

# СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕРМОДИНАМІКА»



Ступінь освіти	бакалавр
Освітня програма	Гірництво
Тривалість викладання	нормативний термін навчання 9, 10 чверть; скорочений термін навчання 5, 6 чверть
Заняття:	Осінній семестр
лекції:	3 години
практичні заняття:	1 година
Мова викладання	українська

Сторінка курсу на СДО НТУ «ДП»: <https://do.nmu.org.ua/course/view.php?id=6035>

Кафедра, що викладає Транспортних систем і енергомеханічних комплексів



**Викладач:**  
**Трофимова Олена Павлівна**  
Старший викладач

**Персональна сторінка**  
<https://tst.nmu.org.ua/ua/starshivekladachi.php>

**E-mail:**  
[trofymova.o.p@nmu.one](mailto:trofymova.o.p@nmu.one)

## 1. Анотація до курсу

В енергомеханічному комплексі гірничих підприємств важливе місце займає різноманітне теплотехнічне обладнання. Це, зокрема, котельні установки, які забезпечують прийнятні побутові умови на підприємстві, калориферні установки, призначені для недопущення обмерзання шахтних стволів, компресорні установки, які генерують стисле повітря, що використовується в якості енергоносія, дегазаційні установки для підвищення рівня безпеки гірничих робіт на газових шахтах. На глибоких вугільних шахтах працюють потужні стаціонарні та пересувні установки для кондиціонування повітря, які забезпечують охолодження повітря в гірничих виробках до безпечного рівня.

Теоретичною основою методик розрахунку, проектування та експлуатації теплотехнічного обладнання є дисципліна загальної інженерної підготовки «Термодинаміка». З огляду на це можна стверджувати, що важливими професійними компетенціями гірничого інженера є розуміння теоретичних засад термодинаміки. Володіння цими знаннями дозволить йому обґрунтовано вибрати та

ефективно експлуатувати зазначене устаткування.

У рамках курсу розглянуті параметри, що характеризують стан газів, їхній взаємозв'язок, розкриті закономірності енергообмінних процесів у газових середовищах, закономірності фазових переходів, Докладно розглянуті властивості газових потоків та методи їх розрахунку. Висвітлені методи аналізу стану вологого повітря та послідовність розрахунку термодинамічних процесів у вологому повітрі, що має особливе значення для систем кондиціонування.

## **2. Мета та завдання курсу**

**Мета дисципліни** – формування компетентностей щодо теоретичних засад аналізу та розрахунку процесів енергетичних перетворювань в енергомеханічних комплексах гірничих підприємств із врахуванням основних законів термодинаміки.

### **Завдання курсу**

- Ознайомити здобувачів вищої освіти з основними поняттями термодинаміки, з основними термодинамічними параметрами стану газів, з рівнянням стану, що встановлює взаємозв'язок між ними;
- розкрити здобувачам вищої освіти методику описування властивостей суміші ідеальних газів та сутність величин, що її характеризують;
- пояснити здобувачам вищої освіти поняття теплоти, роботи, внутрішньої енергії; розкрити сутність першого закону термодинаміки; пояснити графічну інтерпретацію роботи; методи визначення тепла процесу; розкрити сутність теплоємності, параметрів стану ентальпія та ентропія, метод графічного відображення тепла процесу;
- пояснити здобувачам вищої освіти закономірності, за якими відбувається зміна параметрів стану в основних термодинамічних процесах;
- розкрити здобувачам вищої освіти особливості перетворення теплоти на роботу та умови роботи теплових двигунів; пояснити сутність другого закону термодинаміки;
- розкрити здобувачам вищої освіти основні закономірності фазових переходів у чистій речовині, навчити визначати параметри стану пари за таблицями та спеціальними діаграмами, навчити розраховувати парові термодинамічні процеси;
- висвітлити здобувачам вищої освіти закони термодинаміки потоку газу та пари, навчити застосовувати їх до розрахунку процесів витікання з сопел та процесу дроселювання;
- розкрити здобувачам вищої освіти основні закономірності, яким підпорядковується стан вологого повітря при зміні зовнішніх умов, навчити визначати параметри вологого повітря.

## **3 Результати навчання**

Вміти визначати параметри стану газів в промислових теплотехнічних установках, роботу, що в них виконується, та тепло, яке в них циркулює.

Вміти аналізувати роботу промислових теплових двигунів, холодильних машин і теплових насосів.

Вміти визначати параметри води та водяної пари за спеціальними таблицями та діаграмами.

Вміти розраховувати параметри газових та парових потоків при їх витіканні,

розраховувати процеси дроселювання газів та пари.

Вміти визначати стан та параметри вологого повітря, вміти встановлювати вплив зміни стану повітря на перебіг термодинамічних процесів в технічних системах.

