

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



_____ 2020 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Теорія пограничного шару

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти магістр

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 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою ННІ КФЕ

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

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Інна КАЗАРОВА, канд. техн. наук, доцент кафедри теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності.

Програму схвалено на засіданні кафедри теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

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

Завідувач кафедри теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності



Юрій МАЦЕВИТИЙ

Програму погоджено з гарантом програми (керівником проектної групи)

Прикладна фізика енергетичних систем



Микола ПЕЛІХАТИЙ

Програму погоджено методичною комісією ННІ КФЕ

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

Голова методичної комісії ННІ КФЕ



Ольга ЛІСІНА

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Теорія пограничного шару» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістр, спеціальності 105 — Прикладна фізика та наноматеріали.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є оволодіння початковими відомостями з теорії прикордонного шару, дослідження математичних і фізичних моделей прикордонного шару на основі рівнянь Нав'є-Стокса. Вивчення теорії теплового прикордонного шару.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є теоретичне оволодіння теорією прикордонного шару для дослідження питань пов'язаних з опором при обтіканні рідиною твердих тіл.

1.3. Кількість кредитів – 5

1.4. Загальна кількість годин – 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1 –й	-й
Семестр	
1 –й	-й
Лекції	
15 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
15 год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
120год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
1 год.	

1.6. Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми, студенти мають досягти таких результатів навчання:

знання і розуміння важливих понять, фізичних особливостей і розрахункових методів а також рівнянь теорії прикордонного шару для різних режимів течії, а саме для ламінарного, турбулентного і перехідного;

вміння дослідити тепловий прикордонний шар і тепловіддачу при обтіканні рідиною твердого тіла.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Початкові відомості з теорії прикордонного шару.

Тема 1. Основні поняття прикордонного шару.

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Відрив прикордонного шару і утворення вихорів.

Рівняння Нав'є – Стокса.

Розділ 2. Ламінарні прикордонні шари.

Тема 2. Рівняння ламінарного прикордонного шару для плоскої течії.

Рівняння прикордонного шару для течії вздовж плоскої пластини. Відрив прикордонного шару. Опір тертю. Прикордонний шар на пластині.

Тема 3. Загальні властивості рівнянь ламінарного прикордонного шару.

Залежність розвитку прикордонного шару від числа Re . Теорема імпульсів і енергії для прикордонного шару.

Тема 4. Температурні прикордонні шари в ламінарній течії.

Основні визначення прикордонного теплового шару. Рівняння енергії. Теорія подібності в теплопердачі.

Тема 5. Керування прикордонним шаром при ламінарній течії.

Способи керування прикордонним шаром. Збільшення швидкості прикордонного шару. Охолодження стінки.

Тема 6. Перехід ламінарної форми течії в турбулентну.

Експериментальні результати що відносяться до переходу ламінарної течії в турбулентну. Основи теорії стійкості ламінарної течії.

Розділ 3. Турбулентні течії.

Тема 7. Основні відомості о турбулентній течії.

Додаткові турбулентні напруги. Баланс енергії в турбулентних течіях.

Тема 8. Теоретичні гіпотези для розрахунку турбулентної течії.

Основні рівняння. Гіпотеза подібності Кармана. Закон розподілення швидкостей.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів 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. Початкові відомості з теорії прикордонного шару.												
Тема 1. Основні поняття прикордонного шару.	20	2	2			16						
Разом за розділом 1	20	2	2			16						
Розділ 2. Ламінарні прикордонні шари.												

