

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Інституту технічної теплофізики

НАН України

протокол № 6

від «25» 03 2021 року



Голова вченої ради

Інституту технічної теплофізики

НАН України,

академік НАН України

Ю. Ф. Снежкін
Ю. Ф. Снежкін

«Спеціальні розділи механіки рідини і газу»

РОБОЧА ПРОГРАМА

кредитного модуля

Третій освітньо-науковий рівень вищої освіти

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

Освітньо-наукова програма «Електрична інженерія»

Денна форма навчання

Робоча програма кредитного модуля «Спеціальні розділи механіки рідини і газу»

складена відповідно до програми навчальної дисципліни **«Спеціальні розділи механіки рідини і газу»**

РОЗРОБНИК РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ:

доктор технічних наук, професор, Авраменко Андрій
Олександрович

1. Опис кредитного модуля

Рівень вищої освіти, спеціальність, освітня програма, форма навчання	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий))	Навчальна дисципліна: Спеціальні розділи механіки рідини і газу	Лекції: 16 год.
Спеціальність: 144 «Теплоенергетика» »		Семінарські: 14 год.
Освітньо-наукова програма «Електрична інженерія»	Цикл: професійної підготовки	Лабораторні заняття: 0 год.
	Статус кредитного модуля: вибірковий	Самостійна робота: 60 год., у тому числі на виконання індивідуального завдання: 0 год.
Форма навчання: денна	Семестр: 1	Індивідуальне завдання: —
	Кількість кредитів (годин): 3,0 (90)	Вид та форма семестрового контролю: Екзамен; усний/письмовий

Курс «Спеціальні розділи механіки рідини і газу» є одним з розділів професійної підготовки фізико-енергетичного циклу. Курс ставить на меті познайомити аспірантів з особливостями гідродинаміки в складних гідродинамічних процесах.

. Прослухавши курс аспіранти повинні вміти самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати задачі гідродинаміки в елементах енергетичного устаткування, робити розрахунки гідродинаміки в елементах перспективних енергетичних установок та сучасного обладнання. А також, виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при дослідженні гідродинамічних процесів в енергетичних системах і нових джерел енергії.

Вивчення курсу «Спеціальні розділи механіки рідини і газу» базується на таких курсах: «Механіка рідини і газу», «Фізика», «Турбулентність і нестійкість», «Газодинаміка». Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Спеціальні розділи механіки рідини і газу» можна використовувати в подальшому під час навчання спеціалізованих дисциплін фізико-енергетичного циклу, що забезпечує індивідуальну наукову роботу аспірантів.

2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Основною метою навчальної дисципліни «Спеціальні розділи механіки рідини і газу» є отримання аспірантами знань закономірностей гідродинаміки в складних гідро-газодинамічних процесах. Прослухавши курс аспіранти повинні вміти самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати задачі гідродинаміки в елементах енергетичного устаткування, робити розрахунки гідродинаміки в елементах перспективних енергетичних установок та сучасного обладнання. А також, виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при дослідженні гідродинамічних процесів в енергетичних системах і нових джерел енергії.

Відповідність формування у аспірантів компетентностей:

ЗДАТНІСТЬ:

Після засвоєння навчальної дисципліни аспіранти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗДАТНІСТЬ

- Самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати задачі гідродинаміки в елементах енергетичного устаткування;
- Самостійно розраховувати гідродинамічні процеси в сучасних та перспективних енергетичних установках;
- Виконувати дослідження і робити обґрунтовані висновки при дослідженні в гідродинамічних процесах сучасного енергетичного устаткування
 - Відповідність формування у аспірантів компетентностей
 - ЗК 1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
 - ЗК 2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- ФК 1 Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проєктів;
- ФК 2 Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів;
- ФК 5 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

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

знання:

- закономірностей теплообміну в складних гідродинамічних процесах.
- методів розрахунку теплообміну в складних гідродинамічних процесах.

уміння:

- самостійно формулювати, аналізувати і вирішувати складні задачі теплообміну в елементах енергетичного устаткування.
- ПРН 9 Вміння застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні

моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів, нових матеріалів, речовин і наукоємних технологій.

- ПРН 11 Вміння знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій;
- ПРН 12 Вміння класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики;
- ПРН 13 Вміння організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди.