## 4. Структура курсу

### ЛЕКЦІЇ

#### 1. Основні поняття та визначення

- 1.1. Термодинамічна система..
- 1.2. Основні параметри стану газів: тиск, температура, питомий об'єм та їх головна властивість.
- 1.3. Рівноважний та нерівноважний стан, рівняння стану ідеального газу.
- 1.4. Термодинамічний процес та його графічна інтерпретація

#### 2 Газові суміші та основні їх властивості

- 2.1. Способи визначення складу газової суміші.
- 2.2. Парціальні тиск та об'єм її компонентів.
- 2.3. Закон Дальтона.
- 2.4. Рівняння стану суміші; розрахунок газової сталої та уявної молекулярної маси суміші

#### 3 Перший закон термодинаміки

- 3.1. Способи передачі енергії в термодинамічних системах.
- 3.2. Внутрішня енергія та аналітичний запис першого закону.
- 3.3. Аналітичний запис роботи як функції процесу та її графічне представлення.
- 3.4. Методи визначення тепла процесу.
- 3.5. Теплоємність газів.
- 3.6. Параметри стану ентальпія та ентропія.
- 3.7. Графічне зображення тепла процесу та його залежність від виду процесу

#### 4 Основні термодинамічні процеси ідеального газу

- 4.1. Загальні положення дослідження процесів ідеального газу.
- 4.2. Основні закономірності та графічне представлення ізохорного процесу.
- 4.3. Основні закономірності та графічне представлення ізобарного процесу.
- 4.4. Основні закономірності та графічне представлення ізотермічного процесу.
- 4.5. Основні закономірності та графічне представлення адіабатного процесу.
- 4.6. Основні закономірності та графічне представлення політропного процесу

#### 5 Термодинамічні цикли

- 5.1. Термодинамічний цикл як сукупність по чергово здійснених процесів розширення та стиснення робочого тіла.
- 5.2. Прямий термодинамічний цикл – умови виконання, призначення, оцінка ефективності.
- 5.3. Зворотний термодинамічний цикл – його сенс, оцінка ефективності циклів холодильних машин і теплових насосів.
- 5.4. Сутність другого закону термодинаміки

#### 6 Основи термодинаміки пари

- 6.1. Фазові переходи в чистій речовині та основні їх закономірності.

- 6.2. Потрійна точка речовини.
- 6.3. Закономірності процесу пароутворення.
- 6.4. Волога насичена пара та степінь її сухості, суха насичена та перегріта пара.
- 6.5. Визначення параметрів води і водяної пари за таблицями теплофізичних параметрів та з діаграм.
- 6.6. Послідовність розрахунку парових термодинамічних процесів

## **7 Основні положення термодинаміки газових та парових потоків**

- 7.1. Види газових потоків та рівняння їх нерозривності.
- 7.2. Перший закон термодинаміки для потоку газу та основні форми його запису.
- 7.3. Закономірності витікання газу через звужувальне сопло.
- 7.4. Комбіноване сопло Лаваля – призначення, будова, особливості витікання газу.
- 7.5. Вплив тертя на параметри газу при його витіканні.
- 7.6. Витікання реальних газів і пари.
- 7.7. Дроселювання газів і пари.
- 7.8. Змішування газових потоків

## **8 Вологе повітря**

- 8.1. Загальні положення.
- 8.2. Основні параметри та стан вологого повітря.
- 8.3. Психрометр.
- 8.4. Визначення параметрів та аналіз термодинамічних процесів у вологому повітрі за  $I-d$ -діаграмою

## **ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ**

- 1 Вивчення основних параметрів стану газів та їх вимірювання.
2. Вивчення методики розрахунку параметрів за рівнянням стану ідеального газу та суміші ідеальних газів.
- 3 Визначення параметрів термодинамічних процесів зміни стану ідеальних газів.
4. Визначення параметрів процесів зміни стану водяної пари аналітично та за допомогою таблиць і діаграм.
- 5 Визначення параметрів газових і парових потоків при їх витіканні.
6. Вивчення будови психрометра та вимірювання вологості вологого повітря.
7. Визначення основних параметрів вологого повітря за  $I-d$ -діаграмою

## 5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення

№ роботи	Назва роботи	Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, що застосовуються при проведенні роботи
1	Вивчення основних параметрів стану газів та їх вимірювання	Манометри, диференціальні манометри, мікроманометри, рідинні термометри, термометри опору, термопари
2	Вивчення методики розрахунку параметрів за рівнянням стану ідеального газу та суміші ідеальних газів.	Довідники
3	Визначення параметрів термодинамічних процесів зміни стану ідеальних газів.	Довідники
4	Визначення параметрів процесів зміни стану водяної пари аналітично та за допомогою таблиць і діаграм	$i - s$ – діаграми; $T - s$ – діаграми; Таблиці параметрів води та водяної пари
5	Визначення параметрів газових і парових потоків при їх витіканні.	Довідники
6	Вивчення будови та вимірювання вологості вологого повітря психрометром. Визначення основних параметрів вологого повітря за $I-d$ -діаграмою» використовуються психрометри Асмана.	Психрометри Асмана. $I-d$ -діаграми.

