

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної
роботи Антон ПАНТЕЛЕЙМОНОВ



_____ р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Теплогідравлічні процеси

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти бакалавр
галузь знань 10 природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали
(шифр і назва)
освітня програма Прикладна фізика енергетичних систем
(шифр і назва)
вид дисципліни за вибором
(обов'язкова / за вибором)
ННІ комп'ютерної фізики та енергетики

2020/2021

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою ННІ комп'ютерної фізики та енергетики

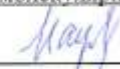
“30” червня 2020 року, протокол №6-2/20

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Костянтин МЯГКОХЛІБ к.т.н., с.н.с., доцент

Програму схвалено на засіданні кафедри теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

Протокол від “30” червня 2020 року, №7/20

Завідувач кафедру теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності


Юрій МАЦЕВИТИЙ

Програму погоджено з гарантом освітньої програми (керівником проектної групи)

Прикладна фізика енергетичних систем  Костянтин НЕМЧЕНКО

Програму погоджено методичною комісією ННІ комп'ютерної фізики та енергетики

Протокол від “30” червня 2020 року, №6/20

Голова методичної комісії ННІ комп'ютерної фізики та енергетики


Ольга ЛІСІНА

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Теплогідравлічні процеси” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки бакалавр, спеціальності 105 - Прикладна фізика та наноматеріали.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є набуття студентами базових знань з технічної діагностики та оптимізації, в тому числі: вивчення теоретичних основ технічної діагностики та надійності, загальних методів розпізнавання та математичної теорії діагностики, обґрунтованого вибору конкретних способів діагностики й відповідних їм правил рішення.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Студент повинен знати логічні, метричні й статистичні методи розпізнавання, методи поділу в просторі ознак й статистичних рішень, показники надійності й закони розподілу відмов виробів, вміти розраховувати показники надійності й давати їх оцінку по статистичній інформації про відмови при експлуатації та випробуваннях.

1.3. Кількість кредитів – 4

1.4. Загальна кількість годин - 120

| 1.5. Характеристика навчальної дисципліни | |
|---|-------------------------------------|
| Нормативна / за вибором | |
| Денна форма навчання | Заочна (дистанційна) форма навчання |
| Рік підготовки | |
| 4-й | -й |
| Семестр | |
| 7-й | -й |
| Лекції | |
| 32 год. | год. |
| Практичні, семінарські заняття | |
| 32 год. | год. |
| Лабораторні заняття | |
| год. | год. |
| Самостійна робота | |
| 56 год. | год. |
| у тому числі індивідуальні завдання | |
| год. | |

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

- знати основні гідромеханічні властивості робочих середовищ, закони та розрахункові методи гідрогазодинаміки;
- вміти проводити розрахунки гідро-аеродинаміки в технічних системах;
- володіти методами розрахункового аналізу гідромеханічного обладнання.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні поняття і визначення гідрогазодинаміки. Динаміка ідеальної та в'язкої рідини.

Тема 1. Вступ. Основні поняття і визначення гідрогазодинаміки.

Зміст: Фізичні параметри рідини і газу. Гіпотеза суцільного середовища в Гідрогазодинаміці. Деякі поняття математичної теорії поля. Диференціальне рівняння нерозривності.

Тема 2. Динаміка ідеальної рідини.

Зміст: Диференціальні рівняння Ейлера. Рівняння Бернуллі. Фізичний сенс рівняння Бернуллі. Застосування рівняння енергії в гідростатиці. Швидкість і витрати рідини.

Тема 3. Теоретичні основи динаміки в'язкої рідини.

Зміст: Диференціальні рівняння збереження кількості руху. Закони внутрішнього тертя в'язкої рідини. Диференціальні рівняння Нав'є-Стокса. Поняття про подібність гідродинамічних процесів. Числа гідродинамічної подібності. Теореми подібності.

Розділ 2. Ламінарний та турбулентний рух рідини. Гідродинамічний опір. Двофазні потоки і системи.

Тема 4. Ламінарний плин в'язкої рідини.

