

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Групи 4АД

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Перший проректор з НПР

професор \_\_\_\_\_ С.Я. Ходирєв

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА**

<b>навчальної дисципліни</b>	<u>Газова динаміка та агрегати наддува</u> (назва навчальної дисципліни згідно освітньої програми)
<b>підготовки</b>	<u>бакалавр</u> (назва освітньо-кваліфікаційного рівня)
<b>в галузі знань</b>	<u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр і назва галузі знань)
<b>спеціальності</b>	<u>142 «Енергетичне машинобудування»</u> (шифр і назва спеціальності)
<b>за освітньою програмою<sup>1</sup></b>	<u>«Енергетичне машинобудування»</u> (назва освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми)
<b>мова навчання</b>	<u>державна</u> (мова, на якій проводиться навчання за робочою програмою)

2019 рік

<sup>1</sup> якщо програма навчальної дисципліни розроблена для декількох освітніх програм за даною спеціальністю, то вказуються усі освітні програми

**1. Мета вивчення навчальної дисципліни.** Здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення інженерних завдань з використанням методів електричної інженерії. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів енергетичного і технологічного обладнання. Здатність визначати режими експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання та застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів. Здатність забезпечувати моделювання об'єктів і процесів з використанням стандартних і спеціальних пакетів програм та засобів автоматизації інженерних розрахунків, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів. Знання і розуміння математики, фізики, тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, конструкційних матеріалів, систем автоматизованого проектування енергетичних машин на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми. Застосовувати інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності 142 Енергетичне машинобудування; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

## 2. Передумови для вивчення дисципліни:

Вища математика, фізика, основи теплотехніки, гідравліка, гідро- і пневмоприводи, теорія горіння, технічна механіка, технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство, теоретична механіка, теорія механізмів і машин, деталі машин, технологічні основи машинобудування, основи САПР.

## 3. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни <sup>2</sup>	
	денна форма навчання	заочна (дистанційна) форма навчання <sup>3</sup>
<b>Кількість кредитів</b> - 3 <b>Кількість годин</b> - 90	вибіркова	
<b>Семестр викладання дисципліни</b>	<u>8</u> (порядковий номер семестру)	<u>3</u> (порядковий номер семестру)
<b>Вид контролю:</b>	<u>екзамен</u> (залк, екзамен)	
<b>Розподіл часу:</b>		
- лекції (годин)	<u>16</u>	<u>4</u>
- лабораторні роботи (годин)	<u>16</u>	<u>4</u>
- практичні заняття (годин)	<u>      </u>	<u>      </u>
- самостійна робота студентів (годин)	<u>28</u>	<u>47</u>
- курсовий проект (годин)	<u>      </u>	<u>      </u>
- курсова робота (годин)	<u>      </u>	<u>      </u>
- розрахунково-графічна робота (контрольна робота)	<u>      </u>	<u>5</u>
- підготовка та складання екзамену (годин)	<u>30</u>	<u>30</u>

## 4. Очікувані результати навчання з дисципліни:

<sup>2</sup> Якщо дисципліна викладається декілька семестрів, то на кожний семестр за відповідною формою навчання заповнюється окремий стовпчик таблиці.

<sup>3</sup> Якщо дисципліна на заочній (дистанційній) формі навчання не викладається, то графа “заочна форма навчання” відсутня.

Знання і розуміння математики, фізики, тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, конструкційних матеріалів, систем автоматизованого проектування енергетичних машин на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми. Застосовувати інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності 142 Енергетичне машинобудування; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень. Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання відповідно до спеціальності 142 Енергетичне машинобудування; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень. Розробляти і проектувати вироби в галузі енергетичного машинобудування, процеси і системи, що задовольняють конкретні вимоги, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування. Проектувати об'єкти енергетичного машинобудування, застосувати сучасні комерційні та авторські програмні продукти на основі розуміння передових досягнень галузі. Отримувати й інтерпретувати відповідні дані і аналізувати складності у сфері енергетичного машинобудування для донесення суджень, які відображають відповідні соціальні та етичні проблеми. Аналізувати розвиток науки і техніки.

### 5. Критерії оцінювання результатів навчання

У відповідності з «Положенням про організацію навчального процесу в ХНАДУ» (СТВНЗ 7.1-01:2015 від 24.04.2015), розроблені єдині форми і методи контролю знань студентів та критерії оцінок.

