



ГІДРОГАЗОДИНАМІКА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>144 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	<i>ОНП Теплоенергетика</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/ очна(вечірня)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів, 150 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – два рази на тиждень; практичні заняття – один раз на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: укр.мова - <i>к.т.н. Барабаш Петро Олексійович, barabash_tef@ukr.net¹</i> англ.мова- Практичні: <i>к.т.н. Барабаш Петро Олексійович, barabash_tef@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>https://campus.kpi.ua/</i>

Програма навчальної дисципліни

Кредитний модуль входить до дисципліни «Гідрогазодинаміка», яка є дисципліною загальної підготовки і належить до циклу дисциплін базової підготовки за напрямом (спеціальністю) 144 «Теплоенергетика», програма професійного спрямування (спеціалізація) «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження». Код дисципліни

Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою кредитного модуля є формування у студентів таких компетенцій:

Здатність застосовувати професійні знання й уміння на практиці (СК-2), Здатність критично оцінювати та переосмислювати накопичений досвід (власний і чужий), аналізувати і організовувати свою професійну й соціальну діяльність, працювати автономно та у команді (СК-5).

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

способів та методів навчання;

які дозволяють побачити, як співвідносяться частини цілого і як вони об'єднуються (базові знання).

уміння:

системно мислити;

планувати зміни для вдосконалення системи в цілому і для розробки нових систем.

Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для вивчення дисципліни «Гідрогазодинаміка» необхідні знання в області «математика (1/I)», «фізика (2/I)», «теоретична механіка 6/I)». В свою чергу, знання в області Гідрогазодинаміки використовуються далі в дисциплінах “Тепломасообмін 3/II” “Нагнітачі та теплові двигуни 5/с”, “Теплотехнічні вимірювання 12/с”, які використовують дану дисципліну.

1. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ

Тема 1.1. Предмет. Основні поняття та визначення.

Тема 1.2. Методи вивчення руху рідини.

Тема 1.3. Моделі рідини

Розділ 2. Загальні відомості про рідкі та газоподібні середовища

Тема 2.1. Основні властивості рідин та газів.

Тема 2.2. Сили, діючі в рідинах та газах

Розділ 3. Рівновага рідини (гідростатика) .

Тема 3.1. Основні рівняння.

Тема 3.2. Гідростатичний тиск.

Тема 3.3. Практичне використання законів гідростатики.

Розділ 4. Кінематика суцільного середовища.

Тема 4.1. Елементи теорії поля.

Тема 4.2. Кінематика плоско-паралельного руху рідини.

Тема 4.3. Кінематика вихрового руху рідини.

Розділ 5. Динаміка.

Тема 5.1. Основні рівняння гідродинаміки.

Тема 5.2. Гідравлічні рівняння нерозривності і руху рідин.

Тема 5.3. Рух в’язких рідин.

Тема 5.4. Рух реальних рідин у трубах і каналах

Тема 5.5. Втрати напору при течії реальних рідин і газів у трубах.

Розділ 6. Пограничний шар

Тема 6.1. Фізична суть виникнення пограничного шару

Тема 6.2. Диференційні рівняння пограничного шару

Тема 6.3. Основні характеристики пограничного шару

Розділ 7. Гідродинаміка газорідинних систем.

Тема 7.1. Рух двофазного потоку у вертикальних і горизонтальних трубах

Тема 7.2. Гідравлічний розрахунок контурів з природною циркуляцією

Тема 7.3. Гідравлічний розрахунок контурів з вимушеною циркуляцією.

Розділ 8. Гідродинаміка плівок рідини

Тема 8.1. Режимы течії

Тема 8.2. Мінімальна густина зрошення

2. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Дейч М.Е., Зарянкин А.Е. Гидрогазодинамика.-М.: Энергоатомиздат, 1984.-384с.
2. Дмитриевский В.И. «Гидромеханика».-М.: «Морской транспорт», 1984. с
3. Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании.-М.: «Высшая школа», 1986- с.328.

4. Емцев Б. Т. Техническая гидромеханика.- М. : «Машиностроение», 1987.384с.