Зміст: Умови ламінарної течії рідини в трубах. Наближення прикордонного шару. Явище відриву прикордонного шару. Напряга сили внутрішнього тертя в трубі. Закономірності перебігу в'язкої рідини в трубі. Об'ємна витрата і перепад тиску в трубі.

Тема 5. Турбулентний рух рідини.

Зміст: Статистичні характеристики турбулентності. Турбулентні напруги сил внутрішнього тертя. Генерація і дисипація енергії турбулентності. Структура турбулентного прикордонного шару. Напівемпірична гіпотеза Прандтля. Логарифмічні розподіл швидкості. Напівемпірична гіпотеза Колмогорова.

Тема 6. Гідродинамічний опір.

Зміст: Види гідродинамічних опорів. Гідродинамічний опір тертя. Місцеві гідродинамічні опору. Гідродинамічні опору при зовнішньому обтіканні тіл. Робота насоса в гідравлічній мережі.

Тема 7. Двофазні потоки і системи.

Зміст: Особливості гідродинаміки двофазних систем. Вільне осадження кулястої частинки. Псевдозрідження. Гідродинаміка псевдозрідженого шару. Гідро і пневмотранспорт. Двофазні системи "рідина - газ".

3. Структура навчальної дисципліни

| Назви розділів і тем | Кількість годин | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|----|------|------|------|--------------|--------------|----|------|------|------|
| | денна форма | | | | | | заочна форма | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | | усього | у тому числі | | | | |
| | | л | п | лаб. | інд. | с.р. | | л | п | лаб. | інд. | с.р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Розділ 1. Основні поняття і визначення гідрогазодинаміки. Динаміка ідеальної та в'язкої рідини. | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Вступ. Основні поняття і визначення гідрогазодинаміки. | 13 | 2 | 2 | | | 9 | | | | | | |
| Тема 2. Динаміка ідеальної рідини. | 21 | 6 | 6 | | | 9 | | | | | | |
| Тема 3. Теоретичні основи динаміки в'язкої рідини. | 26 | 8 | 8 | | | 10 | | | | | | |
| Разом за розділом 1 | 60 | 16 | 16 | | | 28 | | | | | | |

| Розділ 2. Ламінарний та турбулентний рух рідини. Гідродинамічний опір. Двофазні потоки і системи. | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|-----------|-----------|--|--|-----------|--|--|--|--|--|--|
| Тема 4. Ламінарний плин в'язкої рідини. | 15 | 4 | 4 | | | 7 | | | | | | |
| Тема 5. Турбулентний рух рідини. | 15 | 4 | 4 | | | 7 | | | | | | |
| Тема 6. Гідродинамічний опір. | 15 | 4 | 4 | | | 7 | | | | | | |
| Тема 7. Двофазні потоки і системи. | 15 | 4 | 4 | | | 7 | | | | | | |
| Разом за розділом 2 | 60 | 16 | 16 | | | 28 | | | | | | |
| Усього годин | 120 | 32 | 32 | | | 56 | | | | | | |

4. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-----------|--|-----------------|
| 1, 2 | Фізичні параметри рідини і газу. Гіпотеза суцільного середовища в Гідрогазодинаміці. Деякі поняття математичної теорії поля. Диференціальне рівняння нерозривності. | 4 |
| 3,4 | Диференціальні рівняння Ейлера. Рівняння Бернуллі. Фізичний сенс рівняння Бернуллі. Застосування рівняння енергії в гідростатиці. Швидкість і витрати рідини. | 4 |
| 5, 6 | Диференціальні рівняння збереження кількості руху. Закони внутрішнього тертя в'язкої рідини. Диференціальні рівняння Нав'є-Стокса. Поняття про подібність гідродинамічних процесів. Числа гідродинамічної подібності. Теореми подібності. | 4 |
| 7, 8,9 | Умови ламінарної течії рідини в трубах. Наближення прикордонного шару. Явище відриву прикордонного шару. Напряга сили внутрішнього тертя в трубі. Закономірності перебігу в'язкої рідини в трубі. Об'ємна витрата і перепад тиску в трубі. | 6 |
| 10, 11,12 | Статистичні характеристики турбулентності. Турбулентні напруги сил внутрішнього тертя. Генерація і дисипація енергії турбулентності. Структура турбулентного прикордонного шару. Напівемпірична гіпотеза Прандтля. Логарифмічні розподіл швидкості. Напівемпірична гіпотеза Колмогорова. | 6 |
| 13,14 | Види гідродинамічних опорів. Гідродинамічний опір тертя. Місцеві гідродинамічні опору. Гідродинамічні опору при зовнішньому обтіканні тіл. Робота насоса в гідравлічній мережі. | 4 |
| 15,16 | Особливості гідродинаміки двофазних систем. Вільне осадження кулястої частинки. Псевдозрідження. Гідродинаміка псевдозрідженого шару. Гідро і пневмотранспорт. Двофазні системи "рідина - газ". | 4 |
| | Разом | 32 |

