

Національна академія наук України  
Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Заступник директора  
з наукової роботи

  


2018 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**ТЕОРІЯ ПОГРАНИЧНОГО ШАРУ**

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 142 Енергетичне машинобудування

спеціалізація Турбомашини та турбоустановки. Двигуни внутрішнього згоряння

2019 / 2020 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою інституту

“18” жовтня 2018 року, протокол № 10

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)  
Колодяжна Любов Володимирівна, доктор технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник

Програму схвалено на засіданні відділу оптимізації процесів та конструкцій турбомашин

Протокол від 10 вересня 2018 року № 2

Завідувач відділу оптимізації процесів та конструкцій турбомашин

  
\_\_\_\_\_  
(підпис) Шубенко О.Л.  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-технічною проблемною радою  
Енергомашинобудування. Теплова та відновлювальна енергетика. Екологія

Протокол від 13 вересня 2018 року № 13

Голова НТПР \_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_  
(підпис) Русанов А.В.  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Теорія пограничного шару” складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування (спеціалізація «Турбомашини та турбоустановки. Двигуни внутрішнього сгоряння»).

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Мета дисципліни полягає в ознайомленні аспірантів з теоретичними методами розрахунку руху в'язкої рідини і газу в елементах енергетичних машин з урахуванням пристінного шару.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни є здобуття знань суті в'язких ламінарних та турбулентних течій в проточній частині турбоустановки, знань основних причин виникнення турбулентних течій в проточних частинах турбіни, а також знань основних законів малов'язких течій, які мають найбільше практичне значення та вміння використовувати отримані знання в рішенні конкретних практичних задач за спеціальністю.

1.3. Кількість кредитів 3

1.4. Загальна кількість годин 90

#### 1.5. Характеристика навчальної дисципліни

Вибіркова	
Вид підсумкового контролю: залік	
Рік підготовки	1-й
Семестр	1-й
Лекції	30
Практичні, семінарські заняття	
Самостійна робота	60 год.
Індивідуальні завдання	

#### 1.6. Заплановані результати навчання

Після вивчення курсу студенти повинні:

*Знати:* основні фізичні властивості рідин і газів, загальні закони і рівняння механіки рідин і газів, особливості фізичного і математичного моделювання одно-, дво- і тривимірних, дозвукових і надзвукових, ламінарних і турбулентних течій ідеальної і реальної нестисливої та стислової рідин.

*Вміти:* використовувати знання при вирішенні практичних задач з вибору існуючих та створенню нових моделей течії в лопаткових апаратах на підставі рівнянь пограничного шару та рівнянь Нав'є-Стокса.

*Розуміти:* основи теорії пограничного шару, закони ламінарного та турбулентного руху течії та різницю між диференціальними рівняннями ламінарного та турбулентного пограничного шару.

### 2. Тематичний план навчальної дисципліни

#### Розділ 1. Введення в курс. Цілі і завдання курсу.

##### **Тема 1. Основні закони течії в'язкої рідини.**

Сили діючі у рідині. В'язка та ідеальна рідина. В'язкість. Стисливість. Закони подібності. Число Рейнольдса.

Рівняння руху в'язкої стисливої рідини (рівняння Нав'є-Стокса).  
Осереднені по Рейнольдсу рівняння Нав'є-Стокса.  
Точні рішення рівнянь Нав'є-Стокса.

### **Тема 2. Ламінарний пограничний шар.**

Поняття пограничного шару. Рівняння ламінарного пограничного шару при плоскій течії. Рівняння Прандтля.

Відрив пограничного шару. Опір тертя у ламінарному пограничному шарі.  
Пограничний шар на пластині. Товщина пограничного шару.

Теорема імпульсів та теорема енергії для пограничного шару.

Ламінарний пограничний шар у стисливій течії.

Управління пограничним шаром у ламінарній течії.

Нестаціонарний пограничний шар.

Основні відомості про пограничний шар з урахуванням температури.