Бали за шкалою ХНАДУ	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Критерії
90-100	Відмінно	A	«Відмінно» – теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до максимального.
80-89	Добре	B	«Дуже добре» – теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість більшості з них оцінено числом балів, близьким до максимального.
75-79		C	«Добре» – теоретичний зміст курсу освоєний цілком, без прогалин, деякі практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані недостатньо, усі передбачені програмою навчання навчальні завдання виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконанні з помилками.
67-74	Задовільно	D	«Задовільно» – теоретичний зміст курсу освоєний частково, але прогалини не носять істотного характеру, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань містять помилки.
60-66		E	«Посередньо» – теоретичний зміст курсу освоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, багато передбачених програмою навчання навчальні завдання не виконані, або якість виконання деяких з них оцінено числом балів, близьким до мініимального.
35-39	Незадовільно	FX	«Умовно незадовільно» – теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані,

			більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань не виконано, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання).
1-34		F	« <b>Безумовно незадовільно</b> » – теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, усі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до якого-небудь значимого підвищення якості виконання навчальних завдань (з обов'язковим повторним курсом).

**6. Засоби діагностики результатів навчання** тести, дистанційний курс з дисципліни на навчальному сайті, розрахунково-графічна робота, екзаменаційні білети.

**7. Розподіл дисципліни у годинах за формами організації освітнього процесу та видами навчальних занять<sup>4</sup>**

Назва теми лекційного матеріалу	Кількість годин		Назва тем ЛР, ПР, СЗ, СРС	Кількість годин		Література
	очна	заочна		очна	заочна	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Семестр 1.</b>						
Тема 1. Основні рівняння	1	0,25	СРС. Основні визначення, поняття та задачі газової динаміки. СРС. Короткий історичний огляд становлення газової динаміка як науки.	0,5 0,5	1,0 0,5	1.1, 1.2, 2.2, 2.5, 2.8, 3.1
Тема 2. Параметри ізоентропійного і загальмованого потоку	1	0,25	ЛР. Вимірювання параметрів газових потоків СРС. Рівняння нерозривності для одинокого струмка. СРС. Рівняння енергії для одинокого струмка. СРС. Гранична швидкість руху потоку газу. СРС. Число Маха.	4 0,5 0,5 0,5 0,5	1 0,5 0,5 0,5 0,5	1.1, 1.2, 1.5, 2.2, 2.5, 2.8, 2.9, 3.1
Тема 3. Рівняння руху ідеальної рідини	1	0,25	СРС. Коефіцієнт швидкості. СРС. Механічна форма рівняння енергії (рівняння Бернуллі). СРС. Рівняння кількості руху одинокого струмка. СРС. Рівняння моменту кількості руху. СРС. Ізоентропійна течія газу. СРС. Елементи гідродинаміки. СРС. Дивергенція вектора швидкості. СРС. Рівняння нерозривності. СРС. Гідродинамічна	0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	1.1, 1.2, 2.2, 2.5, 2.8, 2.9, 3.1

4

Якщо дисципліна викладається декілька семестрів, то теми розбивати посеместрово.