5. Завдання для самостійної роботи

| № з/п | Види, зміст самостійної роботи | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1 | Ознайомитись з предметом і методами гідрогазодинаміки, з загальними положеннями. | 9 |
| 2 | Розглянути фізичні властивості рідин. Гідростатика - рівноважний напружений стан рідини. | 9 |
| 3 | Розглянути рівноважний напружений стан рідини. | 9 |

| | | |
|---|---|----|
| 4 | Вивчити методи гідравлічного розрахунку трубопроводів | 7 |
| 5 | Ознайомитись з принципами побудови діаграми рівняння Бернуллі | 7 |
| 6 | Дослідити розподіл тиску по поверхні обтічних тіл. | 8 |
| 7 | Визначити коефіцієнти опору тіл. | 7 |
| | Разом | 56 |

6. Індивідуальні завдання

Відповідно до діючого навчального плану студенти при вивченні курсу «Основи гідрогазодинаміки» виконують розрахунково-графічну роботу.

7. Методи навчання

Для проведення лекційних занять використовуються пояснювально-ілюстративний та(або) метод проблемного викладання.

Практичні, семінарські заняття проводяться за репродуктивним або частково-пошуковим методами.

Якщо за якихось непередбачуваних обставин вводиться дистанційне навчання може використовуватися дослідницький метод або комбінації методів.

8. Методи контролю

Мета і задачі контролю. Контрольні заходи є необхідним елементом зворотного зв'язку у процесі навчання. Вони визначають відповідність рівня набутих студентами знань, умінь та навичок вимогам нормативних документів щодо вищої освіти і забезпечують своєчасне коригування навчального процесу.

У навчальному процесі використовуються такі види контролю: поточний, розрахунково-графічні роби, рубіжний, підсумковий.

Поточний контроль проводиться викладачами на всіх видах аудиторних занять. Основне завдання поточного контролю – перевірка рівня підготовки студентів до виконання конкретної роботи. Основна мета поточного контролю – забезпечення зворотного зв'язку між викладачами та студентами у процесі навчання, забезпечення управління навчальною мотивацією студентів. Інформація, одержана при поточному контролі, використовується як викладачами - для коригування методів і засобів навчання, так і студентами – для планування самостійної роботи.

Контроль виконання розрахунково-графічних робіт (ваговий бал - 30) проводиться у вигляді обговорення результатів виконання кожного із завдань. Максимальна кількість балів за правильність виконання обчислень – 10 (5+5) балів; невиконання розрахункового завдання приносить студенту 0 балів. Максимальна кількість балів за відповіді на питання 20 (10+10) балів. Максимальна кількість балів за кожне виконане й здане розрахункове завдання 15 балів.

Рубіжний контроль – це контроль знань студентів після вивчення логічно завершеної частини навчальної програми дисципліни. Цей контроль може бути тематичним або календарним і проводиться у формі контрольної роботи, тестування, виконання розрахункового або розрахунково-графічного завдання, курсового проекту (роботи) та ін.

Підсумковий контроль забезпечує оцінку результатів навчання студентів певного освітньо-кваліфікаційного рівня на проміжних або заключному етапах їх навчання. Він включає семестровий контроль і державну атестацію студентів.