Основні відомості про експериментальні дослідження в пристінному шарі пружної конструкції.

### **Розділ 2. Розвиток перехідного та турбулентного пограничного шару**

#### **Тема 3. Перехід ламінарного шару у турбулентний.**

Виникнення турбулентності. Вплив градієнту тиску на перехід течії у пограничному шарі з ламінарної форми у турбулентну.

Вплив теплопередачі та стисливості на перехід ламінарного пограничного шару в турбулентний.

Аналіз впливу різних факторів на перехід ламінарного пограничного шару в турбулентний.

Перехід ламінарного шару в турбулентний у трубі.

#### **Тема 4. Турбулентний пограничний шар.**

Основні відомості про турбулентні течії. Теоретичні гіпотези для розрахунку турбулентних течій.

Турбулентні течії в трубах.

Турбулентний пограничний шар без градієнта тиску.

Турбулентний пограничний шар з градієнтом тиску у нестисливій та стисливій течіях.

Основні відомості про моделі турбулентності.

### **3. Структура навчальної дисципліни**

Назви розділів і тем	Кількість годин						
	усього	у тому числі					
		лекції	практ.	лаб.	сем.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	
<b>Розділ 1. Введення в курс. Цілі і завдання курсу.</b>							
Тема 1. Основні закони течії в'язкої рідини.	14	4					10
Тема 2. Ламінарний пограничний шар.	32	12					20
Разом за розділом 1	46	16					30
<b>Розділ 2. Розвиток перехідного та турбулентного пограничного шару</b>							
Тема 3. Перехід ламінарного шару у турбулентний.	26	6					20
Тема 4. Турбулентний пограничний шар.	18	8					10
Разом за розділом 2	44	14					30
<b>Усього годин</b>	<b>90</b>	<b>30</b>					<b>60</b>

#### 4. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Точні рішення рівнянь Нав'є-Стокса.	10
2	Основні відомості про пограничний шар з урахуванням температури.	10
3	Основні відомості про експериментальні дослідження в пристінному шарі пружної конструкції.	10
4	Аналіз впливу різних факторів на перехід ламінарного пограничного шару в турбулентний.	10
5	Перехід ламінарного шару в турбулентний у трубі.	10
6	Основні відомості про моделі турбулентності	10
	Разом	60

#### 5 Методи контролю

Поточний контроль теоретичних знань, що отримані здобувачем вищої освіти ступеня доктора філософії, здійснюється методом усного опитування. Форма підсумкового контролю знань — залік.

#### 6. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом	Залік	Сума
Розділ 1	Розділ 2							
T1	T2	T3	T4	—	—	80	20	100
20	20	20	20					

T1, T2 ... – теми розділів.

#### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
50 – 100	Зараховано
0–49	Не зараховано

#### 7. Рекомендована література

1. Фабрикант Н.Я. Аеродинамика. – Наука.- М. , 1964, 814 с.
2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – Наука.- М.:, 1974, 690 с.
3. Бойко А.В. Гидрогазодинамика.- Харьков., НТУ ХПИ, 2006, 413 с.
4. Самойлович Г.С. Гидрогазодинамика.-Машиностроение.-М., 1990, 384 с.

#### Допоміжна література

1. Лойцянский Л.Г. Ламинарный пограничный слой. – М. Государственное издательство физико-математической литературы, 1962, - 479с.
2. Baldwin В. Thin layer approximation and algebraic model for separated turbulent flow / В. Baldwin, Н. Lomax // AIAA Paper 78–0257.– 1978.– P. 1–45.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М. Гостехиздат., 1957.

4. Диксон С.Л. Механика жидкостей и газов. Термодинамика турбомашин.-М: Машиностроение, 1981.
5. Шлихтинг Г. Возникновение турбулентности. Издательство иностранной литературы. Москва, 1962,- 203 с.

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

1. Мережа Internet.
2. Бібліотека ІПМаш НАН України.