 |
| 5 | 391 | 15 | 348 | 739 | 348 | 35 | 0,5 | 15 | 44 | 348 |
| 6 | 382 | 17 | 333 | 741 | 333 | 21 | 0,6 | 17 | 53 | 333 |
| 7 | 383 | 18 | 336 | 742 | 336 | 22 | 0,7 | 18 | 124 | 336 |
| 8 | 384 | 20 | 273 | 745 | 273 | 23 | 0,8 | 20 | 235 | 273 |
| 9 | 385 | 1 | 284 | 755 | 284 | 24 | 0,9 | 1 | 112 | 284 |
| 10 | 386 | 2 | 266 | 732 | 266 | 25 | 1,0 | 2 | 96 | 266 |
| 11 | 385 | 5 | 250 | 765 | 250 | 26 | 1,3 | 5 | 35 | 250 |
| 12 | 378 | 8 | 291 | 763 | 291 | 27 | 1,5 | 8 | 55 | 291 |
| 13 | 366 | 9 | 294 | 731 | 294 | 28 | 1,8 | 9 | 28 | 294 |
| 14 | 365 | 11 | 296 | 736 | 296 | 29 | 1,9 | 11 | 30 | 296 |
| 15 | 364 | 13 | 299 | 737 | 299 | 30 | 2,0 | 13 | 42 | 299 |
| 16 | 362 | 14 | 300 | 739 | 300 | 31 | 2,5 | 14 | 46 | 300 |
| 17 | 361 | 25 | 301 | 735 | 301 | 32 | 2,4 | 25 | 43 | 301 |
| 18 | 333 | 45 | 303 | 743 | 303 | 33 | 2,3 | 45 | 33 | 303 |
| 19 | 360 | 35 | 305 | 744 | 305 | 34 | 2,1 | 35 | 34 | 305 |
| 20 | 340 | 41 | 308 | 748 | 308 | 35 | 2,6 | 41 | 35 | 308 |
| 21 | 341 | 44 | 309 | 750 | 309 | 36 | 2,8 | 44 | 31 | 309 |
| 22 | 342 | 28 | 459 | 751 | 459 | 37 | 2,9 | 28 | 21 | 459 |
| 23 | 343 | 10 | 475 | 753 | 475 | 38 | 3,1 | 100 | 24 | 475 |
| 24 | 344 | 5 | 525 | 755 | 525 | 39 | 3,0 | 54 | 25 | 525 |
| 25 | 345 | 32 | 664 | 752 | 664 | 40 | 3,3 | 32 | 27 | 464 |
| 26 | 346 | 33 | 665 | 754 | 665 | 41 | 3,4 | 34 | 28 | 667 |
| 27 | 347 | 34 | 666 | 756 | 666 | 42 | 3,5 | 36 | 29 | 668 |
| 28 | 348 | 36 | 667 | 757 | 667 | 43 | 3,6 | 37 | 30 | 669 |
| 29 | 349 | 37 | 668 | 758 | 668 | 44 | 3,7 | 38 | 34 | 471 |
| 30 | 350 | 38 | 669 | 759 | 669 | 45 | 3,8 | 40 | 36 | 472 |

1. Визначити ентальпію гарячої води, якщо відомо що при нагріванні від 0 °С 20 кг води витрачено (вказано в табл. 2 згідно з варіантом), кДж тепла.

2. Визначити зміну ентропії в ізобарному процесі нагрівання води від 0 °С до температури кипіння 100 °С, теплоємність (вказано в табл. 2 згідно з варіантом), кДж/кг·град.

3. Відомо в процесі пароутворення ентальпія водяної пари змінилася з (вказано в табл. 2 згідно з варіантом), кДж/ кг до 1000 кДж/кг. Визначити кількість теплоти, витраченої для випаровування 50 кг води.

4. Затрачено на 1 кг випаровування води (вказано в табл. 2 згідно з варіантом), кДж тепла. Скільки води можна перетворити в пару, витративши 10 МДж тепла.

5. Яка ентальпія водяної пари, якщо відомо, що для випаровування 30 кг води з початковою температурою 0 °С витрачено (вказано в табл. 2 згідно з варіантом), МДж тепла.

6. Визначити зміну ентропії випаровування 60 кг води при температурі 100 °С, якщо витрачено 300 МДж теплоти, питома теплоємність води (вказано в табл. 2 згідно з варіантом), кДж/кг·град.

7. Визначити ентальпію вологої насиченої пари якщо ентальпія води складає 700 кДж/кг і для утворення (вказано в табл. 2 згідно з варіантом), кг пари використано 60 мДж тепла.

8. Визначити питомий об'єм вологої пари тиском до 30 бар, якщо відомо міру сухості 0,7 кг сухої пари питомого об'єму (вказано в табл. 2 згідно з варіантом), м³/кг та питомого об'єму води 0,009 м³/кг.

9. Визначити питомий об'єм вологої пари тиском більше 30 бар, якщо відомо міра сухості – 0,7 кг сухої пари питомого об'єму (вказано в табл. 2 згідно з варіантом), м³/кг та питомого об'єму води – 0,009 м³/кг.

10. Визначити ентальпію перегрітої пари, якщо відомо теплоємність водяної пари (вказано в табл. 2 згідно з варіантом), кДж/кг·град, температура кипіння 100 °С, температура перегрітої пари 150 °С, ентальпія сухої пари – 500 кДж/кг

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань, з написанням формул і цифрових даних для вказаного варіанту.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи 2

Мета роботи _____

Таблиця 2 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | | | | | | | | | | |

1. Визначити ентальпію гарячої води, якщо відомо що при нагріванні від 0 °С 20 кг води витрачено (вказано в табл. 2 згідно з варіантом), _____кДж тепла.

$$i = \frac{Q}{m} =$$

Тема 3. ТЕРМОДИНАМІКА ВІДКРИТИХ СИСТЕМ

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач термодинаміки відкритих систем.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

Таблиця 3 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|-----|-----|-----|------|----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 315 | 10 | 250 | 760 | 2,50 | 40 | 0,1 | 10 | 12 | 250 |
| 2 | 321 | 12 | 285 | 759 | 2,85 | 20 | 0,2 | 12 | 15 | 285 |
| 3 | 320 | 4 | 268 | 757 | 2,68 | 10 | 0,3 | 4 | 16 | 268 |
| 4 | 330 | 3 | 325 | 740 | 325 | 50 | 0,4 | 3 | 18 | 325 |
| 5 | 391 | 15 | 348 | 739 | 3,48 | 35 | 0,5 | 15 | 44 | 348 |
| 6 | 382 | 17 | 333 | 741 | 3,33 | 21 | 0,6 | 17 | 53 | 333 |
| 7 | 383 | 18 | 336 | 742 | 3,36 | 22 | 0,7 | 18 | 124 | 336 |
| 8 | 384 | 20 | 273 | 745 | 2,73 | 23 | 0,8 | 20 | 235 | 273 |
| 9 | 385 | 1 | 284 | 755 | 2,84 | 24 | 0,9 | 1 | 112 | 284 |
| 10 | 386 | 2 | 266 | 732 | 2,66 | 25 | 1,0 | 2 | 96 | 266 |
| 11 | 385 | 5 | 250 | 765 | 2,50 | 26 | 1,3 | 5 | 35 | 250 |
| 12 | 378 | 8 | 291 | 763 | 2,91 | 27 | 1,5 | 8 | 55 | 291 |
| 13 | 366 | 9 | 294 | 731 | 2,94 | 28 | 1,8 | 9 | 28 | 294 |
| 14 | 365 | 11 | 296 | 736 | 2,96 | 29 | 1,9 | 11 | 30 | 296 |
| 15 | 364 | 13 | 299 | 737 | 2,99 | 30 | 2,0 | 13 | 42 | 299 |
| 16 | 362 | 14 | 300 | 739 | 3,00 | 31 | 2,5 | 14 | 46 | 300 |
| 17 | 361 | 25 | 301 | 735 | 3,01 | 32 | 2,4 | 25 | 43 | 301 |
| 18 | 333 | 45 | 303 | 743 | 3,03 | 33 | 2,3 | 45 | 33 | 303 |
| 19 | 360 | 35 | 305 | 744 | 3,05 | 34 | 2,1 | 35 | 34 | 305 |
| 20 | 340 | 41 | 308 | 748 | 3,08 | 35 | 2,6 | 41 | 35 | 308 |
| 21 | 341 | 44 | 309 | 750 | 3,09 | 36 | 2,8 | 44 | 31 | 309 |
| 22 | 342 | 28 | 459 | 751 | 2,59 | 37 | 2,9 | 28 | 21 | 459 |
| 23 | 343 | 100 | 475 | 753 | 1,75 | 38 | 3,1 | 100 | 24 | 475 |
| 24 | 344 | 54 | 525 | 755 | 1,25 | 39 | 3,0 | 54 | 25 | 525 |
| 25 | 345 | 32 | 664 | 752 | 1,64 | 40 | 3,3 | 32 | 27 | 464 |
| 26 | 346 | 33 | 665 | 751 | 1,65 | 41 | 3,4 | 33 | 28 | 465 |
| 27 | 347 | 34 | 666 | 752 | 1,66 | 42 | 3,5 | 34 | 29 | 466 |
| 28 | 348 | 36 | 667 | 753 | 1,67 | 43 | 3,6 | 35 | 30 | 467 |
| 29 | 349 | 42 | 668 | 754 | 1,68 | 44 | 3,7 | 36 | 31 | 468 |
| 30 | 350 | 43 | 669 | 755 | 1,69 | 45 | 3,8 | 37 | 32 | 469 |

1. Нехай у процесі витікання 1 кг газу, який знаходиться під тиском $p_1 =$ (вказано в табл. 3 згідно з варіантом), кПа поршень A площею $f_1 = 0,3\text{м}^2$ переміститься на величину $S_1 = 0,2$ м, а поршень B площею $f_2 = 0,1\text{м}^2$ перемістився на величину $S_2 = 0.5$ м. При цьому результуюча робота зовнішніх сил склала 200 кДж. Знайти тиск газу після витікання p_2 .

2. Визначити швидкість витікання газу, якщо відомо: ентальпія до витікання газу $i_1 = 130$ КДж/кг, а ентальпія після витікання газу (вказано в табл. 3 згідно з варіантом), кДж/кг.

3. Визначити теоретичну і фактичну швидкість витікання двоатомного газу, якщо відомо: тиском $p_1 =$ (вказано в табл. 3 згідно з варіантом), кПа, питомий об'єм $v_1 = 12$ м³/кг, і тиск після сопла $p_2 = 100$ кПа.

4. Визначити фактичну масову секундну витрату двоатомного газу через сопло площею $0,001 \text{ м}^2$, якщо відомо: тиск $p_1 =$ (вказано в табл. 3 згідно з варіантом), кПа, питомий об'єм $v_1 = 12 \text{ м}^3/\text{кг}$, і тиск після сопла – $p_2 = 100 \text{ кПа}$.

5. Визначити довжину частини сопла Лавалю, що розширюється, якщо дано кут конусності $\alpha = 10^\circ$; максимальна площа перерізу – $0,004 \text{ м}^2$ мінімальна площа перерізу – (вказано в табл. 3 згідно з варіантом), см^2 .

6. Визначити дійсну швидкість витікання газу, якщо теоретична швидкість (вказано в табл. 3 згідно з варіантом), м/с. Коефіцієнт швидкості – 0,95.

7. Визначити максимальну площу перерізу сопла Лавалю, м^2 , довжина частини, що розширюється – 0,4 м, якщо дано кут конусності $\alpha = 10^\circ$; мінімальна площа перерізу – (вказано в табл. 3 згідно з варіантом), см^2 .

8. Відомо термічний к.к. д. паросилової установки – 0,6, корисне тепло за 1 год роботи склало (вказано в табл. 3 згідно з варіантом), МДж. Визначити величину відведеного тепла.

9. Відомо, що ентальпія перегрітої пари паросилової установки – (вказано в табл. 3 згідно з варіантом), кДж/кг, ентальпія води в конденсаторі – 5 кДж/кг, ентальпія води що кипить – 2 кДж/кг. Визначити термічний к.к.д. циклу.

10. Відомо що ентальпія перегрітої пари паросилової установки – (вказано в табл. 3 згідно з варіантом), кДж/кг; ентальпія води в конденсаторі – 5 кДж/кг. Визначити питому витрату пари.

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань, з написанням формул і цифрових даних для вказаного варіанту.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи 3

Мета роботи _____

Таблиця 3 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|------------|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | | | | | | | | | | |
| № завдання | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | | | | | | | | | | |

1. Нехай у процесі витікання 1 кг газу, який знаходиться під тиском $p_1 =$ (вказано в табл. 3 згідно з варіантом), ___ КПа поршень А площею $f_1 = 0,3 \text{ м}^2$ переміститься на величину $S_1 = 0,2 \text{ м}$, а поршень В площею $f_2 = 0,1 \text{ м}^2$ перемістився на величину $S_2 = 0,5 \text{ м}$. При цьому результуюча робота зовнішніх сил склала 200 кДж. Знайти тиск газу після витікання p_2 .

$$q = p_1 f_1 S_1 - p_2 f_2 S_2 \quad p_2 = \frac{p_1 f_1 S_1 - q}{f_2 S_2} =$$

Тема 4. ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач теплопровідності.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

Таблиця 4 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|-----|-----|-----|-----|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 315 | 10 | 250 | 760 | 35 | | | | | |
| 2 | 321 | 12 | 285 | 759 | 40 | | | | | |
| 3 | 320 | 4 | 268 | 757 | 45 | | | | | |
| 4 | 330 | 3 | 325 | 740 | 50 | | | | | |
| 5 | 391 | 15 | 348 | 739 | 55 | | | | | |
| 6 | 382 | 17 | 333 | 741 | 60 | | | | | |
| 7 | 383 | 18 | 336 | 742 | 65 | | | | | |
| 8 | 384 | 20 | 273 | 745 | 70 | | | | | |
| 9 | 385 | 1 | 284 | 755 | 75 | | | | | |
| 10 | 386 | 2 | 266 | 732 | 80 | | | | | |
| 11 | 385 | 5 | 250 | 765 | 85 | | | | | |
| 12 | 378 | 8 | 291 | 763 | 90 | | | | | |
| 13 | 366 | 9 | 294 | 731 | 95 | | | | | |
| 14 | 365 | 11 | 296 | 736 | 100 | | | | | |
| 15 | 364 | 13 | 299 | 737 | 105 | | | | | |
| 16 | 362 | 14 | 300 | 739 | 110 | | | | | |
| 17 | 361 | 25 | 301 | 735 | 115 | | | | | |
| 18 | 333 | 45 | 303 | 743 | 120 | | | | | |
| 19 | 360 | 35 | 305 | 744 | 125 | | | | | |
| 20 | 340 | 41 | 308 | 748 | 130 | | | | | |
| 21 | 341 | 44 | 309 | 750 | 135 | | | | | |
| 22 | 342 | 28 | 459 | 751 | 140 | | | | | |
| 23 | 343 | 100 | 475 | 753 | 145 | | | | | |
| 24 | 344 | 54 | 525 | 755 | 150 | | | | | |
| 25 | 345 | 32 | 664 | 752 | 155 | | | | | |
| 26 | 346 | 33 | 667 | 754 | 160 | | | | | |
| 27 | 347 | 34 | 668 | 755 | 165 | | | | | |
| 28 | 348 | 35 | 669 | 756 | 170 | | | | | |
| 29 | 349 | 36 | 670 | 757 | 175 | | | | | |
| 30 | 350 | 37 | 671 | 758 | 180 | | | | | |

1. Визначити, скільки тепла передається через плоску одношарову стінку з фанери товщиною 3 см, площа якої 5 м^2 , за 15 год, якщо відомо, що температура на поверхні стінки з боку грюючого тіла $80 \text{ }^\circ\text{C}$, а з боку тіла, що нагрівається (вказано в табл. 4 згідно з варіантом), К.

2. Визначити питому густину теплового потоку через плоску одношарову стінку з текстоліту товщиною 3 см, якщо відомо, що температура на поверхні стінки з боку грюючого тіла $70 \text{ }^\circ\text{C}$, а з боку тіла, що нагрівається (вказано в табл. 4 згідно з варіантом), $^\circ\text{C}$.