Залік (диференційний залік) – це вид підсумкового контролю, при якому засвоєння студентом навчального матеріалу з дисципліни оцінюється на підставі результатів поточного контролю (тестування, поточного опитування, виконання індивідуальних завдань та певних видів робіт на практичних, семінарських або лабораторних заняттях)

протягом семестру. Семестровий залік планується за відсутністю екзамену і не передбачає обов'язкової присутності студентів на заліковому заході.

Семестровий контроль з певної дисципліни проводиться відповідно до навчального плану у вигляді семестрового екзамену, диференційованого заліку в терміни, встановлені графіком навчального процесу та в обсязі навчального матеріалу, визначеному робочою програмою дисципліни. Форма проведення семестрового контролю (усна, письмова, комбінована, тестування тощо), зміст і структура екзаменаційних білетів (контрольних завдань) та критерії оцінювання визначаються рішенням циклової комісії.

Державна атестація студентів проводиться державною екзаменаційною комісією після закінчення навчання за певним освітньо-кваліфікаційним рівнем. Основним завданням державної атестації є встановлення відповідності рівня якості підготовки випускників вимогам стандартів вищої освіти. За результатами позитивної атестації видається диплом державного зразка про здобуття відповідного освітнього рівня та отриману кваліфікацію. Нормативні форми державної атестації (захист дипломного проекту або роботи, державний екзамен тощо) визначається навчальним планом згідно з вимогами відповідної ОПП.

9. Схема нарахування балів

| Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання | | | | Сума |
|--|----------|--|------------------------|------|
| Розділ 1 | Розділ 2 | Контрольна робота, передбачена навчальним планом | Індивідуальне завдання | |
| T1-T3 | T4-T5 | | 2 | 100 |
| 30 | 40 | | 30 | |

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 – теми розділів 1 семестру.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Загальні критерії оцінювання

I рівень оцінювання (задовільно). Відповідь студента при відтворенні навчального матеріалу елементарна, зумовлюється початковими уявленнями про предмет вивчення. Студент відтворює основний навчальний матеріал, здатний виконувати завдання за зразком, володіє елементарними вміннями навчальної діяльності.

II рівень - достатній (добре). Студент знає істотні ознаки понять, явищ, закономірностей, зв'язків між ними, а також самостійно застосовує знання в стандартних ситуаціях, володіє розумовими операціями, вміє робити висновки, виправляти допущені помилки. Відповідь повна, правильна, логічна, обґрунтована.

III рівень - високий (відмінно). Студент здатний самостійно здійснювати основні види навчальної діяльності. Знання студента є глибокими, міцними, узагальненими; студент вміє застосовувати знання творчо, його навчальна діяльність позначена вмінням самостійно оцінювати різноманітні життєві ситуації, явища, факти, виявляти і відстоювати особисту позицію.

Вивчення дисципліни у вищих навчальних закладах I-II рівнів акредитації повинно дати не тільки певну суму знань, а й підготувати студентів для освоєння обраної професії та допомоги формувати світогляд.

Складовими навчальних досягнень студентів є вміння відтворювати отриману інформацію, знаходити нову, оцінювати її та застосовувати в стандартних і не стандартних ситуаціях.

Тому потрібно оцінювати:

- 1) рівень володіння теоретичними знаннями;
- 2) рівень вмінь використовувати теоретичні знання під час розв'язування задач;
- 3) рівень володіння практичними вміннями та навичками, які виявляються під час виконання практичних робіт;
- 4) оцінювання творчих робіт студентів (рефератів, експериментальних робіт, особливо пов'язаних з майбутньою професією).

I Оцінювання рівня теоретичних знань.

Відповідь з теорії може складатися:

- 1) з викладу теоретичного матеріалу;
- 2) формування правил, законів, закономірностей;
- 3) із завдань на вибір правильної відповіді

При оцінюванні відповідей з теорії враховується:

- 1) обсяг відтвореної інформації та її співвідношення до обсягу повної інформації з даного питання;
- 2) обсяг додаткової інформації, здобутої студентом, та доцільність її використання;
- 3) частота допомоги викладача;
- 4) кількість похибок (помилки, недоліків, неточностей) у відповіді;
- 5) логічний зв'язок відтвореної інформації.