Тема 2. Рівняння ламінарного прикордонного шару для пласкої течії.	19	2	2			15						
Тема 3. Загальні властивості рівнянь ламінарного прикордонного шару.	18	2	1			15						
Тема 4. Температурні прикордонні шари в ламінарній течії.	18	1	2			15						
Тема 5. Керування прикордонним шаром при ламінарній течії.	19	2	2			15						
Тема 6. Перехід ламінарної форми течії в турбулентну.	9	2	2			5						
Разом за розділом 2	83	9	9			65						
Розділ 3. Турбулентні течії.												
Тема 7. Основні відомості о турбулентній течії.	24	2	2			20						
Тема 8. Теоретичні гіпотези для розрахунку турбулентної течії.	23	2	2			19						
Разом за розділом 3	47	4	4			39						
Усього годин	150	15	15			120						

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Інтегральні співвідношення товщини гідродинамічного прикордонного шару з розподіленням швидкостей в шарі на напівнескінченній пластині	5
2	Інтегральні співвідношення товщини гідродинамічного прикордонного шару з розподіленням температури в шарі на напівнескінченній пластині	5
3	Тепловий прикордонний шар	5
	Разом	15

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розглянути основні рівняння динаміки рідини. Загальні властивості рівнянь Нав'є-Стокса.	30
2	Розглянути ламінарний прикордонний шар на пластині «Подібні»	30

	рішення рівнянь ламінарного прикордонного шару. Перетворення рівнянь ламінарного прикордонного шару в рівняння теплопровідності	
3	Проаналізувати точні рішення рівнянь ламінарного прикордонного шару для стаціонарної течії. Наближені способи рішення рівнянь прикордонного шару для стаціонарної пласкої течії	30
4	Розглянути турбулентний прикордонний шар при течії в трубах. Прикордонний шар для свобідної турбулентної течії.	30
	Разом	120

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальне завдання передбачає підготовку РГР за темою «Розрахунок декотрих основних характеристик турбулентності». РГР слід виконати, оформити та захистити. Варіанти погодити з викладачем.

7. Методи навчання

В залежності від потреб у викладі матеріалу в курсі можуть бути використані такі методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод, репродуктивний метод, метод проблемного викладення, частково-пошуковий (або евристичний метод), дослідницький метод.

8. Методи контролю

Навчальні досягнення студентів з дисципліни оцінюються за модульно-рейтинговою системою, в основу якої покладено принцип поопераційної звітності, обов'язковості модульного контролю, накопичувальної системи оцінювання рівня знань, умінь та навичок, розширення кількості підсумкових балів до 100.

У процесі оцінювання навчальних досягнень студентів застосовуються такі методи:

- методи усного контролю: індивідуальне опитування, фронтальне опитування, співбесіда;
- методи письмового контролю: реферат, РГР;
- методи комп'ютерного контролю: поточне тестування;
- методи самоконтролю: уміння самостійно оцінювати свої знання, самоаналіз.

Кількість балів за роботу з теоретичним матеріалом на практичних заняттях, під час виконання самостійної роботи залежить від дотримання таких вимог:

- систематичність відвідування занять;
- своєчасність виконання навчальних і індивідуальних завдань;
- повний обсяг їх виконання;
- якість виконання навчальних і індивідуальних завдань;
- самостійність виконання;
- творчий підхід у виконанні завдань;
- ініціативність у навчальній діяльності;
- виконання тестових завдань.

Передбачаються бали за:

виконання завдань для самостійного опрацювання – до 10 балів (за кожен розділ по 5 балів);
експрес-контроль на практиці до 50 балів (25 балів кожен розділ);
РГР– 40 балів.

Контроль успішності студентів з урахуванням поточного і підсумкового оцінювання здійснюється відповідно до навчально-методичної карти дисципліни де зазначено види контролю і кількість балів за видами. Систему рейтингових балів для різних видів контролю та

порядок їх переведення у національну (4-бальну) та європейську (ECTS) шкалу подано нижче у таблицях.

9. Схема нарахування балів

Підсумковий семестровий контроль в формі заліку без виконання залікової роботи

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання						Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Сума
Розділ 1			Розділ 2					
T1	T2	T3	T4	T5	T6	-	РГР	100
10	10	10	10	10	10	-	40	

T1, T2 ... – теми розділів.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Кількість балів за роботу з теоретичним матеріалом, на практичних заняттях, під час виконання самостійної роботи залежить від дотримання таких вимог:

- систематичність відвідування занять;
- своєчасність виконання навчальних і індивідуальних завдань;
- повний обсяг їх виконання;
- якість виконання навчальних і індивідуальних завдань;
- самостійність виконання;
- творчий підхід у виконанні завдань;
- ініціативність у навчальній діяльності;
- виконання тестових завдань.