3. Визначити теплову провідність матеріалів, заданих в таблиці нижче, якщо відомо товщину стінки (вказано в табл. 4 згідно з варіантом), мм.

| Матеріал | λ , Вт/м·К | $\frac{\lambda}{\delta}$ Вт/м ² К | Матеріал | λ , Вт/м·К | $\frac{\lambda}{\delta}$ Вт/м ² К |
|------------------------------|--------------------|---|------------------------------|--------------------|--|
| <i>Метали</i> | | | Шлакова вата | 0,07 | |
| Алюміній | 200 | | Шлак котельний | 0,29 | |
| Латунь | 85 | | <i>Ізоляційні матеріали:</i> | | |
| Мідь | 380 | | азбестове волокно | 0,11 | |
| Сталь | 45 | | азбест листовий | 0,12 | |
| Чавун | 63 | | азбозуррит | 0,16 | |
| <i>Будівельні матеріали:</i> | | | мінеральна шерсть | 0,046 | |
| бетон | 1,27 | | коркова плита | 0,042 | |
| цегла будівельна | 0,7 | | корковий дрібняк | 0,038 | |
| цегла шамотна | 0,83 | | <i>Різні матеріали:</i> | | |
| Дерево дуб: | | | асфальт | | |
| упоперек волокон | 0,23 | | глина | 0,7 | |
| | | | вогнетривка | | |
| уздовж волокон | 0,37 | | накип котельний | 0,08-0,23 | |
| Скло | 0,74 | | пісок річковий (сухий) | 0,35 | |
| Склянна вата | 0,037 | | гума | 0,155 | |
| Фанера клеєна | 0,15 | | сніг ущільнений | 0,46 | |
| Фарфор | 1,03 | | текстоліт | 0,23-0,34 | |

4. Визначити, скільки тепла передається через циліндричну одношарову сталю стінку довжини труби (вказано в табл. 4 згідно з варіантом), см, за 5 год, якщо відомо, що температура на поверхні стінки з боку гріючого тіла 80 °С, а з боку тіла, що нагрівається, 285 К. Внутрішній і зовнішній діаметри труби – відповідно 55 і 60 мм.

5. Визначити температуру тіла що нагрівається якщо відомо, що тепло передалося через плоску одношарову стінку з шлакової вати товщиною 10 см (вказано в табл. 4 згідно з варіантом) _____ МДж, площа якої 5 м², за 15 год, якщо відомо, що температура на поверхні стінки з боку гріючого тіла 80 °С.

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань, з написанням формул і цифрових даних для вказаного варіанту.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи 4

Мета роботи _____

Таблиця 4 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|--|--|--|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

1. Визначити, скільки тепла передається через плоску одношарову стінку з фанери товщиною 3 см, площа якої 5 м², за 15 год, якщо відомо, що температура на поверхні стінки з

боку гріючого тіла 80 °С, а з боку тіла, що нагрівається (вказано в табл. 4 згідно з варіантом), _____ К.

$$Q = \lambda \frac{t_1 - t_2}{\delta} F \cdot \tau =$$

$$\lambda = 0,15 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$$

Тема 5. КОНВЕКТИВНИЙ ТЕПЛОБМІН

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач конвективного теплообміну.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

Таблиця 5 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| 1 | 2,50 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | | |
| 2 | 2,85 | 10 | 10 | 10 | 10 | | | | | |
| 3 | 2,68 | 15 | 15 | 15 | 15 | | | | | |
| 4 | 3,25 | 20 | 20 | 20 | 20 | | | | | |
| 5 | 3,48 | 25 | 25 | 25 | 25 | | | | | |
| 6 | 3,33 | 30 | 30 | 30 | 30 | | | | | |
| 7 | 3,36 | 35 | 35 | 35 | 35 | | | | | |
| 8 | 2,73 | 40 | 40 | 40 | 40 | | | | | |
| 9 | 2,84 | 45 | 45 | 45 | 45 | | | | | |
| 10 | 2,66 | 50 | 50 | 50 | 50 | | | | | |
| 11 | 2,50 | 55 | 55 | 55 | 55 | | | | | |
| 12 | 2,91 | 60 | 60 | 60 | 60 | | | | | |
| 13 | 2,94 | 65 | 65 | 65 | 65 | | | | | |
| 14 | 2,96 | 70 | 70 | 70 | 70 | | | | | |
| 15 | 2,99 | 75 | 75 | 75 | 75 | | | | | |
| 16 | 3,00 | 80 | 80 | 80 | 80 | | | | | |
| 17 | 3,01 | 85 | 85 | 85 | 85 | | | | | |
| 18 | 3,03 | 90 | 90 | 90 | 90 | | | | | |
| 19 | 3,05 | 95 | 95 | 95 | 95 | | | | | |
| 20 | 3,08 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | | | |
| 21 | 3,09 | 105 | 105 | 105 | 105 | | | | | |
| 22 | 2,59 | 110 | 110 | 110 | 110 | | | | | |
| 23 | 1,75 | 115 | 115 | 115 | 115 | | | | | |
| 24 | 1,25 | 120 | 120 | 120 | 120 | | | | | |
| 25 | 1,64 | 125 | 125 | 125 | 125 | | | | | |
| 26 | 1,65 | 130 | 130 | 130 | 130 | | | | | |
| 27 | 1,66 | 135 | 135 | 135 | 135 | | | | | |
| 28 | 1,67 | 140 | 140 | 140 | 140 | | | | | |
| 29 | 1,68 | 145 | 145 | 145 | 145 | | | | | |
| 30 | 1,69 | 150 | 150 | 150 | 150 | | | | | |

Нижче наведено орієнтовні величини коефіцієнта тепловіддачі α Вт/(м²·К) для випадків, що часто трапляються.

Для газів при природній конвекції.....5,82 – 34,9

Для газів, що рухаються по трубах або між ними.....11,63 – 116,3

Для пари в трубках пароперегрівника.....116,3 – 2326

| | |
|---|---------------|
| Для води за природної конвекції | 16,3 – 1163 |
| Для води, що рухається по трубах..... | 581.5 – 11630 |
| Для киплячої води..... | 2326 – 11630 |
| Для водяної пари, що конденсується..... | 4652 – 17445 |

1. Визначити, скільки тепла передається при конвективному теплообміні для газів при природній конвекції, якщо відомо коефіцієнт тепловіддачі $6 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, площа поверхні 8 м^2 , температура на поверхні стінки з боку гріючого тіла $70 \text{ }^\circ\text{C}$, а з боку тіла, що нагрівається (вказано в табл. 5 згідно з варіантом), $^\circ\text{C}$ за 5 год.

2. Який коефіцієнт теплопередачі якщо відомо, що кількість тепла передається при конвективному теплообміні _____ МДж (вказано в табл. 5 згідно з варіантом), площа поверхні 8 м^2 , температура на поверхні стінки з боку гріючого тіла $70 \text{ }^\circ\text{C}$, а з боку тіла, що нагрівається, $5 \text{ }^\circ\text{C}$ за 5 год.

3. Яка температура на поверхні стінки з боку гріючого тіла $^\circ\text{C}$ при теплопередачі теплопередачі якщо відомо, що кількість тепла, що передається при конвективному теплообміні _____ МДж (вказано в табл. 5 згідно з варіантом), коефіцієнт тепловіддачі $6 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, площа поверхні 8 м^2 , а з боку тіла, що нагрівається, $5 \text{ }^\circ\text{C}$ за 5 год.

4. Визначити за скільки годин передається при конвективному теплообміні _____ МДж (вказано в табл. 5 згідно з варіантом), коефіцієнт тепловіддачі $6 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, площа поверхні 8 м^2 , температура на поверхні стінки з боку гріючого тіла $70 \text{ }^\circ\text{C}$, а з боку тіла, що нагрівається, $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

5. Яка температура на поверхні стінки з боку тіла, що нагрівається $^\circ\text{C}$ при теплопередачі якщо відомо, що кількість тепла, що передається при конвективному теплообміні _____ МДж (вказано в табл. 5 згідно з варіантом), коефіцієнт тепловіддачі $6 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, площа поверхні 8 м^2 , а з боку гріючого тіла, $85 \text{ }^\circ\text{C}$ за 5 год.

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань, з написанням формул і цифрових даних для вказаного варіанту.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи 5

Мета роботи _____

Таблиця 5 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | | | | | | | | | | |

1. Визначити, скільки тепла передається при конвективному теплообміні для газів при природній конвекції, якщо відомо коефіцієнт тепловіддачі $6 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, площа поверхні 8 м^2 , температура на поверхні стінки з боку гріючого тіла $70 \text{ }^\circ\text{C}$, а з боку тіла, що нагрівається (вказано в табл. 5 згідно з варіантом), _____ $^\circ\text{C}$ за 5 год.

$$Q = \alpha F (t_1 - t_2) \cdot \tau =$$

Тема 6. ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ ПРИ ГРАНИЧНИХ УМОВАХ ТРЕТЬОГО РОДУ

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач теплопровідності.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

Таблиця 6 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| 1 | 0,1 | 10 | 5 | 5 | 5 | | | | | |
| 2 | 0,2 | 12 | 10 | 10 | 10 | | | | | |
| 3 | 0,3 | 4 | 15 | 15 | 15 | | | | | |
| 4 | 0,4 | 3 | 20 | 20 | 20 | | | | | |
| 5 | 0,5 | 15 | 25 | 25 | 25 | | | | | |
| 6 | 0,6 | 17 | 30 | 30 | 30 | | | | | |
| 7 | 0,7 | 18 | 35 | 35 | 35 | | | | | |
| 8 | 0,8 | 20 | 40 | 40 | 40 | | | | | |
| 9 | 0,9 | 1 | 45 | 45 | 45 | | | | | |
| 10 | 1,0 | 2 | 50 | 50 | 50 | | | | | |
| 11 | 1,3 | 5 | 55 | 55 | 55 | | | | | |
| 12 | 1,5 | 8 | 60 | 60 | 60 | | | | | |
| 13 | 1,8 | 9 | 65 | 65 | 65 | | | | | |
| 14 | 1,9 | 11 | 70 | 70 | 70 | | | | | |
| 15 | 2,0 | 13 | 75 | 75 | 75 | | | | | |
| 16 | 2,5 | 14 | 80 | 80 | 80 | | | | | |
| 17 | 2,4 | 25 | 85 | 85 | 85 | | | | | |
| 18 | 2,3 | 45 | 90 | 90 | 90 | | | | | |
| 19 | 2,1 | 35 | 95 | 95 | 95 | | | | | |
| 20 | 2,6 | 41 | 100 | 100 | 100 | | | | | |
| 21 | 2,8 | 44 | 105 | 105 | 105 | | | | | |
| 22 | 2,9 | 28 | 110 | 110 | 110 | | | | | |
| 23 | 3,1 | 100 | 115 | 115 | 115 | | | | | |
| 24 | 3,0 | 54 | 120 | 120 | 120 | | | | | |
| 25 | 3,3 | 32 | 125 | 125 | 125 | | | | | |
| 26 | 3,4 | 35 | 130 | 130 | 130 | | | | | |
| 27 | 3,5 | 36 | 135 | 135 | 135 | | | | | |
| 28 | 3,6 | 37 | 140 | 140 | 140 | | | | | |
| 29 | 3,7 | 33 | 145 | 145 | 145 | | | | | |
| 30 | 3,8 | 34 | 150 | 150 | 150 | | | | | |

1. Визначити коефіцієнт теплопередачі латунної стінки товщиною (вказано в табл. 6 згідно з варіантом), мм, якщо відомо коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_1 = 30 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, $\alpha_2 = 60 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$.

2. Визначити, скільки тепла передається через сталеву стінку площею 2 м^2 товщиною 4 мм, якщо відомо коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_1 = 30 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, $\alpha_2 = 60 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, температура на поверхні стінки з боку гріючого тіла $70 \text{ }^\circ\text{C}$, а з боку тіла, що нагрівається (вказано в табл. 6 згідно з варіантом), $^\circ\text{C}$ за 5 год.

3. Яка температура на поверхні стінки з боку гріючого тіла $^\circ\text{C}$, якщо кількість тепла передається через сталеву стінку площею 2 м^2 товщиною 4 мм (вказано в табл. 6 згідно з

варіантом) _____ МДж, якщо відомо коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_1 = 30 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, $\alpha_2 = 60 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, температура на поверхні стінки з боку тіла, що нагрівається 5°C за 15 год.

4. Яка температура на поверхні стінки з боку тіла, що нагрівається $^\circ\text{C}$, якщо кількість тепла передається через сталю стінку площею 2 м^2 товщиною 4 мм (вказано в табл. 6 згідно з варіантом) _____ МДж, якщо відомо коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_1 = 30 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, $\alpha_2 = 60 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, температура на поверхні стінки з боку гріючого тіла, 85°C за 15 год.

5. Через скільки годин передається тепла (вказано в табл. 6 згідно з варіантом) _____ МДж через сталю стінку площею 2 м^2 товщиною 4 мм, якщо відомо коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_1 = 30 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, $\alpha_2 = 60 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, температура на поверхні стінки з боку гріючого тіла 70°C , а з боку тіла, що нагрівається 5°C .

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань, з написанням формул і цифрових даних для вказаного варіанту.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи 6

Мета роботи _____

Таблиця 6 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | | | | | | | | | | |

1. Визначити коефіцієнт теплопередачі латунної стінки товщиною (вказано в табл. 6 згідно з варіантом), _____ мм, якщо відомо коефіцієнти тепловіддачі $\alpha_1 = 30 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, $\alpha_2 = 60 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} =$$

Тема 7. ПРОМЕНЕВИЙ ТЕПЛОБМІН

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач теплопровідності.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

Таблиця 7 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|----|----|---|----|--|--|--|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| 1 | 40 | 5 | 5 | 1 | 5 | | | | | |
| 2 | 20 | 10 | 10 | 2 | 10 | | | | | |
| 3 | 10 | 15 | 15 | 3 | 15 | | | | | |
| 4 | 50 | 20 | 20 | 4 | 20 | | | | | |
| 5 | 35 | 25 | 25 | 5 | 25 | | | | | |
| 6 | 21 | 30 | 30 | 6 | 30 | | | | | |
| 7 | 22 | 35 | 35 | 7 | 35 | | | | | |
| 8 | 23 | 40 | 40 | 8 | 40 | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|----|----|-----|-----|----|-----|--|--|--|--|--|
| 9 | 24 | 45 | 45 | 9 | 45 | | | | | |
| 10 | 25 | 50 | 50 | 10 | 50 | | | | | |
| 11 | 26 | 55 | 55 | 11 | 55 | | | | | |
| 12 | 27 | 60 | 60 | 12 | 60 | | | | | |
| 13 | 28 | 65 | 65 | 13 | 65 | | | | | |
| 14 | 29 | 70 | 70 | 14 | 70 | | | | | |
| 15 | 30 | 75 | 75 | 15 | 75 | | | | | |
| 16 | 31 | 80 | 80 | 16 | 80 | | | | | |
| 17 | 32 | 85 | 85 | 17 | 85 | | | | | |
| 18 | 33 | 90 | 90 | 18 | 90 | | | | | |
| 19 | 34 | 95 | 95 | 19 | 95 | | | | | |
| 20 | 35 | 100 | 100 | 20 | 100 | | | | | |
| 21 | 36 | 105 | 105 | 21 | 105 | | | | | |
| 22 | 37 | 110 | 110 | 22 | 110 | | | | | |
| 23 | 38 | 115 | 115 | 23 | 115 | | | | | |
| 24 | 39 | 120 | 120 | 24 | 120 | | | | | |
| 25 | 40 | 125 | 125 | 25 | 125 | | | | | |
| 26 | 41 | 130 | 130 | 26 | 130 | | | | | |
| 27 | 42 | 135 | 135 | 27 | 135 | | | | | |
| 28 | 43 | 140 | 140 | 28 | 140 | | | | | |
| 29 | 44 | 145 | 145 | 29 | 145 | | | | | |
| 30 | 45 | 150 | 150 | 30 | 150 | | | | | |

1. Визначити випромінювальну енергію заліза оцинкованого при температурі 20 °С, міра чорноти якого 0,3 за (вказано в табл. 7 згідно з варіантом), ____ год.

2. Яка міра чорноти, якщо випромінювана енергія становить (вказано в табл. 7 згідно з варіантом) _____ КДж при температурі 25 °С, за 20 год?

3. Через скільки годин отримаємо випромінювану енергію величина якої (вказано в табл. 7 згідно з варіантом) _____ КДж при температурі 25 °С, міра чорноти якого 0,8?

4. Визначити тепловий потік випромінювання в МДж, що температура поверхонь стінок $T_1=80\text{ }^\circ\text{C}$, $T_2= \text{ }^\circ\text{C}$ (вказано в табл. 7 згідно з варіантом), з урахуванням взаємного опромінювання при $C_0= 5,67\text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$, $C_1=4\text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$, $C_2=3\text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$. поверхня випромінювання 20 м^2 .