3. Структура кредитного модуля

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні	СРА
1	2	3	4	5	6
Розділ 1. Базові теореми гідродинаміки та вивід рівнянь Нав'є –					
Тема 1.1. Базові теореми гідродинаміки.		1			
Тема 1.2. Вивід рівнянь Нав'є – Стокса.		1	2		
Разом за розділом 1		2	2		
Розділ 2. Повзучі течії та методи їх розрахунку					
Тема 2.1. Методи розрахунку повзучих течій		0.5			
Тема 2.2. Перша та друга задачі Стокса		0.75			
Тема 2.3. Задача Стокса обтікання сфери. ..		0.75	2		
Разом за розділом 2		2	2		
Розділ 3. Нестационарні течії та методи їх розрахунку					
Тема 3.1. Методи операційного обчислення		1	2		
Тема 3.2. Методи симетрії		1			
Разом по розділу 3		2	2		
Розділ 4 Наближення прикордонного шару та методи розрахунку параболічних течій					
Тема 4.1. Основи теорії прикордонного шару.		1			
Тема 4.2. Методи розрахунку параболічних течій. Диференціальний метод.		1	2		
Разом по розділу 4		2	2		
Розділ 5 Течії в каналах і методи їх розрахунку.					
Тема 5.1. Основні рівняння		1			

руху в каналах.					
Тема 5.2. Методи розрахунку течій в каналі		1	2		
Разом по розділу 5.		2	2		
Розділ 6 Гідродинамічна нестійкість.					
Тема 6.1. Форми гідродинамічної нестійкості.		1			
Тема 6.2. Методи дослідження нестійкості		1	2		
Разом по розділу 6		2	2		
Розділ 7 Турбулентність.					
Тема 7.1. Моделі турбулентності		1	2		
Тема 7.2. Турбулентні течії в пограничному шарі та каналах.		1			
Разом по розділу 7		2	2		
Розділ 8 Спеціальні види течій.					
Тема 8.1. Пористе середовище.		1			
Тема 8.2. Нанорідини та мікроканали		1			
Разом по розділу 8		2			
Екзамен					
Всього годин		16	14		50

4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з поанням на літературу)	
1	Базові теореми гідродинаміки та вивід рівнянь Нав'є – Стокса. Перша теорема Гельмгольца. Друга теорема Гельмгольца. Теорема Стокса. Теорема Лагранжа. Гіпотеза Стокса. Вивід рівнянь Нав'є – Стокса.	
Література:	1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М: Наука, 1987 – 840с. 2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М: Наука, 1974 – 721с.	
Завдання на СРА:	<i>Гіпотеза Стокса. Зв'язок між тензором швидкостей деформації та тензором напруги.</i>	
2	Повзучі течії та методи їх розрахунку. Перша задача Стокса. Друга задача Стокса. Рівняння Нав'є – Стокса в формі Ламба. Аналітичне рішення. Сила Стокса.	
Література:	1. Авраменко А.А., Басок Б.И., Кузнецов А.В. Групповые методы в теплофизике. К: Наукова думка, 2003 – 480с. 2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М: Наука, 1987 – 840с. 3. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М: Наука, 1974 – 721с.	
Завдання на	<i>Групи перетворення симетрій (групи Лі). Автомодельні форми та</i>	