Мінімальний підсумковий бал за залік складатиме 50 балів, а максимальний – 100 балів.

Підсумкова оцінка визначається шляхом переведу підсумкового балу з дисципліни у традиційну академічну оцінку національної шкали ("відмінно", "добре", "задовільно", "незадовільно" за шкалою:

— **"відмінно"** (90 та вище балів) заслуговує студент, який виявив всебічне і глибоке знання програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, засвоїв основну і ознайомився з додатковою літературою, розуміє взаємозв'язок головних понять дисципліни та їх значення для майбутньої професії, на високому рівні виконав РГР;

— **"добре"** (82-89 балів) заслуговує студент, який виявив повне знання програмного матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисциплін і здатний до самостійного доповнення, але під час відповіді допустив деякі неточності; на високому рівні виконав РГР, однак допустив певні неточності в розрахунках;

— **"добре"** (70-81 балів) заслуговує студент, що виявив не цілком повне знання програмного матеріалу, не завжди успішно виконує передбачені програмою завдання, частково засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив не систематичний характер знань з дисциплін і не завжди здатний до їх самостійного доповнення і під час відповіді допускає деякі неточності; на високому рівні виконав РГР, однак допустив певні неточності в розрахунках та поясненнях;

— **"задовільно"** (61-69 балів) заслуговує студент, що виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою

літературою, на задовільному рівні виконав РГР, однак допустив неточності в розрахунках та поясненнях;

— **"задовільно"** (50-60 балів) заслуговує студент, що виявив часткове знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, не завжди вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий лише частково з основною рекомендованою літературою, на задовільному рівні виконав РГР, однак допустив суттєві неточності в розрахунках та поясненнях .

— **"незадовільно"** (40-49 балів) виставляється студенту, який виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань. РГР не виконав.

— **"незадовільно"** (1-39 балів) виставляється студенту коли протягом семестру він допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань. РГР не виконав.

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. Рекомендована література

1. Маляренко В.А. Энергетичні установки. Загальний курс: Навчальний посібник. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 287с. з іл.
2. Греберг Г. Основы учения о теплообмене/ Греберг Г., Эрк С., Григуль У. - 3-е изд.(под редакцией Гухмана)., Изд-во Иностранной литературы, 1958 год, 302 с.
3. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена., Атомиздат, 1979, 255 с.
4. Альтшуль А. Д. Примеры расчетов по гидравлике: [Учебное пособие] / А. Д. Альтшуль, В. И. Калицун, Ф.Г. Майрановский. – М. : Стройиздат, 1977. – 255 с.
5. Левицький Б. Ф. Гідравліка. Загальний курс / Б. Ф. Левицький, Н. П. Лещій. – Львів: Світ, 1994. – 264 с.

Основна література

1. Левицький Б. Ф. Гідравліка. Загальний курс / Б. Ф. Левицький, Н. П. Лещій. – Львів: Світ, 1994. – 264 с.
2. Лыков А.В. Теория переноса энергии и вещества./Лыков А.В., Михайлов Ю.А.- Издательство Академии наук БССР , 1959 год, 322с.
3. Михеев М.А. Основы теплопередачи./Михеев М.А., Михеева И.М.Ю - Изд. «Энергия» 1977, 344 с .

Допоміжна література

1. Патанкар С.. Тепло- и массообмен в пограничных слоях./ Патанкар С., Сполдинг Издательство: М.: Энергия , 1971 год, 144 с.

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

1. Мережа Internet.

2. Бібліотеки ХНУ ім. В.Н.Каразіна та ПМаш НАН України