5. Через скільки годин отримаємо випромінювану енергію величина якої (вказано в табл. 7 згідно з варіантом) _____ КДж при температурі $T_1=80$, а $T_2= 25\text{ }^\circ\text{C}$, з урахуванням взаємного опромінювання при $C_0= 5,67\text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$, $C_1=4\text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$, $C_2=3\text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$, поверхня випромінювання 20 м^2 .

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань, з написанням формул і цифрових даних для вказаного варіанту.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи 7

Мета роботи _____

Таблиця 7 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | | | | | | | | | | |

1. Визначити випромінювальну енергію заліза оцинкованого при температурі 20 °С, міра чорноти якого 0,3 за (вказано в табл. 7 згідно з варіантом), ____ год.

$$E = \varepsilon E_0 = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \tau =$$

Тема 8. ОСНОВИ ТЕПЛООВОГО РОЗРАХУНКУ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ.

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач теплопровідності.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

Таблиця 8 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|-----|------|------|------|--|--|--|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| 1 | 12 | 250 | 25 | 25 | 25 | | | | | |
| 2 | 15 | 285 | 28 | 28 | 28 | | | | | |
| 3 | 16 | 268 | 26 | 26 | 26 | | | | | |
| 4 | 18 | 325 | 32 | 32 | 32 | | | | | |
| 5 | 44 | 348 | 34 | 34 | 34 | | | | | |
| 6 | 53 | 333 | 33 | 33 | 33 | | | | | |
| 7 | 124 | 336 | 33 | 33 | 33 | | | | | |
| 8 | 235 | 273 | 27 | 27 | 27 | | | | | |
| 9 | 112 | 284 | 28 | 28 | 28 | | | | | |
| 10 | 96 | 266 | 26 | 26 | 26 | | | | | |
| 11 | 35 | 250 | 25 | 25 | 25 | | | | | |
| 12 | 55 | 291 | 29 | 29 | 29 | | | | | |
| 13 | 28 | 294 | 29 | 29 | 29 | | | | | |
| 14 | 30 | 296 | 29 | 29 | 29 | | | | | |
| 15 | 42 | 299 | 29 | 29 | 29 | | | | | |
| 16 | 46 | 300 | 30 | 30 | 30 | | | | | |
| 17 | 43 | 301 | 30 | 30 | 30 | | | | | |
| 18 | 33 | 303 | 30 | 30 | 30 | | | | | |
| 19 | 34 | 305 | 30 | 30 | 30 | | | | | |
| 20 | 35 | 308 | 30 | 30 | 30 | | | | | |
| 21 | 31 | 309 | 30 | 30 | 30 | | | | | |
| 22 | 21 | 459 | 45 | 45 | 45 | | | | | |
| 23 | 24 | 475 | 47 | 47 | 47 | | | | | |
| 24 | 25 | 525 | 52 | 52 | 52 | | | | | |
| 25 | 27 | 464 | 46,4 | 46,4 | 46,4 | | | | | |
| 26 | 28 | 466 | 46,6 | 46,6 | 46,6 | | | | | |
| 27 | 29 | 467 | 46,7 | 46,7 | 46,7 | | | | | |
| 28 | 30 | 468 | 46,8 | 46,8 | 46,8 | | | | | |
| 29 | 31 | 469 | 46,9 | 46,9 | 46,9 | | | | | |
| 30 | 32 | 470 | 47 | 47 | 47 | | | | | |

1. Визначити середню різницю температур нагрівального апарату, якщо відомо, що середня різниця вхідної температури води (вказано в табл. 8 згідно з варіантом), °С, а вихідної 10 °С.

2. Визначити площу теплообмінного апарату, якщо відомо коефіцієнт теплопередачі 2 кВт/м²·К, різниця температури (вказано в табл. 8 згідно з варіантом), °С, а також потужність теплового потоку 0,5 кВт.

3. Визначити потужність теплового потоку якщо відомо площа теплообмінного апарату 4 м², якщо відомо коефіцієнт теплопередачі 2 кВт/м²·К, різниця температури (вказано в табл. 8 згідно з варіантом), ___ °С.

4. Визначити кількість теплоти яка передається 24 години КДж, потужність теплового агрегату 35 кВт, площа -4 м², коефіцієнт теплопередачі 2 кВт/м²К, різниці температури (вказано в табл. 8 згідно з варіантом), °С.

5. Визначити коефіцієнт теплопередачі якщо кількість теплоти яка передається через 10 годин 20 МДж, площа теплообмінника – 5 м², коефіцієнт теплопередачі 3кВт/м²К різниці температури (вказано в табл. 8 згідно з варіантом), °С.

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань, з написанням формул і цифрових даних для вказаного варіанту.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи 8 _____

Мета роботи _____

Таблиця 8 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | | | | | | | | | | |

1. Визначити середню різницю температур нагрівального апарату, якщо відомо, що середня різниця вхідної температури води (вказано в табл. 8 згідно з варіантом), ___ °С, а ви-хідної 10 °С.

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{вх} - \Delta t_{вих}}{\ln \frac{\Delta t_{вх}}{\Delta t_{вих}}} =$$

2. Визначити площу теплообмінного апарату, якщо відомо коефіцієнт теплопередачі 2 кВт/м²·К, різниця температури (вказано в табл. 8 згідно з варіантом), ___ °К, а також потужність теплового потоку 0,5 кВт.

$$F = \frac{Q}{k\Delta t} =$$

3. Визначити потужність теплового потоку якщо відомо площа теплообмінного апарату 4 м², якщо відомо коефіцієнт теплопередачі 2 кВт/м²·К, різниця температури (вказано в табл. 8 згідно з варіантом), ___ °С.

$$F = \frac{Q}{k\Delta t}$$

4. Визначити кількість теплоти яка передається 24 години КДж, потужність теплового агрегату 35 кВт, площа -4 м^2 , коефіцієнт теплопередачі $2 \text{ кВт/м}^2\text{К}$, різниці температури (вказано в табл. 8 згідно з варіантом), _____ °С.

$$F = \frac{Q}{k\Delta t}$$

5. Визначити коефіцієнт теплопередачі якщо кількість теплоти яка передається через 10 годин 20 МДж , площа теплообмінника – 5 м^2 , коефіцієнт теплопередачі $3 \text{ кВт/м}^2\text{К}$, різниці температури (вказано в табл. 8 згідно з варіантом), _____ °С.

$$F = \frac{Q}{k\Delta t}$$

Змістовий модуль 2. ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ.

Тема 9. ПАЛИВО ТА ОСНОВИ ТЕОРІЇ ГОРІННЯ

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

Таблиця 9 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|------|------|------|------|------|-------|-----|-----|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 81 | 82,5 | 90 | 85,5 | 70 | 60 | 23000 | 10 | 12 | 2,50 |
| 2 | 82 | 83,5 | 91 | 86,5 | 71 | 61 | 22000 | 12 | 15 | 2,85 |
| 3 | 83 | 84,5 | 92 | 87,5 | 72 | 62 | 21000 | 4 | 16 | 2,68 |
| 4 | 84 | 85,5 | 93 | 88,5 | 73 | 63 | 25000 | 3 | 18 | 3,25 |
| 5 | 85 | 86,5 | 94 | 89,5 | 74 | 64 | 27000 | 15 | 44 | 3,48 |
| 6 | 86 | 87,5 | 95 | 90,5 | 75 | 65 | 26000 | 17 | 53 | 3,33 |
| 7 | 87 | 88,5 | 82,5 | 91,5 | 70,5 | 66 | 28000 | 18 | 124 | 3,36 |
| 8 | 88 | 89,5 | 83,5 | 81 | 71,5 | 67 | 29000 | 20 | 235 | 2,73 |
| 9 | 89 | 90,5 | 84,5 | 82 | 72,5 | 68 | 30000 | 1 | 112 | 2,84 |
| 10 | 90 | 91,5 | 85,5 | 83 | 73,5 | 69 | 24000 | 2 | 96 | 2,66 |
| 11 | 91 | 81 | 86,5 | 84 | 74,5 | 65,5 | 20000 | 5 | 35 | 2,50 |
| 12 | 92 | 82 | 87,5 | 85 | 75,5 | 66,5 | 18000 | 8 | 55 | 2,91 |
| 13 | 93 | 83 | 88,5 | 86 | 60 | 67,5 | 19000 | 9 | 28 | 2,94 |
| 14 | 94 | 84 | 89,5 | 87 | 61 | 66 | 23500 | 11 | 30 | 2,96 |
| 15 | 95 | 85 | 90,5 | 88 | 62 | 67 | 22500 | 13 | 42 | 2,99 |
| 16 | 82,5 | 86 | 91,5 | 89 | 63 | 68 | 21500 | 14 | 46 | 3,00 |
| 17 | 83,5 | 87 | 81 | 90 | 64 | 69 | 24500 | 25 | 43 | 3,01 |
| 18 | 84,5 | 88 | 82 | 91 | 65 | 65,5 | 26500 | 45 | 33 | 3,03 |
| 19 | 85,5 | 89 | 83 | 92 | 66 | 66,5 | 28500 | 35 | 34 | 3,05 |
| 20 | 86,5 | 90 | 84 | 93 | 67 | 67,5 | 20000 | 41 | 35 | 3,08 |
| 21 | 87,5 | 91 | 85 | 94 | 68 | 61 | 18500 | 44 | 31 | 3,09 |
| 22 | 88,5 | 92 | 86 | 95 | 69 | 62 | 20500 | 28 | 21 | 4,59 |
| 23 | 89,5 | 93 | 87 | 82,5 | 65,5 | 63 | 19500 | 100 | 24 | 4,75 |
| 24 | 90,5 | 94 | 88 | 83,5 | 66,5 | 64 | 23500 | 54 | 25 | 5,25 |
| 25 | 91,5 | 95 | 89 | 84,5 | 67,5 | 65 | 24500 | 32 | 27 | 4,64 |
| 26 | 91,6 | 96 | 91 | 90,5 | 66,1 | 65,1 | 25500 | 33 | 28 | 4,65 |

| | | | | | | | | | | |
|----|------|------|----|------|------|------|-------|----|----|------|
| 27 | 91,7 | 97 | 92 | 90,6 | 66,2 | 65,2 | 26500 | 34 | 29 | 4,66 |
| 28 | 91,8 | 98 | 94 | 90,7 | 66,3 | 65,3 | 27500 | 35 | 30 | 4,67 |
| 29 | 91,9 | 91,5 | 95 | 90,8 | 66,4 | 65,4 | 28500 | 36 | 31 | 4,68 |
| 30 | 92,0 | 92,5 | 96 | 90,9 | 66,5 | 65,5 | 29500 | 37 | 32 | 4,69 |

1. Визначити вологість вугілля, коли відомо, що вміст його елементів складає (вказано в табл. 9 згідно з варіантом) %.
2. Визначити вміст золи в вугіллі, якщо відомо, що його горюча маса становить (вказано в табл. 9 згідно з варіантом) %.
3. Визначити вміст колчеданової сірки у вугіллі, якщо відомо, що його органічна маса становить (вказано в табл. 9 згідно з варіантом) %.
4. Визначити вміст сірки в органічній масі вугілля, якщо відома маса його компонентів (вказано в табл. 9 згідно з варіантом) %.
5. Визначити вищу теплоту згоряння вугілля, якщо відомі складові: вуглець (вказано в табл. 9 згідно з варіантом) %, водень – 10 %, кисень – 5% і сірка – 2 %
6. Визначити нищу теплоту згоряння природного газу якщо відомо складові CH_4 (вказано в табл. 9 згідно з варіантом)%, водень – 10 %, C_2H_4 – 5% сірководень – 2 % , окис вуглецю – 1%.
7. Визначити масу умовного палива, якщо відомо, 300 т вугілля має нижчу теплоту згоряння (вказано в табл. 9 згідно з варіантом) кДж/кг.
8. Визначити кількість кисню, необхідного для спалювання (вказано в табл. 9 згідно з варіантом) кг вугілля, якщо відомо вміст сірки – 2 %, вміст вуглецю – 60%, вміст водню – 5% вміст кисню – 1%.
9. Визначити теоретичну необхідну кількість повітря за об'ємом необхідного для спалювання (вказано в табл. 9 згідно з варіантом) кг вугілля, якщо відомо вміст сірки – 2 %, вміст вуглецю – 60%, вміст водню – 5%, вміст кисню – 1%.
10. Визначити необхідну кількість повітря для спалювання 1 кг рідкого палива, якщо відомо, що коефіцієнт надлишку повітря становить 1,3, а теоретично необхідна кількість повітря (вказано в табл. 9 згідно з варіантом) м^3 .

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань, з написанням формул і цифрових даних для вказаного варіанту.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи 9

Мета роботи _____

Таблиця 9 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | |

1. Визначити вологість вугілля, коли відомо, що вміст його елементів складає (вказано в табл. 9 згідно з варіантом) ____ %.

W=

Тема 10. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК. КОНСТРУКЦІЇ КОТЛІВ.

Мета роботи: вивчення будови та принципу роботи котельних установок та засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

1. Подати схему роботи котельної установки
2. Описати будову котельної установки
3. Подати схему роботи топок котельної установки.
4. Описати будову топок котельної установки.
5. Описати принцип роботи топок котельної установки.
6. Описати призначення і принцип роботи перегрівників, економайзерів, повітропідігрівників.
7. Описати принцип роботи котельної установки
8. Технічні характеристики сучасних котельних установок
9. Розв'язати задачі згідно з варіантом

Таблиця 10 – Значення параметрів

| № завдання | № варіанту | | | | | | | | | |
|------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 |
| 2 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 23 | 25 | 27 | 29 | 31 | 33 | 35 | 37 | 39 | 39 |
| 2 | 5,1 | 5,3 | 5,7 | 5,9 | 6,1 | 6,3 | 6,7 | 6,9 | 7,1 | 7,3 |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 1 | 41 | 43 | 45 | 47 | 49 | 51 | 53 | 55 | 57 | 59 |
| 2 | 7,5 | 7,7 | 7,9 | 8,1 | 8,3 | 8,5 | 8,7 | 8,9 | 9,1 | 9,3 |

1. Визначити поверхню нагріву де теплота, передана від димових газів до пароводяної суміші в конвективній частині пучка в розрахунку на 1 кг палива, 10000 кДж/кг; коефіцієнт теплопередачі, 1 кВт/(м² К); середньологарифмічна різниця температур димових газів і пароводяної суміші, 800К, кількість палива яку спалюється за 1 годину в котлі (подано в таблиці 10 згідно з варіантом)

2. Визначити скільки палива необхідно спалювати за годину якщо поверхня нагріву котла (подано в таблиці 10 згідно з варіантом) м², теплота, передана від димових газів до пароводяної суміші в конвективній частині пучка в розрахунку на 1 кг палива, 10000 кДж/кг; коефіцієнт теплопередачі, 1 кВт/(м² К); середньологарифмічна різниця температур димових газів і пароводяної суміші, 800К,

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань практичної роботи.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи 10

Мета роботи _____

1. Схема роботи котельної установки.

2. Призначення та будова котельної установки.

3. Схема роботи топок котельної установки.

4. Призначення та будова топок котельної установки.

5. Принцип роботи топок котельної установки.

6. Описати призначення і принцип роботи перегрівників, економайзерів, повітропідігрівників.

7. Принцип роботи котельної установки.

8. Технічні характеристики сучасних котельних установок

Таблиця 10.1

| Марка котла | Характеристики | | | Примітки |
|-------------|---|------------------------|-----------|----------|
| | Паропродуктивністю по нормальній парі, кг/год | Робоча температура, °С | К.К.Д., % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

9. Розв'язати задачі згідно з варіантом

Таблиця 10 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | |

1. Визначити поверхню нагріву де теплота, передана від димових газів до пароводяної суміші в конвективній частині пучка в розрахунку на 1 кг палива, 10000 кДж/кг;

коефіцієнт теплопередачі, 1 кВт/(м² К); середньологарифмічна різниця температур димових газів і пароводяної суміші, 800К, кількість палива яку спалюється за 1 годину в котлі (подано в таблиці 10 згідно з варіантом)

$$F = BQ_k/k\Delta t_{cp} =$$

2. Визначити скільки палива необхідно спалювати за годину якщо поверхня нагріву котла (подано в таблиці 10 згідно з варіантом) м², теплота, передана від димових газів до пароводяної суміші в конвективній частині пучка в розрахунку на 1 кг палива, 10000 кДж/кг; коефіцієнт теплопередачі, 1 кВт/(м² К); середньологарифмічна різниця температур димових газів і пароводяної суміші, 800К,

$$F = BQ_k/k\Delta t_{cp}$$

Тема 11. ТЕПЛОГЕНЕРАТОРИ

Мета роботи: вивчення будови та принципи роботи теплогенераторів та засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

1. Подати схему роботи теплогенератора
2. Описати будову теплогенератора
3. Описати принцип роботи теплогенератора
4. Технічні характеристики сучасних теплогенераторів
5. Розв'язати задачі згідно з варіантом

Таблиця 11 – Значення параметрів

| № завдання | № варіанту | | | | | | | | | |
|------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 |
| 2 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 |
| 2 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 1 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 |
| 2 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 |

1. Визначити теплову потужність теплогенератора де об'ємна витрата повітря, (подано в таблиці 11 згідно з варіантом) м³/с; c' — питома об'ємна теплоємність повітря, 1 кДж/(м³-К); t_1 і t_2 — температура повітря на вході 10°С та на виході 100 з калорифера, 100°С.