Допоміжна література

1. Дейч М.Е. Техническая газодинамика.-М.: Энергия, 1974.-384с.
2. Константинов Н.М. и др. Гидравлика, гидрология, гидрометрия.-М.: Высшая школа, 1987.-303 с.
3. Башта Т.М. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы.-М.: Машиностроение, 1981.-423 с.
4. Шлипченко З.С. Насосы, компрессоры и вентиляторы.-К.: Техника, 1976.-384 с.

Рекомендації

Сайт наукової бібліотеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» <http://library.kpi.ua> в розділі «Електронні ресурси», підрозділі «Загальний електронний каталог НТБ» дозволяє знайти та замовити рекомендовану літературу до навчальної дисципліни та отримати доступ до електронних ресурсів бібліотеки та роботи з ними

Навчальний контент

3. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

4. Лекційні заняття

№ лекції	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Вступ до дисципліни. Предмет гідрогазодинаміки Відмінні особливості механіки рідини і газу; історичні дані про її розвиток Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: Практичне значення гідро газодинаміки. Пошук в Internet матеріалів за темою.
2	Методи вивчення руху рідини. Метод Лагранжа; метод Ейлера; моделі рідини. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою.
3	Основні відомості про рідке і газоподібне середовище Маса, густина, вага, стисливість, температурне розширення, коефіцієнт динамічної в'язкості, коефіцієнт кінематичної в'язкості. Література: [1, 2, 3, 4]
4	Явища на поверхні розділу фаз. Змочування рідиною твердої поверхні; вільна поверхнева енергія ; коефіцієнт поверхневого натягу; явища у капілярах Література: [1, 2, 3, 4]
5	Сили діючі в рідинах та газах. _Масові сили (сили ваги, інерції, електричні); поверхневі сили (нормальні складові, тангенціальні складові) Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою.
6	Диференційні рівняння рівноваги рідини у формі Ейлера Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою.

7	Основне гідростатичне рівняння. Рівняння для крапельних рідин; Рівняння для газів. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою.
8	Гідростатичний тиск. Поверхня сталого тиску рідини та її рівняння; Рівняння розподілу гідростатичного тиску; Тиск рідини на плоскі і криволінійні поверхні.
9	Використання законів гідростатики при обґрунтуванні дії різних пристроїв. Манометри та вакууметри; Сполучені посудини; Гідравлічний прес та домкрат Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою.
10	Закон Архімеда. Плавання тіл та закони остійності плаваючих тіл у рідині. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою.
11	Елементи теорії поля. Скалярні і векторні поля; Поверхня рівня; Векторні лінії і трубки. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
12	Кінематика плоско-паралельного руху рідини. Поле швидкостей; Лінії току і траєкторії. Трубка току, струмінь, потік швидкості; Особливі точки. Розкладення руху рідкої частки. Перша теорема Гельмгольца. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
13	Кінематика вихрового руху рідини. Вихор швидкості. вихрова лінія. вихрові трубки. Друга теорема Гельмгольца Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
14	Прискорення частки рідини. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
15	Тензори швидкості деформації та напруг. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
16	Рівняння нерозривності.
17	Диференційні рівняння руху ідеальної рідини. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
18	Інтегрування рівнянь руху ідеальної рідини. Баротропна та бароклінна рідини. Загальні підходи до інтегрування рівнянь руху ідеальної рідини. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
19	Гідравлічні рівняння нерозривності та руху ідеальної рідини. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
20	Інтегрування диференційних рівнянь нестационарного безвихорового руху ідеальної рідини. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
21	В'язкість. Рівняння руху для в'язкої рідини. Походження сил в'язкості; Рівняння руху в'язкої рідини; Дисипація енергії. Література: [1, 2, 3, 4].

	Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
22	Теплова потужність притоку енергії в рідинах та газах. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
23	Рух реальних рідин і газів у трубах. Режимы течії. Розподіл швидкості по перерізу труби. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
24	Рух реальних рідин у відкритих каналах. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
25	Гідравлічний опір при русі рідин і газів у трубопроводі. Втрати тиску в трубі по її довжині; Місцеві втрати тиску; Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
26	Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
27	Методи гідравлічного розрахунку трубопровода. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою

5. Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять: поглибити та зафіксувати отримані при вивченні курсу лекцій знань шляхом їх самостійного використання при вирішенні конкретних завдань.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Системи одиниць. Моделі рідини Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «Системи одиниць»
2	Основні властивості рідин та газів. Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «Моделі рідини»
3	Сили, діючі в рідинах та газах. Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «Масові та поверхневі сили»
4	Рівновага рідини. Основні рівняння. Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «Закони статички»
5	Гідростатичний тиск. Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «Гідростатичний тиск»
6	Практичне використання законів гідростатики. Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «Практичне використання законів статички»
7	Гідростатичний тиск на плоскі та криволінійні поверхні. Література: [1,2,3,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «Практичне використання законів статички»

8	Контрольна робота за матеріалом занять 1-7.
9	Аналіз результатів контрольної роботи. Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити розділ «Статика»
10	Кінематика суцільного середовища (Елементи теорії поля; Плоскопаралельний рух рідини) Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «Основи теорії поля»
11	Кінематика вихрового руху рідини; прискорення рідини; тензори швидкості деформації; тензор напруг. Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «Вихровий рух»
12	Основні рівняння гідродинаміки Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «Інтеграл Бернуллі»
13	Гідравлічні рівняння нерозривності і руху рідин. Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «Інтеграл Бернуллі»
14	Контрольна робота за матеріалом занять 10-13.
15	Аналіз результатів контрольної роботи. Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити розділ «Динаміка»
16	Рух реальних рідин у трубах і відкритих каналах Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «Інтеграл Бернуллі»
17	Втрати напору при течії реальних рідин і газів у трубах Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «Дисипація механічної енергії»
18	Заключне заняття. Вимоги до іспиту по дисципліні.

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Предмет гідрогазодинаміки Відмінні особливості механіки рідини і газу; історичні дані про її розвиток Пошук в Internet матеріалів за темою.	2
2	Моделі рідини.	3
3	Маса, густина, вага, стисливість, температурне розширення, коефіцієнт динамічної в'язкості, коефіцієнт кінематичної в'язкості	4
4	Змочування рідиною твердої поверхні; вільна поверхнева енергія ; коефіцієнт поверхневого натягу; явища у капілярах Пошук в Internet матеріалів за темою.	4
5	Масові сили (сили ваги, інерції, електричні); поверхневі сили (нормальні складові, тангенціальні складові) Пошук в Internet матеріалів за темою.	3

6	Диференційні рівняння рівноваги рідини у формі Ейлера Пошук в Internet матеріалів за темою	6
7	Основне гідростатичне рівняння. Пошук в Internet матеріалів за темою	4
8	Поверхня сталого тиску рідини та її рівняння; Пошук в Internet матеріалів за темою	3
9	Манометри та вакууметри; Пошук в Internet матеріалів за темою	6
10	Плавання тіл та закони остійності плаваючих тіл у рідині. Пошук в Internet матеріалів за темою	3
11	Скалярні і векторні поля; Поверхня рівня; Векторні лінії і трубки. Пошук в Internet матеріалів за темою	6
12	Рівняння нерозривності Пошук в Internet матеріалів за темою	3
13	Баротропна та бароклинна рідини. Загальні підходи до інтегрування рівнянь руху ідеальної рідини. Пошук в Internet матеріалів за темою	4
14	Гідравлічні рівняння нерозривності та руху ідеальної рідини. Пошук в Internet матеріалів за темою	3
15	Походження сил в'язкості; Рівняння руху в'язкої рідини; Дисипація енергії Пошук в Internet матеріалів за темою	3
17	Режими течії. Розподіл швидкості по перерізу труби. Пошук в Internet матеріалів за темою	3

Політика та контроль

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- на заняттях дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку інформації та виконання індивідуальних завдань;
- захист практичних завдань відбувається на практичному занятті у виділений для цього викладачем час;
- штрафні та заохочувальні бали:
 - відсутність на практичному занятті без поважної причини- мінус 5 балів;
 - несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) подання МКР- мінус 5 балів;
 - участь в олімпіаді з дисципліни, розробка ситуаційних вправ, тестових завдань та задач з дисципліни, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 5 до 10 заохочувальних балів.