II Оцінювання рівня вмінь використовувати знання при розв'язанні практичних задач

У процесі оцінювання задача розбивається на окремі логічні кроки та операції; кожному з яких залежно від їх складності та значущості дається певна кількість балів або їх частина.

При оцінюванні вмінь та знань студента треба користуватися такими критеріями та характеристиками рівнів.

Середній рівень (задовільно) передбачає вміння розв'язувати задачі репродуктивного характеру, тобто за готовою логічною схемою знайти вірне рішення.

Достатній рівень (добре) передбачає розв'язування задач на 4-6 логічних кроків репродуктивного характеру, розв'язання яких потребує практичного застосування набутих знань з обґрунтуванням процесу міркувань без допомоги викладача.

Високий рівень (відмінно) передбачає розв'язання стандартних задач оригінальним способом або самостійне розв'язання нестандартних задач на 4 та більше кроків.

Критерії оцінювання знань студентів на заліку

| Характеристики критеріїв оцінювання знань | За державною (національною) шкалою | За 100 бальною шкалою |
|---|--|-----------------------|
| Характеризується знаннями суттєвих ознак, понять, явищ, закономірностей, зв'язків між ними. Студент самостійно засвоює знання у стандартних ситуаціях, володіє розумовими операціями (аналізом, синтезом, узагальненням, порівнянням, абстрагуванням), уміє робити висновки, виправляти допущені помилки. навчальна діяльність позначена вміннями самостійно оцінювати різноманітні життєві ситуації, явища, факти, виявляти і відстоювати особистісну позицію. | Зараховано | 50-100 |
| Незнання значної частини навчального матеріалу, суттєві помилки у відповідях на питання, невміння застосувати теоретичні положення при розв'язанні практичних задач. | Не зараховано з можливістю повторного складання заліку | 25-49 |

| | | |
|---|--|------|
| Незнання значної частини навчального матеріалу, суттєві помилки у відповідях на питання, невміння орієнтуватися при розв'язанні практичних задач, незнання основних фундаментальних положень. | Не зараховано з обов'язковим повторним вивченням навчальної дисципліни | 1-24 |
|---|--|------|

Шкала оцінювання

| Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру | Оцінка | |
|--|-------------------------------------|----------------------------------|
| | для чотирирівневої шкали оцінювання | для дворівневої шкали оцінювання |
| 90 – 100 | відмінно | зараховано |
| 70-89 | добре | |
| 50-69 | задовільно | |
| 1-49 | незадовільно | не зараховано |

10. Рекомендоване методичне забезпечення

1. Конспект лекцій.
2. Перелік задач для практичних занять та самостійної роботи.
3. Дейч М. Е. Газодинаміка / М. Е. Дейч, А. Е. Зарянкін. – М.: Энергоіздат, 1984. – 384 с.
4. Лабейш В.Г. Гидромеханіка и газодинаміка: Л.: СЗПИ, 1973. 186 с..

Основна література

5. Альтман Е. І. Газодинаміка [Посібник для практичних занять та самостійної роботи студентів] / Е. І. Альтман, І. Л. Большаков, Ю. Д. Кожелупенко. – Одеса, 2008. – 150 с.
6. Лабейш В.Г. Газодинаміка: Л.: СЗПИ, 1990. 84 с.

Допоміжна література

7. Альтшуль А. Д. Примеры расчетов по гидравлике: [Учебное пособие] / А. Д. Альтшуль, В. И. Калицун, Ф.Г. Майрановский. – М.: Стройиздат, 1977. – 255 с.
8. Примеры гидравлических расчетов: [Учеб. Пособие, 2-е изд., перераб] / Под ред. А.И. Богомолова. – М.: Транспорт, 1977. – 526 с.

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Мережа Internet.
2. Бібліотеки ХНУ ім. В.Н.Каразіна.