2. Визначити ККД теплогенератора витрата палива за годину 100 кг, нижча робоча теплота (подано в таблиці 11 згідно з варіантом), Потужність теплогенератора 100 кВт.

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань практичної роботи.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи 11

Мета роботи _____

1. Схема роботи теплогенератора.

2. Призначення та будова теплогенератора.

3. Принцип роботи теплогенератора.

4. Технічні характеристики сучасних теплогенераторів.

Таблиця 11.1

| Марка | Характеристика | | | | Вид палива |
|-------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------|------------|
| | Теплова потужність, кВт | Витрати повітря, м ³ /год | Температура нагрітого повітря, °С | ККД, % | |
| | | | | | |

5. Розв'язати задачі згідно з варіантом

Таблиця 11 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | |

1. Визначити теплову потужність теплогенератора де об'ємна витрата повітря, (подано в таблиці 11 згідно з варіантом) м³/с; питома об'ємна теплоємність повітря, 1 кДж/(м³-К); температура повітря на вході 10°С та на виході з калорифера, 100°С.

$$Q_{ТГ} = Vc^1(t_2 - t_1),$$

2. Визначити ККД теплогенератора витрата палива за годину 100 кг, нижча робоча теплота (подано в таблиці 11 згідно з варіантом), потужність теплогенератора 100 кВт.

$$\eta_{ТГ} = \frac{Q_{ТГ}}{BQ_p^n}$$

Тема 12. ВОДОНАГРІВНИКИ. ЕЛЕКТРО ТА ГАЗООПАЛЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ.

Мета роботи: вивчення будови та принципу роботи водонагрівників, електро та газоопалювальних приладів, засвоєння основних положень танапрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

1. Подати схему роботи водонагрівника
2. Описати будову водонагрівника
3. Описати принцип роботи водонагрівника
4. Технічні характеристики сучасних водонагрівників
5. Подати схему роботи електро або газоопалювального пристрою.

6. Описати будову електро або газоопалювального пристрою.
7. Описати принцип роботи електро або газоопалювального пристрою.
8. Технічні характеристики сучасних електро або газоопалювального пристроїв
9. Розв'язати задачі згідно з варіантом

Таблиця 12 – Значення параметрів

| № завдання | № варіанту | | | | | | | | | |
|------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 1,00 |
| 2 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,20 |
| 2 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 1 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,3 |
| 2 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 |

| № завдання | № варіанту | | | | | | | | | |
|------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 3 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 1,00 |
| 4 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 |
| 5 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 1,00 |
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 3 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,20 |
| 4 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,9 |
| 5 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,20 |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 3 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,3 |
| 4 | 4,0 | 4,1 | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 4,5 | 4,6 | 4,7 | 4,8 | 4,9 |
| 5 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,3 |

1. Визначити теплову потужність водонагрівника де об'ємна витрата води, (подано в таблиці 12 згідно з варіантом) $\text{м}^3/\text{с}$; питома теплоємність води, $4,19 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; температура горячої 100°C і холодної 10°C води.

2. Визначити ККД водонагрівника витрата палива за годину 100 кг , нижча робоча теплота (подано в таблиці 12 згідно з варіантом) $\text{МДж}/\text{кг}$, потужність 20 кВт , фізична теплота палива $200 \text{ кДж}/\text{кг}$.

3. Визначити скільки тепла отримаємо від пальника за 24 год , де витрати газу на пальник, (подано в табл. 12 згідно з варіантом) $\text{м}^3/\text{с}$; Q_{H}^{P} — нижча теплота згоряння газу, $32 \text{ 000 кДж}/\text{м}^3$.

4. Необхідне для опалення приміщення число пальників підраховують за формулою, тепловий потік, необхідний для опалення приміщення, (подано в табл. 12 згідно з варіантом) кВт

5. Визначити добові витрати газу $\text{м}^3/\text{доб}$ одним пальником, витрати газу на пальник, (подано в табл. 12 згідно з варіантом) $\text{м}^3/\text{с}$

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань практичної роботи.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи 12

Мета роботи _____

1. Схема роботи водонагрівника.

2. Призначення та будова водонагрівника.

3. Принцип роботи водонагрівника.

4. Технічні характеристики сучасних водонагрівників

Таблиця 12.1 _____

| Марка | Характеристика | | | ККД, % |
|-------|-------------------------|---|-----------------------------------|--------|
| | Теплова потужність, кВт | Тривалість нагріву води від 20 до 80 °С, хв | Опалювальна площа, м ² | |
| | | | | |
| | | | | |

5. Схема роботи електро або газоопалювального пристрою.

6. Призначення та будова електро або газоопалювального пристрою.

7. Принцип роботи електро або газоопалювального пристрою.

8. Технічні характеристики сучасних електро або газоопалювальних пристроїв

Таблиця 12.2 - _____

| Марка | Характеристики | | |
|-------|-------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| | теплова потужність, кВт | витрати газу, м ³ /год | надлишковий тиск газу, |
| | | | |

9. Розв'язати задачі згідно з варіантом

Таблиця 12 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | |

1. Визначити теплову потужність водонагрівника де об'ємна витрата води, (подано в таблиці 12 згідно з варіантом) м³/с; питома теплоємність води, 4,19 кДж/(кг·К); температура горячої 100°C і холодної 10°C води.

$$Q_{BG} = Vc^1(t_r - t_x) =$$

2. Визначити ККД водонагрівника витрата палива за годину 100 кг, нижча робоча теплота (подано в таблиці 12 згідно з варіантом), потужність т 20 кВт, фізична теплота палива 200 кДж/кг.

$$\eta_{TT} = \frac{Q_B}{B(Q_p^H + Q_{II})}$$

3. Визначити скільки тепла отримаємо від пальника за 24 год, де витрати газу на пальник, (подано в табл. 12 згідно з варіантом) м³/с; Q_H^P — нижча теплота згоряння газу, 32 000 кДж/м³.

$$Q_G = V_G Q_H^P \tau,$$

4. Необхідне для опалення приміщення число пальників підраховують за формулою, тепловий потік, необхідний для опалення приміщення, (подано в табл. 12 згідно з варіантом) кВт

$$n = \frac{Q_0}{Q_G}$$

5. Визначити добові витрати газу м³/доб одним пальником, витрати газу на пальник, (подано в табл. 12 згідно з варіантом) м³/с

$$M_{газ} = 3600V_{г}n\tau,$$

Тема 13. КОМПРЕСОРИ, ВЕНТИЛЯТОРИ. ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ.

Мета роботи: вивчення будови та принципу роботи компресорів та вентиляторів та засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

1. Подати схему роботи компресора
2. Описати будову компресора
3. Описати принцип роботи компресора
4. Технічні характеристики сучасних компресорів
5. Подати схему роботи холодильної установки
6. Описати будову холодильної установки
7. Описати принцип роботи холодильної установки
8. Технічні характеристики сучасних холодильних установок
9. Розв'язати задачі згідно з варіантом

Таблиця 13 – Значення параметрів

| № завдання | № варіанту | | | | | | | | | |
|------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 |

| | | | | | | | | | | |
|------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2 | 0,01 | 0,011 | 0,012 | 0,013 | 0,014 | 0,015 | 0,011 | 0,016 | 0,017 | 0,018 |
| 3 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 |
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 |
| 2 | 0,02 | 0,021 | 0,022 | 0,023 | 0,024 | 0,025 | 0,021 | 0,026 | 0,027 | 0,028 |
| 3 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 1 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,9 |
| 2 | 0,03 | 0,031 | 0,032 | 0,033 | 0,034 | 0,035 | 0,031 | 0,036 | 0,037 | 0,038 |
| 3 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,9 |
| № завдання | № варіанту | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 4 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 |
| 5 | 3000 | 3100 | 3200 | 3300 | 3400 | 3500 | 3600 | 3700 | 3800 | 3900 |
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 4 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | 2500 | 2600 | 2700 | 2800 | 2900 |
| 5 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 4 | 3000 | 3100 | 3200 | 3300 | 3400 | 3500 | 3600 | 3700 | 3800 | 3900 |
| 5 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | 2500 | 2600 | 2700 | 2800 | 2900 |

1. Визначити потрібну потужність двигуна для привода компресора (кВт), якщо потужність на валу компресора (подано в таблиці 13 згідно з варіантом), $K = 1,1—1,2$ — коефіцієнт запасу потужності к. к. д. передачі від двигуна до компресора 0,95.

2. Визначити продуктивність вентилятора ($\text{м}^3/\text{год}$), де F_b - площа перерізу всмоктувального патрубку (подано в таблиці 13 згідно з варіантом) м^2 ; швидкість газу (повітря) у всмоктувальному патрубку, 5 м/с.

3. Визначити споживану потужність вентилятора, загальний тиск (напір), створюваний вентилятором, 1 Па, продуктивність (об'ємна) вентилятора (подано в табл. 13. згідно з варіантом), $\text{м}^3/\text{с}$, $\eta_z = 0,4 - 0,6$ - загальний к. к. д. вентилятора.

4. Визначити холодопродуктивність установки в кВт, де кількість води в баці-акумуляторі холоду (подано в таблиці 13 згідно з варіантом) л; початкова температура води в баці-акумуляторі холоду на початку роботи установки, 20 °С; температура води в баці-акумуляторі холоду в момент автоматичного вимкнення установки термодатчиком, 1°С; тривалість роботи холодильної установки, протягом якої температура знизилась від t_0 до t_1 -1,5 год.

5. Визначити затрачену енергію установки в КДж, де кількість води в баці-акумуляторі холоду (подано в таблиці 13 згідно з варіантом) л; початкова температура води в баці-акумуляторі холоду на початку роботи установки, 20 °С; температура води в баці-акумуляторі холоду в момент автоматичного вимкнення установки термодатчиком, 1°С; тривалість роботи

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань практичної роботи.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи 13

Мета роботи _____

1. Схема роботи компресора.

2. Призначення та будова компресора.

3. Принцип роботи компресора.

4. Технічні характеристики сучасних компресорних установок

Таблиця 13.1- _____

| Марка компресора | Характеристики | | | Примітки |
|------------------|---|-----------------------------|----------|----------|
| | Паропродуктивність, м ³ /год | Встановлена потужність, кВт | К.К.Д.,% | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | |

5. Схема роботи холодильної установки.

6. Призначення та будова холодильної установки.

7. Принцип роботи холодильної установки.

8. Технічні характеристики сучасних холодильних установок

Таблиця 13.2 - _____

| Параметри | Марка | | |
|--|-------|--|--|
| | | | |
| Місткість номінальна, м ³ | | | |
| Мінімальний об'єм молока який перемішується мішалкою, л | | | |
| Час охолодження молока від 32 °С при заповненні резервуара на 50% номінальної місткості, год | | | |
| Час, необхідний для відключення | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| мішалки після відключення подачі холодоносія, хв | | | |
| Час зберігання молока, год | | | |
| Встановлена потужність, кВт | | | |
| Маса, кг | | | |

9. Розв'язати задачі згідно з варіантом

Таблиця 13 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | |

1. Визначити потрібну потужність двигуна для привода компресора (кВт), якщо потужність на валу компресора (подано в таблиці 13 згідно з варіантом), $K = 1,1—1,2$ — коефіцієнт запасу потужності к. к. д. передачі від двигуна до компресора 0,95.

$$N_d = K \frac{N_e}{\eta_{пер}}$$

2. Визначити продуктивність вентилятора ($\text{м}^3/\text{год}$), де F_b - площа перерізу всмоктувального патрубку (подано в таблиці 13 згідно з варіантом) м^2 ; швидкість газу (повітря) у всмоктувальному патрубку, 5 м/с

$$Q = F_b c_1,$$

3. Визначити споживану потужність вентилятора, загальний тиск (напір), створюваний вентилятором, 1 Па, продуктивність (об'ємна) вентилятора (подано в табл. 13. згідно з варіантом), $\text{м}^3/\text{с}$, $\eta_z - 0,4 - 0,6$ - загальний к. к. д. вентилятора

$$N = \frac{pQ}{1000\eta_z}$$

4. Визначити холодопродуктивність установки в кВт, де кількість води в баці-акумуляторі холоду (подано в таблиці 13 згідно з варіантом) л; початкова температура води в баці-акумуляторі холоду на початку роботи установки, 20 °С; температура води в баці-акумуляторі холоду в момент автоматичного вимкнення установки термодатчиком, 1°С; тривалість роботи холодильної установки, протягом якої температура знизилась від t_0 до t_1 -1,5 год.

$$Q = m(t_o - t_1) \frac{4187}{\tau}$$

5. Визначити затрачену енергію установки в КДж, де кількість води в баці-акумуляторі холоду (подано в таблиці 13 згідно з варіантом) л; початкова температура води в баці-акумуляторі холоду на початку роботи установки, 20 °С; температура води в баці-акумуляторі холоду в момент автоматичного вимкнення установки термодатчиком, 1°С; тривалість роботи холодильної установки, протягом якої температура знизилась від t_0 до t_1

$$Q = m(t_o - t_1) \cdot 4187$$

Тема 14. ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Мета роботи: вивчення будови та роботи двигунів внутрішнього згорання та засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

1. Подати схеми роботи чотиритактних та двохтактних двигунів внутрішнього згорання.

2. Описати призначення та будову двигуна внутрішнього згорання.
3. Описати принцип роботи чотиритактного та двохтактного двигуна внутрішнього згорання.
4. Технічні характеристики сучасних двигунів внутрішнього згорання.
5. Розв'язати задачі згідно з варіантом.

Таблиця 14 – Значення параметрів

| № завдання | № варіанту | | | | | | | | | |
|------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | 2500 | 2600 | 2700 | 2800 | 2900 |
| 2 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 |
| 3 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 3000 | 3100 | 3200 | 3300 | 3400 | 3500 | 3600 | 3700 | 3800 | 3900 |
| 2 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 |
| 3 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 1 | 4000 | 4100 | 4200 | 4300 | 4400 | 4500 | 4600 | 4700 | 4800 | 4900 |
| 2 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 3,9 |
| 3 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань практичної роботи.

1. Визначити потужність (кВт), яку розвиває тиск газів у чотиритактному шестициліндровому двигуні загальним робочим об'ємом циліндра 3000 см^3 з індикаторний тиск 20 МПа, число оборотів колінчастого вала (подано в таблиці 14 згідно з варіантом), об/хв

2. Визначити ефективну (зовнішню, або корисною) потужність двигуна задачі 1 в кВт, якщо механічні втрати складають (подано в таблиці 14 згідно з варіантом) % від індикаторної потужності.

3. Визначити ефективний к.к.д. двигуна ефективна потужність якого визначено в задачі 2 теплота згорання палива 45 МДж/кг, розхід пального складають (подано в таблиці 14 згідно з варіантом) кг/год:

Тема практичної роботи 14

Мета роботи _____

1. Схема роботи чотиритактних та двохтактних двигунів внутрішнього згорання.

2. Призначення та будова двигуна внутрішнього згорання.

3. Принцип роботи чотиритактного та двохтактного двигуна внутрішнього згорання.

4. Технічні характеристики сучасних двигунів внутрішнього згорання.

5. Розв'язати задачі згідно з варіантом

Таблиця 12 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | |

1. Визначити потужність (кВт), яку розвиває тиск газів у чотиритактному шестициліндровому двигуні загальним робочим об'ємом циліндра 3000 см³ з індикаторний тиск 20 МПа, число оборотів колінчастого вала (подано в таблиці 14 згідно з варіантом), об/хв

$$N_z = \frac{p_i V_h n z}{3 \cdot 10^4 \tau}$$

2. Визначити ефективну (зовнішньою, або корисною) потужність двигуна задачі 1 в кВт, якщо механічні втрати складають (подано в таблиці 14 згідно з варіантом) % від індикаторної потужності.

$$N_e = N_z - N_m$$

3. Визначити ефективний к.к.д. двигуна ефективна потужність якого визначено в задачі 2 теплота згорання палива 45 МДж/кг, розхід пального складають (подано в таблиці 14 згідно з варіантом) кг/год:

$$\eta_e = \frac{N_e}{B Q_n^p},$$

Тема 15. ПАРОТУРБІННІ ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ.