			<p>подібність. Критерії та числа подібності.</p> <p>СРС. Плоскопаралельна течія в'язкої рідини у каналі.</p> <p>СРС. Рівняння швидкості ідеальної рідини (рівняння Ейлера).</p> <p>СРС. Поняття потенційного руху.</p>	0,5	0,5	
Тема 4. Гідродинамічна подібність. Критерії і числа подібності	2	0,25	<p>СРС. Плоский усталений рух ідеальної рідини, що стискається (рівняння руху, нерозривності, рівняння ідеального адиабатного процесу).</p> <p>СРС. Циркуляція руху. Рівняння Стокса.</p> <p>СРС. Стрибки ущільнення. Виведення рівняння швидкості ударної хвилі.</p>	0,5	1,0	1.1, 1.2, 2.2, 2.5, 2.8, 2.9, 3.1
Тема 5. Плоскопаралельна течія в'язкої рідини	1	0,25	<p>СРС. Параметри гальмування потоку.</p> <p>СРС. Прискорення газового потоку. Рівняння повернення діяння.</p> <p>СРС. Геометричні сопла. Сопло з косим зрізом. Сопло Лавалю.</p> <p>СРС. Витратні, механічні, теплові сопла. Напівтеплові сопла.</p> <p>СРС. Циркуляція руху.</p>	0,5	1,0	1.1, 1.2, 2.2, 2.5, 2.8, 2.9, 3.1
Тема 6. Газодинамічні функції	1	0,25	<p>СРС. Рівняння Стокса.</p> <p>СРС. Стрибки ущільнення.</p> <p>СРС. Виведення рівняння швидкості ударної хвилі.</p> <p>СРС. Зв'язок між тиском і густиною газу в стрибку ущільнення.</p> <p>СРС. Газодинамічні функції.</p> <p>СРС. Основи теорії граничного шару. Гіпотеза Ньютона.</p>	0,5	1,0	1.1, 1.2, 2.2, 2.5, 2.8, 2.9, 3.1
Тема 7. Елементи газової динаміки крилового профілю	2	0,25	<p>СРС. Елементи газової динаміки крилового профілю.</p> <p>СРС. Теорема Жуковського про силу дію потоку на профіль.</p>	0,5	1,0	1.1, 1.2, 2.2, 2.5, 2.8, 2.9, 3.1
Тема 8. Класифікація систем наддуву двигунів внутрішнього згоряння	2	0,25	<p>СРС. Система наддуву автотракторних двигунів. Класифікація та принцип дії.</p> <p>СРС. Основні конструктивні схеми ТКР.</p> <p>СРС. Зв'язок між ДВЗ та нагнітачем. Переваги та</p>	0,5	1,0	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.6, 1.7, 1.8, 2.2, 2.5, 2.9, 3.1

			недоліки, область використання. СРС. Індикаторна діаграма 4-х тактного дизеля з газотурбінним наддуванням.	0,5	1,0	
Тема 9. Принцип роботи, розрахунок і конструкція компресора	2	0,5	ЛР. Дослідження впливу конструктивних параметрів проточних частин на вихідні параметри компресора. СРС. Основні системи газотурбінного наддування. СРС. Ізобарне підведення газу до турбіни. СРС. Імпульсне підведення газу до турбіни. СРС. Перетворювачі імпульсу. СРС. Нагнітачі. Класифікація, принцип дії, область використання. СРС. Центробіжні компресори. Конструкція, принцип дії. СРС. Процес стиску в компресорі, ККД компресора. СРС. Рух повітря у направляючому апараті компресора. СРС. Рух повітря у робочому колесі. СРС. Щілиноподібний дифузор. СРС. Лопаточний дифузор. СРС. Повітрозбирач компресора (завиток компресора).	4 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	1 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 2.2, 2.5, 2.9, 3.1
Тема 10. Принцип роботи, розрахунок і конструкція турбіни	1	0,5	ЛР. Дослідження впливу параметрів газового потоку на потужність і ККД турбіни. СРС. Газова турбіна. Класифікація, принцип дії, область використання. СРС. Рух газу в сопловому апараті. СРС. Рух газу в робочому колесі турбіни.	4 0,5 0,5 0,5	1 1,0 1,0 1,0	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 2.2, 2.4, 2.5, 2.9, 3.1
Тема 11. Сумісна робота двигуна, турбіни і компресора	1	0,5	ЛР. Дослідження конструктивних параметрів проточних частин на вихідні параметри відцентрової реактивної турбіни. Побудова сумісної витратної характеристики ТКР і ДВЗ. СРС. Сумісна робота ДВЗ та турбокомпресора.	4 0,5	1 1,0	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 2.2, 2.5, 2.9, 3.1

			СРС. Витратні характеристики.	0,5	1,0	
Тема 12. Спеціальні системи наддування. Перспективи розвитку систем наддування	1	0,5	СРС. Перспективні напрямки конструювання ТКР.	0,5	1,0	1.1, 1.2, 2.2, 2.5, 2.9, 3.1
Інтегрований іспит.				30	30	
<b>Усього за семестр</b>	16	4		58	82	
<b>УСЬОГО за дисципліну</b>	16	4		58	82	

### 8. Орієнтовна тематика індивідуальних та/або групових занять<sup>5</sup>

1. Підбір і розрахунок турбокомпресора для транспортного дизельного двигуна СМД-25.
2. Підбір і розрахунок турбокомпресора для автомобільного дизельного двигуна ЗіЛ-645.
3. Підбір і розрахунок турбокомпресора для автомобільного бензинового двигуна ВА3-2105.
4. Підбір і розрахунок турбокомпресора для автомобільного бензинового двигуна ЗіЛ-130.