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Види контролю знань студентів з дисципліни:

- відповіді на лекційних заняттях;
- відповіді на практичних заняттях;
- виконання завдань СРС;
- виконання МКР (дві частини);
- відповідь на екзамені – максимально 40 балів.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- 1) три відповіді в середньому кожного студента на лекційних заняттях
- 2) дві відповіді в середньому кожного студента на практичних заняттях;
- 3) виконання завдань СРС;
- 4) виконання однієї МКР;
- 5) відповідь на екзамені – максимально 40 балів.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Робота на лекційних заняттях

Ваговий бал — 3. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_1 = 3 \text{ бали} \times 3 = 9 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

3 бали — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **2 бали** — відповідь має несуттєві похибки; **1 бал** — неповна відповідь; **0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

2. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 3. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_2 = 3 \text{ бали} \times 2 = 6 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

3 бали — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **2 бали** — відповідь має несуттєві похибки; **1 бал** — неповна відповідь; **0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

3. Виконання завдань СРС

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів аспіранта 35 (видається сім завдань на СРС, строк задачі завдання – не пізніше ніж через два тижні після видачі): $r_3 = 5 \text{ балів} \times 7 = 35 \text{ балів}$. Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове.

Критерії оцінювання:

5 бали – в повному об'ємі і вчасно надана відповідь; **2 бали** – не в повному об'ємі і вчасно надана відповідь; **0 балів** – не вчасно надана відповідь або ненадана відповідь.

Штрафні бали:

– несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) – -2 бал.

Заохочувальні бали

– участь у наукових та/або науково-практичних конференціях, семінарах, симпозіумах – 5 балів.

4. Модульна контрольна робота (МКР)

Проводиться дві частини МКР. Ваговий бал кожної частини – 5. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_4 = 5 \times 2 = 10 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

5 балів – повна вірна відповідь на завдання; 4 бали – відповідь має несуттєві похибки; 3 бали – неповна відповідь; 0...2 бали – наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.

5. Відповіді на екзамені

Екзамен проводиться у письмово-усній формі. Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань. Перелік питань наведений у додатку до силабусу дисципліни. Перші два теоретичних питання оцінюються по 10 балів, а третє – 20 балів. Тобто, максимальна кількість балів за виконання завдання $10+10+20 = 40$ балів.

Критерії оцінювання:

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9...10 (18...20) балів;

достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7...8 (14...17) балів;

неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 50% потрібної інформації та деякі помилки) – 5...6 (11...13) балів;

незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 50% потрібної інформації та помилки) – менше 5 (10) балів.

Штрафні бали:

додаткове питання з тем лекційного курсу отримують студенти, які не брали участі у роботі певного заняття. Незадовільна відповідь з додаткового питання знижує загальну оцінку на 3 бали.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_d):

Сума вагових балів контрольних заходів в семестрі (стартовий рейтинг) складає:

$$R_i = r_1 + r_2 + r_3 + r_4.$$

де R_i — рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни.

Максимально можливий стартовий рейтинг: $R_c = 9+6+35+10 = 60$ балів.

Необхідною умовою допуску до екзамену є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС, захист розрахункової роботи та стартовий рейтинг не менше $0,4 \times R_c = 24$ балів.

Студенти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 24 бали, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Екзаменаційна складова R_E шкали дорівнює: $R_E = 40$ балів.

Таким чином, максимальна кількість балів за рейтинговою шкалою з дисципліни складає

$$R_D = R_c + R_E = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

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

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного

перерахунку стартових балів у підсумкові за 100-бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання студентом умов допуску до екзамену. Студентам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально можливого (тобто $R_c \geq 54$), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 60 + \frac{40 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де R – оцінка за 100-бальною шкалою;

R_i – сума балів, набраних студентом продовж семестру;

R_c – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

R_D – бал допуску до екзамену.

Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц. каф., к.т.н., с.н.с.. Барабаш Петро Олексійович

Ухвалено кафедрою теоретичної і промислової теплотехніки (протокол № 16 від 23.06.2021 р.)

Погоджено Методичною комісією теплоенергетичного факультету (протокол № від 24.06.2021р.)