Мета роботи: вивчення будови та роботи паротурбінних електричних станцій та засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

1. Подати схему роботи паротурбінної електростанції
2. Описати будову паротурбінної електростанції
3. Описати принцип роботи паротурбінної електростанції
4. Призначення будова та принцип роботи атомної електростанції
5. Розв'язати задачі згідно з варіантом

Таблиця 15 – Значення параметрів

| № завдання | № варіанту | | | | | | | | | |
|------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 20 | 20,2 | 20,4 | 20,6 | 20,8 | 21,0 | 21,2 | 22,4 | 22,8 | 22 |
| 2 | 70 | 70,5 | 71 | 71,5 | 72 | 72,5 | 73 | 73,5 | 74 | 74,5 |
| | | | | | | | | | | |
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 23,1 | 23,2 | 23,3 | 23,4 | 23,5 | 23,6 | 23,7 | 23,8 | 23,9 | 24 |
| 2 | 75 | 75,5 | 76 | 76,5 | 77 | 78,5 | 79 | 79,5 | 79,7 | 79,8 |
| | | | | | | | | | | |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 1 | 24,1 | 24,2 | 24,3 | 24,4 | 24,5 | 24,6 | 24,7 | 24,8 | 24,9 | 25 |
| 2 | 80 | 80,5 | 81 | 81,5 | 82 | 82,5 | 83 | 83,5 | 84 | 84,5 |

1. Визначити коефіцієнтом корисної дії бруто для КЕС коли вироблено електричної енергії 900 МДж, витрата палива (подано в таблиці 15 згідно з варіантом) нижча теплота згорання палива 35 МДж/кг.

2. Визначити питомі витрати палива на одиницю електроенергії Питомі витрати палива на вироблення одиниці електричної енергії, кг/кДж, якщо коефіцієнт корисної дії (вказано в таблиці 15 згідно з варіантом) %. нижча теплота згорання палива 45 МДж/кг

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань практичної роботи.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи 15

Мета роботи

1. Схема роботи паротурбінної електростанції.

2. Принцип роботи та будова паротурбінної електростанції.

3. Принцип роботи паротурбінної електростанції.

4. Призначення будова та принцип роботи атомної електростанції

5. Розв'язати задачі згідно

з варіантом

Таблиця 20 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | |

1. Визначити коефіцієнтом корисної дії бруто для КЕС коли вироблено електричної енергії 900 МДж, витрата палива (подано в таблиці 15 згідно з варіантом) нижча теплота згорання палива 35 МДж/кг.

$$\eta_{кес}^{бр} = \frac{E_{вир}}{BQ_H^p}$$

2. Визначити питомі витрати палива на одиницю електроенергії Питомі витрати палива на вироблення одиниці електричної енергії, кг/кДж, якщо коефіцієнт корисної дії (вказано в таблиці 15 згідно з варіантом) %. нижча теплота згорання палива 45 МДж/кг

$$b = \frac{B}{E_{вир}} = \frac{1}{Q_H^p \eta_{кес}^{бр}}$$

Тема 16. ДИЗЕЛЬНІ ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ.

Мета роботи: вивчення будови та роботи дизельних електричних станцій та засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання практичної роботи та для написання звіту

1. Подати схему роботи дизельної електростанції
2. Описати будову дизельної електростанції
3. Описати принцип роботи дизельної електростанції
4. Технічні характеристики дизельної електростанції
5. Розв'язати задачі згідно з варіантом

Таблиця 16 – Значення параметрів

| № завдання | № варіанту | | | | | | | | | |
|------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 0,9 | 0,92 | 0,94 | 0,96 | 0,98 | 0,80 | 0,82 | 0,84 | 0,85 | 0,86 |
| 2 | 70 | 70,5 | 71 | 71,5 | 72 | 72,5 | 73 | 73,5 | 74 | 74,5 |
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 | 0,87 | 0,88 | 0,89 | 1,0 | 1,1 | 1,11 | 1,12 | 1,13 | 1,14 | 1,15 |
| 2 | 75 | 75,5 | 76 | 76,5 | 77 | 78,5 | 79 | 79,5 | 79,7 | 79,8 |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 1 | 1,16 | 1,17 | 1,18 | 1,19 | 1,20 | 1,21 | 1,22 | 1,23 | 1,24 | 1,25 |
| 2 | 80 | 80,5 | 81 | 81,5 | 82 | 82,5 | 83 | 83,5 | 84 | 84,5 |

1. Визначити потрібної потужності агрегатів де установлена потужність 200 кВт, коефіцієнт одночасності (подано в таблиці 16 згідно з варіантом).

$$P_{\max} = k_o P_y$$

2. Визначити максимальне навантаження агрегатів якщо потрібна потужність (подано в таблиці 16 згідно з варіантом), кВт.

$$P_{\max.a} = (1,15 \dots 1,2) P_{\max}$$

У звіті описати: тему роботи, мету роботи, подати основні положення і розрахункові формули, а також рішення завдань практичної роботи.

Форма виконання звіту

Тема практичної роботи 16

Мета роботи

1. Схема роботи дизельної електростанції.

2. Принцип роботи та будова дизельної електростанції.

3. Принцип роботи дизельної електростанції.

4. Технічні характеристики дизельної електростанції

5. Розв'язати задачі згідно з варіантом

Таблиця 16 – Значення параметрів

| Варіант | № завдання | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | |

1. Визначити потрібної потужності агрегатів де установлена потужність 200 кВт, коефіцієнт одночасності (подано в таблиці 16 згідно з варіантом).

$$P_{\max} = k_o P_y$$

2. Визначити максимальне навантаження агрегатів якщо потрібна потужність (подано в таблиці 16 згідно з варіантом), кВт.

$$P_{\max.a} = (1,15 \dots 1,2) P_{\max}$$

7. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Змістовий модуль 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕПЛОТЕХНІКИ.

Тема 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ВИЗНАЧЕННЯ

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач термодинамічного процесу.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 1.1. Вивчити про загальні відомості для вивчення дисципліни теплотехніка.
- 1.2. Вивчити основні положення термодинамічної системи:
 - термодинамічні параметри стану термодинамічної системи.
 - рівняння термодинамічної системи.
- 1.3. Вивчити характеристики газових суміші.
- 1.4. Вивчити основні положення термодинамічного процесу.
- 1.5. Вивчити закони термодинаміки
 - перший закон термодинаміки.
 - другий закон термодинаміки.

Тема 2. ТЕРМОДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ ПОРОУТВОРЕННЯ

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач термодинамічних процесів пороутворення.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 2.1. Вивчити основні положення пароутворення при постійному тиску.
- 2.2. Вивчити параметри стану рідини і пари.
- 2.3. Вивчити процеси зміни стану пари.
- 2.4. Вивчити параметри вологого повітря.

Тема 3. ТЕРМОДИНАМІКА ВІДКРИТИХ СИСТЕМ

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач термодинаміки відкритих систем.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 3.1. Вивчити загальні відомості термодинаміки відкритих систем.
- 3.2. Вивчити основні закономірності витікання газів і пари.
- 3.3. Вивчити основні закономірності дроселювання.
- 3.4. Вивчити ідеальний цикл паросилової установки.

Тема 4. ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач теплопровідності.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 4.1. Вивчити основний закон теплопровідності.
- 4.2. Вивчити основні положення теплопровідності при стаціонарному режимі.
- 4.3. Вивчити основні положення теплопровідності при граничних умовах третього роду.

Тема 5. КОНВЕКТИВНИЙ ТЕПЛООБМІН

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач конвективного теплообміну.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 5.1. Вивчити загальні поняття і визначення теплообміну.
- 5.2. Опрацювати закон тепловіддачі.

Тема 6. ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ ПРИ ГРАНИЧНИХ УМОВАХ ТРЕТЬОГО РОДУ

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач теплопровідності при граничних умовах третього роду.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 6.1. Вивчити загальні відомості теплопровідності при граничних умовах третього роду.
- 6.2. Опрацювати методи рішення задач теплопровідності при граничних умовах третього роду.

Тема 7. ПРОМЕНЕВИЙ ТЕПЛООБМІН

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач променевого теплообміну.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 7.1. Вивчити основні поняття, визначення і закони променевого теплообміну.
- 7.2. Вивчити променевий теплообмін між тілами і методи зміни його інтенсивності.
- 7.3. Вивчити основні положення випромінювання газів.

Тема 8. ОСНОВИ ТЕПЛОВОГО РОЗРАХУНКУ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ.

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач теплопровідності.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 8.1. Класифікація.
- 8.2. Розрахунок рекуперативного теплообмінника.
- 8.3. Методи інтенсифікації процесів теплопередачі.

Змістовий модуль 2. ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ.

Тема 9. ПАЛИВО ТА ОСНОВИ ТЕОРІЇ ГОРІННЯ

Мета роботи: засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач про паливо та основи теорії горіння.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 9.1. Вивчити загальні відомості про паливо та основи теорії горіння палива.
- 9.2. Вивчити склад і характеристика палива, біопалива і біоенергетичні установки.
- 9.3. Опрацювати основи теорії горіння органічного палива.
- 9.4. Опрацювати розрахунки процесів горіння палива.

Тема 10. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК. КОНСТРУКЦІЇ КОТЛІВ.

Мета роботи: вивчення будови та принципу роботи котельних установок та засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 10.1. Вивчити загальні відомості теоретичних основ котельних установок.
- 10.2. Опрацювати схеми котельних установок.
- 10.3. Вивчити тепловий баланс парового котла.
- 10.4. Вивчити будову і характеристики котлів малої продуктивності.
- 10.5. Опрацювати розрахунок поверхні нагріву.
- 10.6. Вивчити елементи конструкції котлів допоміжні системи і пристрої.
- 10.7. Вивчити особливості експлуатації котлових установок.

Тема 11. ТЕПЛОГЕНЕРАТОРИ

Мета роботи: вивчення будови та принципи роботи теплогенераторів та засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 11.1. Вивчити будову та роботу теплогенератора.
- 11.2. Вивчити класифікацію теплогенераторів..

Тема 12. ВОДОНАГРІВНИКИ. ЕЛЕКТРО ТА ГАЗООПАЛЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ.

Мета роботи: вивчення будови та принципу роботи водонагрівників, електро та газоопалювальних приладів, засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 12.1. Вивчити будову та роботу водонагрівників.
- 12.2. Вивчити класифікацію водонагрівників.
- 12.3. Вивчити будову та роботу електроопалювальних приладів.
- 12.4. Вивчити класифікація електроопалювальних приладів.

Тема 13. КОМПРЕСОРИ, ВЕНТИЛЯТОРИ. ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ.

Мета роботи: вивчення будови та принципу роботи компресорів та вентиляторів, холодильних установок та засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 13.1. Вивчити загальні відомості та класифікацію компресорів.
- 13.2. Вивчити принципи дії і будову поршневого компресора.
- 13.3. Опрацювати компресорні установки.
- 13.4. Опрацювати вентилятори.
- 13.5. Вивчити загальні відомості та класифікацію холодильних установок.
- 13.6. Вивчити принципи дії і будову холодильних установок.

Тема 14. ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Мета роботи: вивчення будови та роботи двигунів внутрішнього згорання та засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 14.1. Вивчити загальні відомості та класифікацію двигунів внутрішнього згорання.
- 14.2. Вивчити робочий цикл двигуна внутрішнього згорання.
- 14.3. Вивчити тепловий баланс та техніко економічні показники двигунів внутрішнього згорання.
- 14.4. Вивчити токсичність відпрацьованих вихлопних газів двигунів внутрішнього згорання.

Тема 15. ПАРОТУРБІННІ ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ.

Мета роботи: вивчення будови та роботи паротурбінних електричних станцій та засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 15.1. Вивчити загальні відомості та класифікацію електричних станцій.
- 15.2. Опрацювати показники теплової економічності роботи теплової електростанції.
- 15.3. Вивчити парогазові установки.
- 15.4. Вивчити атомні електростанції.

Тема 16. ДИЗЕЛЬНІ ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ.

Мета роботи: вивчення будови та роботи дизельних електричних станцій та засвоєння основних положень та напрацювання навиків проведення розрахунків і розв'язування задач.

Завдання для виконання самостійної роботи.

- 16.1. Вивчити загальні відомості про дизельні електростанції.
- 16.2. Вивчити класифікацію дизельних електричних станцій.

8. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ для змістового модуля I. Теоретичні основи теплотехніки.

„ Розрахунки теплообмінних апаратів”

Завдання для проведення розрахунків.

Визначити необхідну площу поверхні теплообміну у рекуперативному (пластичному, трубчастому) теплообмінному апараті, в якому гарячими газами нагрівається вода. Витрата гарячих газів через апарат m_G кг/с, температура, з якою вони надходять до апарату t_1' °С.

Вода подається в теплообмінник з температурою t_2' °С, а залишає його з температурою t_2'' °С. Кількість води, яка проходить через ТА, становить m_B , кг/с. Коефіцієнт тепловіддачі від гарячих газів до зовнішньої поверхні теплообмінника становить α_1 , Вт/м²°С, а від внутрішньої поверхні теплообмінника та води α_2 , Вт/м²°С.

Розрахунок провести для прямоотечійної та протитечійної схеми теплообмінника. Показати (на міліметрівці в масштабі) графіки зміни температур теплоносіїв для обох схем їх руху по тракту теплообмінного апарату.

Таблиця 1. Варіанти завдань

| № п/п | Витрата гарячих газів, m_g , кг/с | Температура на вході гарячих газів t_1' , °C | Температура води на вході t_2' , °C | Температура води на виході t_2'' , °C | Кількість води, що проходить через апарат m_B , кг/с | Коефіцієнт тепловіддачі від гарячих газів до зовнішньої поверхні α_1 | Коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні до води α_2 | Тип апарату |
|-------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|---|--|---|---|-------------|
| 1 | 3,2 | 300 | 10 | 150 | 1,7 | 150 | 2000 | ПЛЗ |
| 2 | 3,3 | 325 | 15 | 160 | 1,6 | 160 | 2500 | ТР 68-76 |
| 3 | 3,8 | 350 | 20 | 170 | 1,5 | 110 | 2150 | ПЛ 3,5 |
| 4 | 3,6 | 375 | 25 | 110 | 1,5 | 265 | 3300 | ТР 62-70 |
| 5 | 3,2 | 400 | 30 | 120 | 1,3 | 150 | 2400 | ПЛ 4 |
| 6 | 3,3 | 425 | 35 | 130 | 1,4 | 260 | 3400 | ТР 55-62 |
| 7 | 2,5 | 450 | 40 | 140 | 1,15 | 140 | 2200 | РЛ 4,5 |
| 8 | 2,9 | 475 | 35 | 130 | 1,1 | 265 | 3600 | ТР 48-55 |
| 9 | 2,3 | 500 | 30 | 120 | 1,0 | 170 | 2250 | ПЛ 5 |
| 10 | 2,0 | 525 | 25 | 110 | 0,9 | 270 | 2400 | ТР 42-48 |
| 11 | 2,2 | 550 | 20 | 100 | 0,8 | 130 | 2600 | ПЛ 5,5 |
| 12 | 1,7 | 575 | 15 | 90 | 0,8 | 275 | 3200 | ТР 36-42 |
| 13 | 2,0 | 575 | 15 | 95 | 0,9 | 185 | 2400 | ПЛ 5 |
| 14 | 1,6 | 625 | 13 | 85 | 0,7 | 285 | 3200 | ТР 30-36 |
| 15 | 1,5 | 600 | 10 | 80 | 0,7 | 120 | 2300 | ПЛ 4,5 |
| 16 | 2,7 | 485 | 33 | 125 | 1,2 | 265 | 2750 | ТР 55-62 |
| 17 | 1,8 | 650 | 25 | 110 | 0,6 | 130 | 2600 | ПЛ 4 |
| 18 | 3,5 | 415 | 35 | 120 | 1,3 | 275 | 3200 | ТР 48-55 |
| 19 | 3,2 | 400 | 30 | 125 | 1,1 | 120 | 1400 | ПЛ 3,5 |
| 20 | 2,8 | 450 | 20 | 110 | 1,0 | 270 | 3300 | ТР 36-42 |
| 21 | 3,2 | 550 | 20 | 100 | 0,8 | 130 | 2600 | ПЛ 5,5 |
| 22 | 2,7 | 575 | 15 | 90 | 0,8 | 275 | 3200 | ТР 36-42 |
| 23 | 2,1 | 575 | 15 | 95 | 0,9 | 185 | 2400 | ПЛ 5 |
| 24 | 2,6 | 625 | 13 | 85 | 0,7 | 285 | 3200 | ТР 30-36 |
| 25 | 2,5 | 600 | 10 | 80 | 0,7 | 120 | 2300 | ПЛ 4,5 |
| 26 | 2,4 | 485 | 33 | 125 | 1,2 | 265 | 2750 | ТР 55-62 |
| 27 | 2,8 | 650 | 25 | 110 | 0,6 | 130 | 2600 | ПЛ 4 |
| 28 | 3,5 | 415 | 35 | 120 | 1,3 | 275 | 3200 | ТР 48-55 |
| 29 | 3,4 | 400 | 30 | 125 | 1,1 | 120 | 1400 | ПЛ 3,5 |
| 30 | 1,8 | 450 | 20 | 110 | 1,0 | 270 | 3300 | ТР 36-42 |

Вихідні дані:Кількість води, яка проходить через ТА, m_B , кг/с;Витрата гарячих газів через апарат m_g , кг/с;Температура гарячих газів на вході t_1' °C;Температура води на вході t_2' °C;

Температура води на виході t_2'' °С;

Коефіцієнт тепловіддачі від гарячих газів до зовнішньої поверхні теплообмінника α_1 , Вт/м² °С;

Коефіцієнт від внутрішньої поверхні теплообмінника до води α_2 , Вт/м² °С;

Тип теплообмінного апарату

Порядок розрахунку.