	СРА:	<i>автомодельні рівняння. Метод розділу змінних.</i>
3		Нестационарні течії та методи їх розрахунку. <i>Методи операційного обчислення. Методи симетрії. Розгінна течія в плоскому каналі. Розгінна течія в круглому каналі.</i>
	Література:	1. Авраменко А.А., Басок Б.И., Кузнецов А.В. Групповые методы в теплофизике. К: Наукова думка, 2003 – 480с. 2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М: Наука, 1987 – 840с. 3. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М: Наука, 1974 – 72
	Завдання на СРА:	<i>Перехід до автоматичних форм рівняння руху. Приклади розрахунку течій в каналах різної геометрії.</i>
4		Наближення прикордонного шару. <i>Основи теорії прикордонного шару. Припущення теорії прикордонного шару. Вивід рівняння Прандтля. Методи розрахунку параболічних течій. Диференціальний метод. Розрахунок прикордонного шару на основі інтегральних рівнянь.</i>
	Література:	1. Авраменко А.А., Басок Б.И., Кузнецов А.В. Групповые методы в теплофизике. К: Наукова думка, 2003 – 480с. 2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М: Наука, 1974 – 721с.
	Завдання на СРА:	<i>Автомодельні форми рівняння Прандтля. Інтегральні рівняння прикордонного шару.</i>
5		Течії в каналах і методи їх розрахунку. <i>Рівняння руху в каналах різної геометрії. Канали різної геометрії – плоский, круглий, криволінійний, прямокутного перерізу. Метод ґраток Больцмана</i>
	Література:	1. Авраменко А.А., Басок Б.И., Кузнецов А.В. Групповые методы в теплофизике. К: Наукова думка, 2003 – 480с. 2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М: Наука, 1987 – 840с. 3. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М: Наука, 1974 – 721с.
	Завдання на СРА:	<i>Метод рядів Фур'є. Метод операційного обчислення. Метод симетрії.</i>
6		Гідродинамічна нестійкість. <i>Форми гідродинамічної нестійкості. Нестійкість Релея – Бенара. Нестійкість Орра – Зоммерфельда. Відцентрова нестійкість. Методи дослідження нестійкості</i>
	Література:	1. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М: Наука, 1974 – 721с. 2. Авраменко А.А., Басок Б.И., Дмитренко Н.П., Ковецкая М.М., Тыринов А.И., Давыденко Б.В. Ренормализационно групповой анализ турбулентности. К: ТОВ «Видавничо - поліграфічний центр «Експрес», 2013 – 300с. 3. Рейнольдс А. Дж. Турбулентные течения в инженерных приложениях. – М: Энергия, 1979 – 408с. 4. Хинце И.О. Турбулентность, её механизм и теория. М: Физматгиз, 1963 – 680с. 5. Флетчер К. Численные методы на основе метода Галёркина. М: Мир, 1088 – 353с. 6. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. М: Наука, 1967 – 720с. 7. McComb W. D. The Physics of Fluid Turbulence. O: Oxford science publications, 1992 – 600р.
	Завдання на СРС:	<i>Метод збурень. Енергетичний метод. Модель Лоренца.</i>

7	Турбулентність. Моделі турбулентності. Класифікація моделей турбулентності. Побудова ренормалізаційно - групової моделі турбулентності. Турбулентні течії в пограничному шарі та каналах.
Література:	1. Авраменко А.А., Басок Б.И., Дмитренко Н.П., Ковецкая М.М., Тыринов А.И., Давыденко Б.В. Ренормализационно групповой анализ турбулентности. К: ТОВ «Видавничо - поліграфічний центр «Експрес», 2013 – 300с. 2. Рейнольдс А. Дж. Турбулентные течения в инженерных приложениях. – М: Энергия, 1979 – 408с. 3. Хинце И.О. Турбулентность, её механизм и теория. М: Физматгиз, 1963 – 680с. 4. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. М: Наука, 1967 – 720с. 5. McComb W. D. The Physics of Fluid Turbulence. O: Oxford science publications, 1992 – 600p.
Завдання на СРА:	<i>Структура течії. Профілі швидкості. Коефіцієнт тертя та гідравлічного опору.</i>
8	Пористе середовище. Нанорідини та мікроканали. Закон руху в пористому середовищі та міароканалах. Течія нанорідин. Дарсі. Закон Форхаймера. Наближення Брінкмана. Профілі швидкості. Коефіцієнт гідравлічного опору.
Література:	1. Авраменко А.А., Басок Б.И., Кузнецов А.В. Групповые методы в теплофизике. К: Наукова думка, 2003 – 480 с. 2. Авраменко А.А., Басок Б.И., Дмитренко Н.П., Ковецкая М.М., Тыринов А.И., Давыденко Б.В. Ренормализационно групповой анализ турбулентности. К: ТОВ «Видавничо - поліграфічний центр «Експрес», 2013 – 300с.
Завдання на СРА:	<i>Закони Дарсі, Форхаймера та наближення Брінкмана. Профілі швидкості. Коефіцієнт гідравлічного опору.</i>
Заключення. Підсумки вивчення курсу.	

5. Семінарські заняття

Семінарські заняття входять до плану (7год.) і проводяться за наступними темами:

Основні завдання циклу семінарських занять:
навчити аспірантів застосовувати отриманні знання.

1	Вивід рівнянь гідродинаміки.
2	Задача Стокса обтікання сфери.
3	Розгінна течія в пласкому та круглому каналах.
4	Рішення задачі пограничного шару біля пласкої поверхні.
5	Задача течії в каналах прямокутного перерізу.
6	Розв'язання задач на власні значення.
7	Методика отримання ренормалізаційно – групових моделей турбулентності.