## 6. Система оцінювання та вимоги

**6.1. Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти** за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90 – 100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

**6.2.** Здобувачі вищої освіти можуть отримати **підсумкову оцінку** з навчальної дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів з поточного тестування та самостійної роботи складатиме не менше 60 балів.

Максимальне оцінювання:

Теоретична частина	Практична частина		Разом
	При своєчасному складанні	При несвоєчасному складанні	
60	40	30	<b>100</b>

Практична частина оцінюється за результатами виконання та захисту (контрольними запитаннями до кожної роботи) індивідуальних розрахункових робіт.

Теоретична частина оцінюється за результатами задачі контрольної тестової роботи, яка містить 20 запитань, з яких 18 – прості тести (1 правильна відповідь), 2 задачі.

### 6.3. Критерії оцінювання підсумкової роботи

**18 тестових завдань** з чотирма варіантами відповідей, **1** правильна відповідь оцінюється у **3 бали (разом 54 бали)**. Опитування за тестом проводиться з використанням технології Microsoft Forms Office 365.

Задачі наводяться також у системі Microsoft Forms Office 365. Вирішена на папері задача сканується (фотографується) та відсилається на електронну пошту викладача впродовж часу, відведеного на задачу теоретичної частини. Несвоєчасно вислана відповідь враховується такою, що не здана.

Правильно вирішена **задача** оцінюється в 3 бали, причому:

- **3 бали** – відповідність еталону, з одиницями виміру;
- **2 бали** – відповідність еталону, без одиниць виміру або помилками в розрахунках;
- **1 бал** – незначні помилки у формулах, без одиниць виміру;
- **0 балів** – рішення не наведене або наведено невірно.

## **6.4. Критерії оцінювання практичних завдань**

З кожного практичного завдання здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначають кількість отриманих балів.

## **7. Політика курсу**

### **7.1. Політика щодо академічної доброчесності**

Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка". [http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/usdocuments/System\\_of\\_prevention\\_and\\_detection\\_of\\_plagiarism.pdf](http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/usdocuments/System_of_prevention_and_detection_of_plagiarism.pdf).

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

### **7.2. Комунікаційна політика**

Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту.

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

### **7.3. Політика щодо перескладання**

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

### **7.4 Політика щодо оскарження оцінювання**

Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

### **7.5. Відвідування занять**

Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

## 7.6. Бонуси

Наприкінці вивчення курсу та перед початком сесії здобувачам вищої освіти буде запропоновано анонімно заповнити електронні анкети (Microsoft Forms Office 365), які буде розіслано на ваші університетські поштові скриньки. Заповнення анкет є важливою складовою вашої навчальної активності, що дозволить оцінити дієвість застосованих методів викладання та врахувати ваші пропозиції стосовно покращення змісту навчальної дисципліни «Термодинаміка». За участь у анкетуванні здобувач вищої освіти отримує **4 бали**.

## 8 Рекомендовані джерела інформації

1. Фелоненко С.В. Практикум з термодинаміки: навч. посіб. / С.В. Фелоненко, І.С. Ільїна, О.П. Трофимова, Ю.О. Комісаров, О.О. Бобришов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : Журфонд, 2024. – 221 с.
2. Холоменюк М.В. Термодинаміка: навч. посіб. / М.В. Холоменюк; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2017. – 106 с.
3. Малишев В. В. Технічна термодинаміка та теплопередача: навч. посіб. / В.В. Малишев. – Київ : Університет "Україна", 2015. – 258 с.
4. Дубровська В.В. Термодинаміка та теплообмін: навч. посіб. / В.В. Дубровська, В.І. Шкляр; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т України «КПІ». – Київ : Вид-во «Політехніка», 2016. – 152 с.
5. Методичні рекомендації до виконання індивідуальних завдань бакалаврами ІЗО спеціальностей 133 Галузеве машинобудування, 184 Гірництво, спеціалізації (освітньо-професійної програми) „Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств” з дисципліни „Гідромеханіка та термодинаміка” / І.М. Чеберячко, О.С. Савенчук, Є.О. Кириченко, О.П. Трофимова; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро : НГУ, 2017. – 58 с.