1. Кількість теплоти, яка передається від гарячих газів до води

$$Q = m_B C_{Bm} (t_2'' - t_2'), \text{ кДж/с, кВт}$$

C_{Bm} - де питома масова теплоємність води, $C_{Bm} = 4,19$ кДж/кг град.

2. Температура газів на виході з апарату:

$$t_1'' = t_1' - (Q / m_G C_{PG}), \text{ °С}$$

де C_{PG} – питома масова ізобарна теплоємність газів, середня у даному інтервалі температур, $C_{PG} = 1,07$ кДж/кг .

3. Коефіцієнт теплопередачі від гарячих газів до води:

а) в пластинчатому ТА

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ Вт/м}^2 \text{ °С}$$

де S – товщина пластин, виготовлених з листової сталі, м ,

$\lambda = 48$ Вт/м² °С – коефіцієнт теплопровідності сталі.

б) в трубчатому ТА

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_2} + \frac{1}{2\lambda} + \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_1}}, \text{ Вт/м}^2 \text{ °С}$$

де d_1 та d_2 – відповідно, внутрішній та зовнішній діаметри сталевих труб.

4. Середньо – логарифмічний температурний перепад між теплоносіями в апараті.

а) виконаному прототечійною схемою

$$\frac{\Delta t_{CP}}{\Delta t_M} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M^0}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}}, \text{ °С}$$

де $\Delta t_6 = t_1' - t_2'$, °С

$\Delta t_M = t_1'' - t_2''$, °С

б) виконаному протитечійною схемою

$$\frac{\Delta t_{CP}}{\Delta t_M} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M^0}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}}, \text{ °С}$$

де $\Delta t_6 = t_1' - t_2''$, °С

$\Delta t_M = t_1'' - t_2'$, °С

5. Поверхня теплообміну в апараті:

1. Пластичному:

а) при прототечійній схемі

$$F_{розр} = \frac{Q \times 10^3}{K \Delta t_{cp}}, \text{ м}^2$$

б) при протитечійній схемі

$$F_{розр} = \frac{Q \times 10^3}{K \Delta t_{cp}}, \text{ м}^2$$

2. Трубчатому:

а) при протитечійній схемі

$$F_{розр} = \frac{Q \times 10^3 \pi d_2}{K \Delta t_{cp}}, \text{ м}^2$$

б) при протитечійній схемі

$$F_{розр} = \frac{Q \times 10^3 \pi d_2}{K \Delta t_{cp}}$$

6. Графіки зміни температур теплоносіїв по тракту апарату.

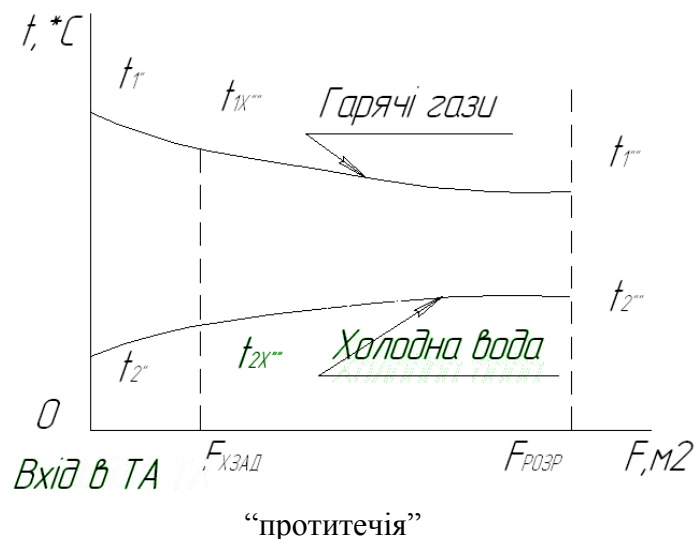
Для більш якісної побудови графіків $t = \varphi(F)$ знаходимо додаткові точки, для чого:

1. Задаємо додатковим значенням площі теплообміну $F_{Хзад} = F_{розр}/3$ – для прямо-течійної схеми апарату та $F_{Хзад} = 2F_{розр}/3$ – для протитечійної схеми.
2. Задаємо (на вертикалі, відповідний $F_{Хзад}$) значеннями температур t_{2x}'' , t_{2x}' та повторюючи дію 1, де замість температури t_2'' підставляємо температуру t_{2x}'' (для схеми прототечія), або замість температури t_2' підставляємо t_{2x}' (для схеми “протитечія”), а потім виконуючи дії 2, 4, 5 добиваємо допустимої сходимості (до 5% $F_{Хзад}$ з $F_{Хрозр}$).

Таблиця 2. -Результати вичислення значень додаткових точок

| Змінні | | Q | Δt_6 | Δt_M | Δt_{cp} | $F_{X роз}$ | Похибка, % |
|------------|-----------------|---|--------------|--------------|-----------------|-------------|---------------|
| t_{1X}'' | t_{2X}^{I-II} | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

За трьома точками будуємо графік $t = \varphi(F)$.
“прототечія”



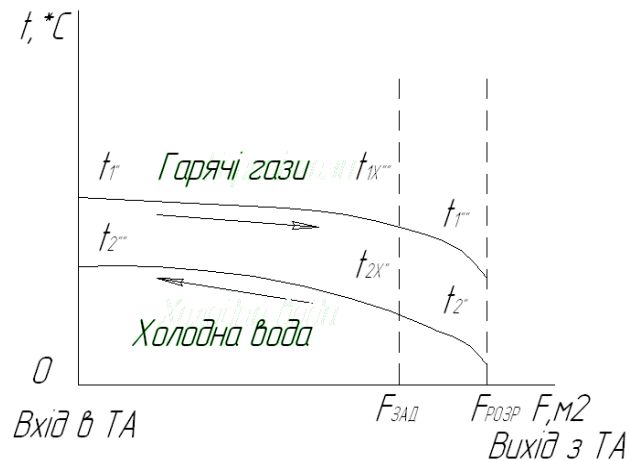


Рис. 1. Графіки зміни температури теплоносіїв по тракту апарату

9. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ для змістового модуля 2. Теплоенергетичні установки.

„Проектування біогазової установки”

Завдання для проектування

| № вар. | Тип ферми і поголів'я | № вар. | Тип ферми і поголів'я | № вар. | Тип ферми і поголів'я |
|--------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|------------------------|
| 1 | Свиноферма 10 гол. | 11 | Свиноферма 700 гол. | 21 | Птахофабрика 1000 гол |
| 2 | Свиноферма 20 гол. | 12 | Свиноферма 800 гол. | 22 | Птахофабрика 1000 гол |
| 3 | Свиноферма 50 гол. | 13 | Ферма ВРХ 50 гол | 23 | Птахофабрика 1500 гол |
| 4 | Свиноферма 100 гол. | 14 | Ферма ВРХ 100 гол | 24 | Птахофабрика 2000 гол |
| 5 | Свиноферма 150 гол. | 15 | Ферма ВРХ 200 гол | 25 | Птахофабрика 2500 гол |
| 6 | Свиноферма 200 гол. | 16 | Ферма ВРХ 100 гол | 26 | Птахофабрика 3000 гол |
| 7 | Свиноферма 300 гол. | 17 | Ферма ВРХ 300 гол | 27 | Птахофабрика 3500 гол |
| 8 | Свиноферма 400 гол. | 18 | Ферма ВРХ 500 гол | 28 | Птахофабрика 4000 гол |
| 9 | Свиноферма 500 гол. | 19 | Ферма ВРХ 1000 гол | 29 | Птахофабрика 4500 гол |
| 10 | Свиноферма 600 гол. | 20 | Ферма ВРХ 1000 гол | 30 | Птахофабрика 10000 гол |

Проектування біогазової установки полягає у визначенні :

- виходу рідкого гною з тваринницької ферми та загального виходу біогазу;
- конструкційних параметрів біореактора;
- теплових витрат на роботу біореактора;
- коефіцієнта виходу товарного біогазу.

Зарисувати технологічну схему біогазової установки та конструкційну схему біореактора.

Матеріал для теплоізоляції - скловата товщиною $\delta=0,1$ м., $\lambda=0,037$ Вт/мК,

$$\alpha = \frac{\lambda}{\delta}$$

Середня кількість екскрементів в розрахунку на 1 гол. за добу, кг/добу .

Велика рогата худоба – 50

Свині – 5

Кури – 0,15

Середні витрати води в розрахунку на 1 гол. Кг/добу

Велика рогата худоба – 100
Свині – 25

Таблиця - Початкова вологість екскрементів тварин і птиці.

| Вид тварин і птиці | Вологість, % | | |
|----------------------|--------------|---------|---------------------|
| | кал | сеча | суміші екскрементів |
| Велика рогата худоба | 83-64 | 94,8-95 | 86-87 |
| Свині | 76-78 | 94-95 | 87-68 |
| Вівці | 67-69 | 94-35 | 74-75 |
| Коні | 71-72 | 95-96 | 77-79 |
| Кури | - | - | 73-76 |

Матеріал для теплоізоляції - скловата товщиною 0,1 м.

„Проектування біогазової установки”

Проектування біогазової установки полягає у визначенні :

- виходу рідкого гною з тваринницької ферми та загального виходу біогазу;
- конструкційних параметрів біореактора;
- теплових витрат на роботу біореактора;
- коефіцієнта виходу товарного біогазу.

Зарисувати технологічну схему біогазової установки та конструкційну схему біореактора.

Матеріал для теплоізоляції - скловата товщиною $\delta=0,1$ м., $\lambda=0,037$ Вт/мК,

$$\alpha = \frac{\lambda}{\delta}$$

Середня кількість екскрементів в розрахунку на 1 гол. за добу, кг/добу .

Свині – 5

Середні витрати води в розрахунку на 1 гол. Кг/добу

Свині – 25

Початкова вологість екскрементів – 85 %.

Біогазові установки.

Однією з перспективних технологій утилізації сільськогосподарських відходів в енергетичних цілях є виробництво біогазу. Біогаз можливо отримати з будь-якої органічної речовини рослинного чи тваринного походження, однак найбільш вигідним в використанні з цією метою рідкого безпідстилкового гною.

Метанове бродіння відзначається високим ККД перетворення енергії органічних речовин в біогаз, який досягав 30-90 %.

Крім того, метанове бродіння відходів призводить до мінералізації азоту і фосфору - основних складових добрив, що забезпечує їх збереження, тоді як при традиційних способах приготування органічних добрив втрачається до 30-40 % азоту.

При анаеробному розкладі фактично проходить санітарна обробка стоків (особливо тваринницьких і комунально-побутових), знищується патогенна мікрофлора, яйця гельмінтів, насіння бур'янів, відбувається дезодорація.

Біогазові установки призначені для анаеробної переробки рідкого (90-95 %) гною та інших відходів тваринного і рослинного походження на фермах і фермерських господарствах з метою одержання біогазу і високоякісних органічних добрив (рис. 3.2).

Біореактор являє собою нестерильний мікробіологічний ферментер вертикальної чи горизонтальної компоновки модульного типу з пошаровим перемішуванням, рухомим імобілізатором газгольдером.

Імобілізатор утримує легкі включення, не даючи їм піднятися на поверхню і створювати кірку, де вони під дією анаеробної мікрофлори розкладаються.

Параметри біотехнологічного процесу

Експозиція, діб.....10

Температура, °С.....35...55

Швидкість перемішування, м/с.....не більше 0,5

Вологість гною, %.....0,90-0,95

Оптимальна вологість гною, % 92

Тиск в газовій камері, мм водяного стовпа.....500

Максимальний тиск в газгольдері, МПа.....0,6

Тип мікроорганізмів - спільноти анаеробів, що притаманні багатоканальному шлунку та стравоходу

Технологічний процес одержання біогазу і порядок використання біореакторів

Принципова схема технологічного процесу наведена на рис. .

Рідкий гній і відходи зливаються з будівлі ферми і самосплавом через решітку 2 в приймальну ємкість 3, звідки один раз на добу подаються за допомогою насоса 4 через засувку 5 в завантажувальну горловину 6 і потрапляють в біореактор 7.

В біореакторі за допомогою теплообмінника, де як теплоносієм використовується гаряча вода, підтримується температура технологічного процесу анаеробного бродіння 35 °С. Легкі частинки (солома, тирса тощо), піднімаючись вгору, нагромаджуються під сіткою імобілізатора, який розміщено всередині зброджуваної маси. Ці частки, як і сіті імобілізатора, служать для фіксації метанотворних бактерій.

Обертання імобілізатора підвищує контакт цих бактерій із свіжою ганічною масою, що позитивно впливає на продуктивність установки.

Імобілізатори наведеної конструкції зменшують кіркутворення, як негативно впливає на роботу біореактора.

Верхній шар зброджуваної маси перемішується мішалкою 9.

Зброджувана маса через гідрозатвор виливається в гноєсховище закритого типу 10.

Використання поряд з реакторами закритих гноєсховищ рекомендованих об'ємів дає можливість ефективного внесення високоякісного рідкого органічного добрива на поля господарства.

Промивання біореактора і видалення осаду проводиться за допомогою мобільних засобів через завантажувальний пристрій при закритій засувці 5.

Для запобігання втрат тепла для теплоізоляції рекомендується використовувати соломку, тирсу, та інші теплоізоляційні матеріали.

Біогаз (60-70% метан), який виділяється, накопичується у верхній частині акумулятора газу, і при досягненні максимального об'єму вмикається газовий компресор, який перекачує газ в газгольдер до тих пір, поки газова камера не досягне мінімальних розмірів.

Включення і виключення компресора проводиться автоматично, за допомогою викидача, встановленого на тязі акумулятора газу. З газгольдера біогаз відбирається для використання.

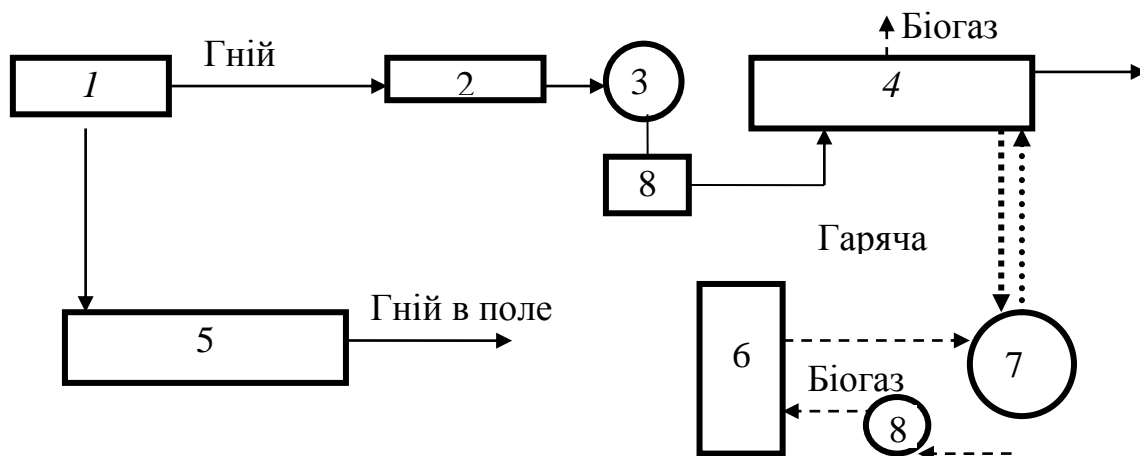


Рис. 1. Схема технологічного процесу одержання біогазу

1. будівля ферми; 2. - приймальна ємкість; 3 - насос; засувка; 4 - біореактор; 5 – гноєсховище; 6 – газгольдер; 7- водогрійний котел; теплообмінник попереднього підігріву.

Конструкційна схема біореактора.

Ємкість призначена для нагромадження і ферментації рідких відходів. Вона являє собою металеву конструкцію горизонтальної.

Гідрозатвор призначений для зливу зброженої маси і герметизації ємкості (для запобігання виходу біогазу). Гідрозатвор розрахований на тиск біогазу до 500 мм водного стовпа.

Мішалка призначена для перемішування верхнього шару рідкого гною та руйнування кірки. Привод мішалки електромеханічний або ручний. Він складається з осі обертання, на якій закріплена мішалка, електродвигуна, редуктора.

Завантажувальний пристрій служить для завантаження біореактора рідким гноем з попереднім підігрівом його, а також вивантаження осаду за допомогою мобільних засобів типу РЖТ.

Він складається з двох частин - магістральної труби і підігрівача

Акумулятор газу служить для попереднього накопичення і стабілізації тиску газу над зброджуваною рідиною. Він складається з газової камери і регулятора тиску. Регулятор тиску служить для підтримання стабільного тиску в газовій камері. Він складається з протитяги і системи тяг.

Теплообмінний пристрій служить для підтримання заданої температур технологічного процесу і виготовляється з металеві труби.

Газгольдер служить для нагромадження і зберігання біогазу для подальшого використання.

Обґрунтування параметрів біореактора

Технологічний розрахунок параметрів біореактора (метантенка) проводять, виходячи із кількості гною, який підлягає переробні

$$G = G_e + G_b =$$

де G_e – кількість екскрементів, m^3

G_b – Розхід води на технологічні потреби, m^3

Вологість гною ω , який поступає з ферми

$$\omega = \frac{G_e \omega_e + G_b \omega_b}{G_e + G_b} =$$

де ω_e – середня вологість екскрементів, %;

ω_g – вологість технічної води, %.

Вміст абсолютно сухої речовини в гної визначають за формулою

$$P_c = \frac{G(100 - \omega)}{100} =$$

Із умови, що в середньому в гної міститься до 20% неорганічних речовин, кількість органічних речовин в масі гною визначається за формулою

$$P_o = 0,8P_c =$$

Кількість біогазу (m^3), який отримують в процесі бродіння гною, визначається за формулою

$$W = P_o k_o k_b =,$$

де k_o – коефіцієнт розкладання органічної речовини ($k_o=0,3$);

k_b – вихід біогазу при розкладанні 1 кг органічної речовини ($k_b=0,7 m^3/kg$).

Об'єм біореактора (m^3) визначаємо за формулою

$$V = \frac{GT}{k} =,$$

де T – тривалість бродіння, діб;

k – коефіцієнт завантаження біореактора ($k=0,9$).

На практиці тривалість бродіння вибирають в залежності від температури в наступних інтервалах: при 10-25 °C - 30 діб. При 25-40 °C – від 10 до 20 діб, при 45-60 °C – від 8 до 4 діб.

Обґрунтування об'єму гноєсховища

З урахуванням агротехнічних строків вирощування культур та можливості внесення органічних добрив в ґрунт будується діаграма наявності органічних добрив та внесення органічних добрив по полях сівозміни в наростаючому порядку. Тоді необхідний об'єм гноєсховища (m^3) визначають за формулою

$$V_2 = \Delta G \varepsilon =,$$

де ΔG - максимальна різниця між нагромадженнями рідкого гною та витратами на внесення його на поля, m^3 ; якщо період нагромадження гною складає 180 діб то $\Delta G = 180 \cdot \frac{W}{V} = 108 m^3$

ε – коефіцієнт запасу, $\varepsilon = 1,2-1,3$.

Розрахунок біореактора

Розрахунок конструкційних параметрів ємкості біореактора

Ємкість біореактора циліндричної форми (рис. 2), в якій знаходиться мішалка, та теплообмінник для нагрівання гнойової маси

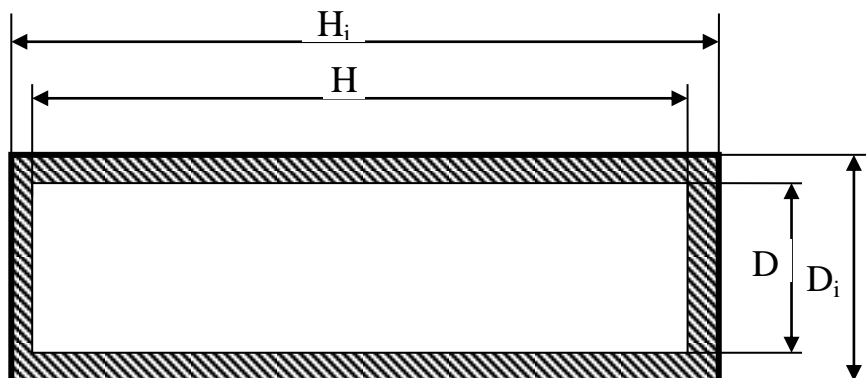


Рис.2. Схема ємкості біореактора

D – внутрішній діаметр ємкості, м (приймається $D = \underline{\hspace{2cm}}$ м)
 D_i – зовнішній діаметр ємкості, м ($D_i = D + 2 \cdot \delta = \underline{\hspace{2cm}} + 2 \cdot 0,1 \text{ м} =$
 δ - товщина теплоізоляції)

H – довжина біореактора, м;

H_i – довжина біореактора з урахуванням товщини теплоізоляції, м ($H_i = H + 2 \cdot \delta$).

Довжину біореактора визначають з формули:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} H ;$$

де V – приймається $\underline{\hspace{2cm}}$ м³;
звідси

$$H = \frac{4 \cdot V}{\pi D^2} = .$$

Тоді $H_i =$

Площа поверхні біореактора

$$F = 2 \cdot \frac{\pi D_i^2}{4} + \pi D_i \cdot H_i =$$

Тепловий розрахунок біореактора.

Розрахунок теплообмінника проводять, виходячи з теплового балансу (рис. 2.2)

$$Q_1 + Q_2 = Q_b + Q_a ,$$

де Q_1 - тепло, яке виділяється теплообмінником попереднього підігріву, кДж;

Q_2 - тепло, яке виділяється теплообмінником, кДж;

Q_b - тепло, яке необхідне для підігріву рідких відходів до температури технологічного процесу, кДж;

Q_a - тепло, яке виділяється в атмосферу через теплоізоляцію, кДж.

$$Q_1 = \pi(d_1 + d_2) l_1 \alpha (t_2 - t_1) \tau = ,$$

де d_1 - внутрішній діаметр труби, м, $d_1 = 0,2$ м;

d_2 - зовнішній діаметр труби, м, $d_2 = 0,3$ м;

l_1 - довжина труб, м, $l_1 = 2$ м;

α - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м² с $\alpha = 10$ Вт/м² с

t_2 - температура теплоносія, °С, $t_2 = 70$ °С;

t_1 - технологічна температура процесу, °С, $t_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ °С;

τ - час нагріву, с, $\tau = 86400$ с = 24 год;

$$Q_1 = \underline{\hspace{4cm}}$$

Біореактор, для зменшення втрат тепла утеплюють. Розрахункова температура повітря $t_a = -15$ °С. Температура поверхні біореактора $t_b = 35$ °С. Розрахунковий період тепловиділення $\tau = 24$ год. = 86400 с. Витрати теплоти визначаються за формулою:

$$Q_a = \frac{\lambda}{\delta} (t_b - t_a) \tau F =$$

де F - загальна площа поверхні біореактора, м². $F = \underline{\hspace{4cm}}$ м².

Тоді $Q_a =$.

Необхідна кількість теплоти для підігрівання гною, який потрапляв в біореактор, розраховується за формулою:

$$Q_b = C m (t_2 - t_e) = ,$$

де C - питома теплоємність гною, кДж/кг град, $C = 4,19$ кДж/кг °С;

t_1 - температура технологічного процесу, °С, $t_2 = 35$ °С ;

t_e - температура гною, °С, $t_e = 10$ °С ;

m - маса гною (продуктивність в добу), кг $m = 3000$ кг.

$$Q_b = \frac{m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{\tau}$$

Теплообмінник виготовляють з труби діаметром 4 см . Довжину труби теплообмінника визначають за формулою:

$$l_1 = \frac{Q_2}{\pi d_2 \alpha (t_2 - t_1) \tau},$$

де d_2 - зовнішній діаметр труби, м , $d_2 = 0,1$ м;

$$Q_2 = Q_b + Q_a - Q_1 =,$$

$$Q_2 = \frac{m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{\tau}$$

Підігрів в біореакторі непотрібний

Втрати тепла в тепломережі визначають за формулою

$$Q_o = k \pi (t_2 - t_a) \tau l_m,$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}},$$

t_2 - температура теплоносія, °C , $t_2 = 70$ °C ;

t_a - температура повітря, °C , $t_a = -15$ °C ;

l_m - довжина трубопроводу, м , $l_m = 10$ м ;

d_1 - внутрішній діаметр теплоізоляції, м , $d_1 = 0,025$ м ;

d_2 - зовнішній діаметр теплоізоляції, м , $d_2 = 0,3$ м ;

λ - теплопровідність теплоізоляції, Вт/м °C , $\lambda = 0,08$ Вт/м °C ;

α_1, α_2 - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м °C , $\alpha_1 = \alpha_2 = 5$ Вт/м² °C ;

$$k = \frac{1}{\frac{1}{5 \cdot 0,025} + \frac{1}{2 \cdot 0,08} \ln \frac{0,3}{0,025} + \frac{1}{5 \cdot 0,3}}, Q_o = \frac{Q_o}{\tau}$$

Тепломагістраль складається з двох труб, тому загальні втрати теплоти в тепломережі приймаються в два рази більші:

$$Q_o = \frac{Q_o}{\tau}$$

Загальні втрати тепла становлять:

$$Q = Q_o + Q_b + Q_a =,$$

$$Q =$$

Кількість біогазу (м³), необхідного для підтримання технологічного процесу, розраховується за формулою:

$$n = \frac{Q}{q_b \eta} =$$

де q_b - теплотворна властивість 1 м³ біогазу, кДж/м³ , $q_b = 23000$ кДж/м³ ;

η - коефіцієнт корисної дії котла, $\eta = 0,8$

$$n = \frac{Q}{q_b \eta} \text{ м}^3.$$

Мінімальний коефіцієнт виходу товарного біогазу розраховує за формулою:

$$\eta_b = 1 - \frac{n}{W} =,$$

це W - добовий вихід біогазу, м³/добу $W = \frac{m}{\rho} \text{ м}^3/\text{добу}$.

$\eta_b = -0,9$ або - 90 %. Для підтримання температурного режиму в біореакторі необхідно додатково _____ м³ біогазу в добу.

Головним джерелом підвищення коефіцієнта виходу товарного біогазу є зменшення вологості рідкого гною.

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ МОДУЛЯ 1

1. Сила, яка припадає на одиницю площі чи поверхні називається:
2. Для вимірювання температур у Міжнародній системі одиниць (СІ) прийнято шкалу:
3. Законом Бойля – Маріотта відповідають термодинамічні процеси при:
4. Вкажіть розмірність газової сталої R :
5. Кіломоль будь-якого ідеального газу за нормальних умов при нагріванні його на 1 градус при сталому тиску може виконати роботу, що дорівнює 8314,31 Дж - це
6. Робота здійснювана 1 кг робочого тіла в елементарному процесі при переміщенні поршня на шляху dS , буде:
7. Тепло й механічна енергія можуть перетворюватись одне в одне. При цьому кількість енергії, затраченої у вигляді тепла, дорівнює кількості одержаної механічної енергії (роботи) і навпаки:
8. Кількість тепла, яку потрібно підвести до робочого тіла (при нагріванні) або відвести від робочого тіла (при охолодженні для зміни температури одиниці кількості робочого тіла на один градус:
9. Сума внутрішньої енергії u і потенціальної енергії pv газу називається:
10. Процес, який відбувається без теплообміну між газом і навколишнім середовищем називається:
11. Для перетворення тепла в роботу потрібні два джерела тепла з різними температурами, тобто перепад температури, при яких тепло підводиться і відводиться від робочого тіла - це суть:
12. Тепло, що перетворюється в роботу циклу називається:
13. Відношення корисного тепла до затраченого тепла називається:
14. Цикл ідеального теплового двигуна, що складається з двох ізотерм і двох адіабат називається:
15. Ефективність зворотного циклу термодинамічного процесу оцінюється:
16. Процес пароутворення в парових котлах відбувається при _____ незалежно від конструкції котлів:
17. Чи змінюється температура води під час кипіння?
18. Суміш води і пари називається:
19. Частку маси сухої пари в 1 кг вологої пари називають:
20. Частка маси киплячої води в 1 кг вологої пари називається
21. Термодинамічна система, що обмінюється з навколишнім середовищем речовиною, називається
22. Двигуни, в яких робоче тіло - гази, що утворилися в результаті згоряння палива, витікають із сопла і, розширюючись, створюють силу тяги машини називають:
23. Для створення швидкості витікання більшої за критичну (або звукову) використовують сопло:
24. Всі втрати швидкості під час витікання газу із сопла характеризуються:
25. Процес зниження тиску без виконання зовнішньої роботи і без підведення або відведення тепла називається:
26. Будь-який процес передачі тепла від одного тіла (більш нагрітого до другого (менш нагрітого) називається
27. Повний процес передачі тепла від стінки до рідини і поширення його в рідині, а також повний процес, що відбувається в зворотному напрямі (від рідини чи газу до стінки і поширення теплопровідністю в стінці), називають:
28. Величина секундного теплового потоку Дж/с або потужність теплового потоку Вт, що проходить через стінку з площею поверхні 1 м^2 і товщиною 1 м при різниці температур 1 град називається:

29. Відношення $Q/F=q$ ($\text{Вт}/\text{м}^2$) називається[^]
30. Відношення λ/δ називають:
31. Рухоме середовище, що використовується для передачі тепла, називається:
32. Поверхня тіла через яку переноситься теплота називається:
33. Величина теплового потоку Q при конвективному теплообміні визначається за законом:
34. Коефіцієнт тепловіддачі α чисельно дорівнює _____, який встановлюється між теплоносієм і стінкою при різниці температур рідини і стінки в 1°C .
35. Величина коефіцієнта теплопровідності λ залежить від:
36. Процес передачі тепла від одного тіла (більш нагрітого) до другого (менш нагрітого) через випромінювання називається:
37. Електромагнітні хвилі тієї чи іншої довжини називаються
38. Для променистого теплообміну найбільш властиве:
39. Тіла, які повністю поглинають теплові промені, називаються:
40. Тіла, які всю променисту енергію відбивають, називаються:
41. Тіла, що пропускають крізь себе всю променисту енергію без найменшого поглинання чи відбивання:
42. Кількість променистої енергії, що випромінюється абсолютно чорним тілом, пропорційна абсолютній температурі в четвертому степені- є законом:
43. Тіла, що застосовуються на практиці, не є абсолютно чорними і випромінюють менше теплової енергії при тій самій температурі. Їх випромінювання називають:
44. Відношення випромінюваної енергії даного сірого тіла до випромінюваної енергії абсолютно чорного тіла при однаковій температурі називається:
45. Відношення випромінюваної енергії E до коефіцієнта поглинання A для всіх тіл однакове, дорівнює енергії випромінювання абсолютно чорного тіла E_0 і залежить тільки від:
46. Пристрої, призначені для нагрівання одного теплоносія (того, що нагрівається) за рахунок охолодження другого теплоносія (грійного) називаються:
47. Апарати у яких теплопередача відбувається циклічно: спочатку грійне тіло проходить крізь спеціальний насадок і нагріває його, а потім через нагрітий насадок пропускають тіло, що нагрівається, охолоджуючи насадок називаються:
48. Апарати теплопередача здійснюється безпосереднім дотиканням і перемішуванням грійного й того, що нагрівається називаються:
49. За характером руху з паралельною течією апарати називаються:
50. Коефіцієнти теплообміну для газів при тих самих умовах мають значення:

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ МОДУЛЯ 2

- Літера «А» означає, що бензин автомобільний, а цифри показують:
- Яка класифікація дизельного палива марки «Л»:
- Склад палива, в якому його застосовують безпосередньо для спалювання, називається:
- Яка із складових палива входить до горючого складу палива:
- Складний фізико-хімічний процес окислення горючих елементів палива киснем повітря:
- Комплекс пристроїв і агрегатів, призначений для одержання пари або гарячої води за рахунок спалювання палива або використання сторонніх теплогерел називається:
- Котельні установки, що постачають парю турбіни електричних станцій, називають:

8. Відношення корисно використаної теплоти *котлом* до всієї наявної теплоти називається:
9. Назвіть назву топки де тверде кускове паливо, що спалюється, утворює нерухомий шар, який рухається в поперечному напрямку, палива, що продувається потоком повітря, необхідного для горіння.
10. Пристрої для підігріву повітря відхідними димовими газами перед подачею його в топку котла називаються:
11. Для активного вентиляювання нагрітим повітрям зерна, сіна, а також для просушування будівель при внутрішніх опоряджувальних роботах використовують:
12. Подає холодне повітря в теплообмінник теплогенератора:
13. Для розпилювання палива в теплогенераторі, що подається під тиском 0,98...1,37 МПа через магнітний клапан у розпилювач:
14. Теплота в теплогенераторі передається через теплообмінник в якому знаходиться:
15. Кількість теплоти, передана споживачеві за одиницю часу називається:
тепловою потужністю
теплотою згорання
теплотою
16. Показник яким оцінюють якість роботи генератора – це:
17. Технічні засоби призначені для повітряного опалення і вентиляції тваринницьких будівель, теплиць, ремонтних майстерень, гаражів та інших приміщень за відсутності централізованого тепlopостачання – це:
18. На якому паливі працює водонагрівник АГВ-80М:
19. Який із водонагрівників із перерахованих має найменший коефіцієнт корисної дії:
20. Який із водонагрівників із перерахованих має найбільшу теплову потужність:
21. Джерелами теплоти в житлових, службових, сільськогосподарських виробничих і підсобних приміщеннях є:
22. Газовий опалювальний прилад «Огонек», що призначається для використання в житлових, службових і підсобних приміщеннях площею
23. При зриві полум'я пальника газоопалювального приладу надходження газу припиняється:
24. Регулювання подачі газу в пальник газоопалювального приладу:
ручне
25. Машини, призначені для стискання і переміщення газів називаються
26. Тиск підвищується, тому що зменшується об'єм газу в замкнутому просторі (наприклад, у циліндрі), де міститься газ:
27. Стискання відбувається внаслідок використання сил інерції потоку:
28. Коли поршень відходить від головки, під дією різниці тисків у впускному трубопроводі і всередині циліндра
29. Цикл роботи компресора, відбувається за:
30. Вентиляторами називаються машини, призначені для переміщення повітря чи інших газів при загальному напорі, що не перевищує:
31. Вентилятори за створюваним напором (тиском) до 1 кН/м² є вентиляторами:
32. За швидкохідності вентилятори поділяються на швидкохідні при:
33. Суміш льоду з сіллю використовують при:
34. Споруди, призначені для охолодження, заморожування і збереження продуктів, називають
35. Фізичне тіло, за допомогою якого здійснюється холодильний цикл називається:
36. Тепло, винесене 1 кг холодильного агента за один цикл називається:

37. Відношенням кількості віднятого тепла до затраченої в циклі роботи холодильної установки називається:
38. Тепловий - двигун, у якому паливо згоряє в робочому циліндрі, а утворені продукти згорання - гази - своїм тиском приводять поршень у рух, перетворюючи таким чином теплову енергію в механічну називається:
39. Відстань s , яку проходить поршень, рухаючись від однієї мертвої точки до другої називається:
40. Об'єм, що залишається між днищем поршня і головкою циліндра, коли поршень знаходиться у в.м.т, називається:
41. Добуток робочого об'єму V_h багаточиліндрових двигунів на число циліндрів називають:
42. Двигуни, в яких робочий процес відбувається за один оберт колінчастого вала називаються
43. Під час такту робочого ходу випускний клапан двигуна
44. Під час такту випуску впускний клапан
45. Установки які працюють за циклом, що поєднує газотурбінний та паротурбінний цикли
46. За радіаційною безпечністю є атомні станції:
47. Як називаються електростанції де використовуються двигуни внутрішнього згорання?
48. Як резервні джерела енергії використовують:
49. Електростанції, які встановлюють на автомобільних причепах та кузовах автомобілів і виконують на базі швидкохідних дизелів з повітряною або рідинною системою охолодження називаються:
50. Неавтоматизовані електроагрегати типу АД випускають на постійний і змінний струм потужністю:

10. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Методи навчання ґрунтуються на принципах студентоцентризму та індивідуально-особистісного підходу; реалізуються через навчання на основі досліджень, посилення творчої спрямованості у формі комбінації лекцій, практичних занять, самостійної роботи з використанням елементів дистанційного навчання, в тому числі в системі Moodle.

Під час лекційного курсу застосовуються слайдові презентації у програмі Microsoft Office Power Point, роздатковий матеріал. Широко використовується метод проблемного викладення, дискусійне обговорення проблемних питань,

Практичні заняття проводяться у вигляді практикумів з виконанням індивідуальних та групових завдань. Застосування цих форм і методів дає можливість значно активізувати навчальний процес з дисципліни, систематизувати і поглибити знання, уміння та навички у здобувачів.

11. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Поточний контроль з предмету «Теплотехніка та теплоенергетичні установки» включає тематичне оцінювання та модульний контроль.

Тематичне оцінювання аудиторної та самостійної роботи студентів здійснюється на основі отриманих ними поточних оцінок за усні та письмові відповіді з предмету, самостійні, практичні та контрольні роботи.

Поточний контроль за виконанням ІНДЗ здійснюється відповідно до графіку виконання завдання.

Модульний контроль проводиться у формі комп'ютерного тестування.

Підсумковий контроль навчальної діяльності студентів здійснюється у формі екзамену.

Кількість отриманих балів з кожного виду навчальних робіт за різними формами

поточного контролю виставляється студентам у журнал академічної групи та електронний журнал після кожного контрольного заходу.

За умови повного виконання навчального навантаження та отримання студентом не менше 60 балів студент отримує позитивну задачу іспиту.

12. ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Оцінку на практичному занятті студент отримує за виконані практичні роботи і успішному їх захисту.

Оцінку за самостійну роботу та індивідуальне завдання студент отримує за виконання самостійної роботи і успішному її захисту

13. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Поточний контроль успішності здобувачів вищої освіти здійснюється за чотирирівневою шкалою – «2», «3», «4», «5».

Критерії оцінювання результатів навчання за чотирирівневою шкалою

| Бали | Критерії оцінювання |
|----------------|---|
| «Відмінно» | Отримують за роботу, в якій повністю і правильно виконано завдання. Водночас здобувач вищої освіти має продемонструвати вміння аналізувати і оцінювати явища, факти і процеси, застосовувати наукові методи для аналізу конкретних ситуацій, робити самостійні висновки, на основі яких прогнозувати можливий розвиток подій і процесів, докладно обґрунтувати свої твердження та висновки. |
| «Добре» | Отримують за роботу, в якій повністю і правильно виконано 75 % завдань. Водночас здобувач вищої освіти виявляє навички аналізувати і оцінювати явища, факти і події, робити самостійні висновки, на основі яких прогнозувати можливий розвиток подій і процесів та докладно обґрунтувати свої твердження та висновки. |
| «Задовільно» | Отримують за роботу, в якій правильно виконано 60 % завдань. При цьому здобувач вищої освіти не виявив вміння аналізувати і оцінювати явища, факти та недостатньо обґрунтував твердження та висновки, недостатньо орієнтується у навчальному матеріалі. |
| «Незадовільно» | Отримують за роботу, в якій виконано менш як 60 % завдань. При цьому здобувач вищої освіти демонструє невміння аналізувати явища, факти, події, робити самостійні висновки та їх обґрунтувати, що свідчить про те, що студент не оволодів програмним матеріалом. |

Підсумкова оцінка з дисципліни виставляється за 100-бальною шкалою. Вона обчислюється як середнє арифметичне значення (САЗ) всіх отриманих студентом оцінок з наступним переведенням їх у бали за такою формулою:

$$БПК = \frac{САЗ \times \max ПК}{5},$$

де *БПК* – бали з поточного контролю; *САЗ* – середнє арифметичне значення усіх отриманих студентом оцінок (з точністю до 0,01); *max ПК* – максимально можлива кількість балів з поточного контролю.

Відсутність студента на занятті у формулі приймається як «0».

Шкала оцінювання успішності здобувачів вищої освіти

| За 100-бальною шкалою | За шкалою ECTS | За національною шкалою | |
|-----------------------|----------------|---|------------|
| | | іспит | залік |
| 90-100 | A | Відмінно | Зараховано |
| 82-89 | B | Добре | |
| 75-81 | C | | |
| 64-74 | D | Задовільно | |
| 60-63 | E | | |
| 35-59 | FX | Незадовільно (не зараховано) з можливістю повторного складання | |
| 1-34 | F | Незадовільно (не зараховано) з обов'язковим повторним вивченням | |

Розподіл балів, що присвоюється здобувачам вищої освіти за підсумкового контролю «залік»

| Види робіт | Лекції | Практичн і заняття | Самостійна робота | Модульний контроль | ІНДЗ | Іспит | Загальний бал |
|-------------------------------------|--------|--------------------|-------------------|--------------------|------|-------|---------------|
| Максимально можлива кількість балів | 10 | 20 | 10 | 20 | 10 | 30 | 100 |

ДОДАТОК

ГЛОСАРІЙ

з навчальної дисципліни «Теплотехніка та теплоенергетичні установки»

Адіабатний процес - процес, який відбувається без теплообміну між газом і навколишнім середовищем.

Відкрита термодинамічна система - термодинамічна система, що обмінюється з навколишнім середовищем речовиною.

Вища теплота згоряння - паливо спалюють за таких умов, що продукти згоряння охолоджуються до 0°C і наявна в них водяна пара (від згоряння водню і випаровування вологи палива) конденсується, теплота згоряння включає також теплоту пароутворення (близько 2500 кДж/кг води).

Внутрішня енергія робочого тіла (газу) - це скупчення величезної кількості молекул, що перебувають у безперервному хаотичному русі, який ще називають тепловим рухом.

Волога пара - суміш киплячої води й сухої пари. Таку суміш називають

Дроселювання - процес зниження тиску без виконання зовнішньої роботи і без підведення або відведення тепла.

Ентальпія - сума внутрішньої енергії і потенціальної енергії газу.

Ізобарний процес - називається процес, що відбувається при сталому тиску.

Ізотермічний процес - називається процес, що відбувається бувається при сталій температурі

Ізохорний процес - називається процес що відбувається при сталому об'ємі.

Коефіцієнт тепловіддачі - чисельно дорівнює густині теплового потоку, який встановлюється між теплоносієм і стінкою при різниці температур рідини і стінки в 1°C

Конвективний теплообмін - повний процес передачі тепла від стінки до рідини і поширення його в рідині, а також повний процес, що відбувається в зворотному напрямі (від рідини чи газу до стінки і поширення теплопровідністю в стінці).

Конвекція - поширення тепла всередині тіла, що відбувається перемішуванням нагрітих і не нагрітих частин (шарів) тіла. Оскільки конвекція можлива при умові видимого руху окремих частин (шарів) тіла, так тепло поширюється тільки в рідинах і газах.

Котельна установка — це комплекс пристроїв і агрегатів, призначений для одержання пари або гарячої води за рахунок спалювання палива або використання сторонніх теплогерел.

Котловий агрегат - комплекс пристроїв для одержання пари високого тиску або гарячої води.

Міра чорноти - відношення випромінюваної енергії даного сірого тіла до випромінюваної енергії абсолютно чорного тіла при однаковій температурі.

Нижчою теплотою згоряння - продукти згоряння не охолоджуються і наявна в них водяна пара не конденсується, теплота згоряння не включає теплоти пароутворення і називається нижчою теплотою згоряння.

Паливо - різні органічні горючі речовини, які при згорянні утворюють велику кількість теплової енергії.

Політропний процес - охоплює всі процеси, у тому числі й основні термодинамічні.

Питомий об'єм газу - це об'єм одиниці маси цього газу ($\text{м}^3/\text{кг}$).

Питома газова стала - для ідеального газу в різних його станах тиску на питомий об'єм, поділений на абсолютну температуру.

Поршневий двигун - робоче тіло діє на рухомий поршень так, що рух робочого тіла при його розширенні дуже незначний, і тому кінетичною енергією, що виникає при цьому, нехтують.

Питома густиною теплового потоку – відношення величини теплового потоку до площі поверхні.

Променистий теплообмін - процес передачі тепла від одного тіла (більш нагрітого) до другого (менш нагрітого) через випромінювання.

Робоче тіло – при підведення до нього тепла перетворює теплову енергію в механічну енергію, або роботу.

Роторні, або лопатеві, двигуни - турбіни, в яких робоче тіло, виходячи з каналу (сопла), розширюється, тобто знижує свій тиск (зменшує потенціальну енергію) і збільшує швидкість витікання (збільшує кінетичну енергію).

Суха насичена пара - вся вода перетворилася в пару.

Температура - ступінь нагріву робочого тіла - газу

Теплоємність - кількість тепла, яку потрібно підвести до робочого тіла (при нагріванні) або відвести від робочого тіла (при охолодженні для зміни температури одиниці кількості робочого тіла на один градус.

Теплотехніка - це наука, що вивчає: методи використання хімічної енергії палива, закони її перетворення в теплову, механічну або електричну енергію; речовини, що беруть участь у цих процесах (паливо, вода, продукти згоряння палива, водяна пара); принцип дії, будову й конструкцію апаратів, машин і додаткового обладнання, призначених для здійснення цих процесів.

технічна термодинаміка яка вивчає властивості та, зокрема, закони взаємного перетворення теплової і механічної енергії.

Термодинаміка - наука про закони теплового руху (термо) і його перетворення (динаміка) в інші види руху, що відбуваються в макроскопічних рівноважних системах і при переході систем до стану рівноваги.

Термодинамічна система - сукупність матеріальних тіл, що знаходяться в тепловій і механічній взаємодії одне з іншим і з оточуючими цю систему зовнішніми тілами (останні утворюють навколишнє середовище).

Термодинамічний процес - взаємне перетворення тепла й роботи пов'язане зі змінами стану робочого тіла

Тиск - сила, яка припадає на одиницю площі чи поверхні.

Теплота рідини - кількість тепла, необхідно для нагрівання 1 кг води від 0° С до температури кипіння при даному тиску.

Теплота пароутворення - кількість тепла, затрачена на випаровування 1 кг води, нагрітої до температури кипіння, в суху насичену пару.

Теплообмін - будь-який процес передачі тепла від одного тіла (більш нагрітого до другого (менш нагрітого)).

Теплова провідність - відношення коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки до товщина стінки.

Теплообмінний апарат - пристрій, призначений для нагрівання одного теплоносія (того, що нагрівається) за рахунок охолодження другого теплоносія (грійного).

Термічний опір – відношення товщина стінки до коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки

Теплота згоряння палива - показує, яка кількість тепла (в кДж) виділяється при спалюванні за нормальних умов 1 кг твердого чи рідкого палива або 1 м³ газоподібного палива.

Топка — це елемент конструкції котла, призначений для спалювання органічного палива, часткового охолодження продуктів згоряння і видалення золи.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 3 |
| 1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ | 3 |
| 2. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ | 3 |
| 3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ. «Механізація садово-паркових робіт» | 4 |
| 4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ | 5 |
| 5. ПЕРЕЛІК НАОЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ | 7 |
| 6. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ | 8 |
| 7. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ | 41 |
| 8. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ ДЛЯ ЗМІСТОВОГО МОДУЛЯ | 44 |
| 9. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ ДЛЯ ЗМІСТОВОГО МОДУЛЯ 2 | 48 |
| ТЕСТОВІ ПИТАННЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ | 55 |
| 10. МЕТОДИ НАВЧАННЯ | 58 |
| 11. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ | 58 |
| 12. ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ | 59 |
| 13. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ | 59 |
| ДОДАТОК. Глосарій з навчальної дисципліни «Теплотехніка та теплоенергетичні установки» | 61 |

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З
ДИСЦИПЛІНИ «ТЕПЛОТЕХНІКА ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ»
ЗДОБУВАЧАМИ ПЕРШОГО (БАКАЛАВРСЬКОГО) РІВНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ
СПЕЦІАЛЬНОСТІ 141 «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»**

Сенчук Микола Миколайович,

Комп'ютерне верстання – Сенчук М.М.

Формат 60x84 1/16 Ум. др. Арк. 10 Тираж 30
РВідділ, Сектор оперативної поліграфії БНАУ
09117, м. Біла Церква, Соборна пл. 8; тел. 33-11-01