**9. Форми поточного та підсумкового контролю:** тестові завдання, усне опитування, реєстрація і проходження дистанційного курсу з дисципліни на навчальному сайті, модульний контроль, екзаменаційні білети.

**10. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення:** лабораторна установка для дослідження процесу витікання повітря; лабораторна установка для дослідження швидкості потоку; ПЗ Microsoft Excel; ПЗ MathCad; ПЗ Autodesk Inventor; ПЗ Autodesk CFD, ПЗ "Diesel-RK".

### 11. Рекомендовані джерела інформації

#### 1. Базова література

- 1.1. Круглов М.Г. Газовая динамика комбинированных двигателей внутреннего сгорания. М.Г. Круглов, А.А. Меднов. / Учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности "Двигатели внутреннего сгорания". – М.: Машиностроение, 1988. – 360 с.
- 1.2. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика./ Г.Н. Абрамович - М.: "Наука", 1969. – 824 с.
- 1.3. Ханин Н.С. Наддув и нагнетатели автомобильных двигателей. Н.С. Ханин, А.Н. Шерстюк и др. – М.: Машиностроение, 1965. – 220 с.
- 1.4. Методичні вказівки до виконання розрахунково – графічної роботи з дисципліни "Газова динаміка і агрегати наддування" для студентів спеціальності 7.090210 "Двигуни внутрішнього згоряння". – Харків: ХДАДТУ, 2000. – 46 арк.
- 1.5. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Газова динаміка і агрегати наддування" для студентів спеціальності 7.090210 "Двигуни внутрішнього згоряння". – Харків: ХДАДТУ, 2000. – 34 арк.
- 1.6. Тимченко І.І. Автомобільні двигуни. Теорія робочого циклу, системи живлення і наддування, динаміка і зрівноваженість. / І.І. Тимченко. Навчальний посібник - НМК ВО, 1990. - 256 арк.
- 1.7. Тимченко І.І. Автомобільні двигуни / І.І. Тимченко, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є. Долганов, М.Р. Муждобаев; За ред. І.І. Тимченка. - Х.: Основа, 1995. - 464 арк.
- 1.8. Автомобільні двигуни. Лабораторний практикум: Навчальний посібник / І.І. Тимченко, І.М. Білинський, Г.Б. Талда, П.В. Жадан. - К.: НМО ВО, 1990.-120 арк.

#### 2. Допоміжна література

- 2.1. Портнов Д.А. Быстроходные турбопоршневые двигатели с воспламенением от сжатия./ Д.А. Портнов – М.: "Машиностроение", 1963. – 639 с.

<sup>5</sup> Вказується орієнтовна тематика КП, КР, ргр, якщо вони передбачені навчальною програмою

- 2.2. Симсон А.Э. Турбонаддув высокооборотных дизелей. / А.Э. Симсон – М.: "Машиностроение", 1976. – 288 с.
- 2.3. Байков Б.П. Турбокомпрессоры для наддува дизелей (справочное пособие). / Байков Б.П. – Л.: "Машиностроение", 1975. – 277 с.
- 2.4. Селезнев К.П. Теория и расчет турбокомпрессоров. / К.П. Селезнев. – Л.: "Машиностроение", 1968. – 356 с.
- 2.5. Газовая динамика. Механика жидкостей и газов: Учебник для вузов/ Бекнев В.С., Елифанов В.М., Леонтьев А.И. и др.; Под общей ред. А.И. Леонтьева – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 1997. – 571 с. ил.
- 2.6. Агрегаты воздухообеспечения комбинированных двигателей внутреннего сгорания. Под ред. М.Г. Круглова – М.: „Машиностроение”, 1973. – 296 с. ил.
- 2.7. Теория реактивных двигателей. Лопаточные машины. Под ред. академика Б.С. Стечкина. – М.: Гос. изд-во оборонной промышленности, 1956. -548 с. ил.
- 2.8. Теплотехника. Под ред. проф. В.Н. Луканина. – М.: „Высшая школа”, 2000. – 671 с. ил.
- 2.9. Патрахальцев Н.Н., Форсирование двигателей внутреннего сгорания наддувом. / Н.Н. Патрахальцев, А.А. Савастенко. - М.: Легион-автодата, 2003. – 176 с. ил.

### 3. Інформаційні ресурси

- 3.1. Навчальний сайт ХНАДУ. Курс “Газова динаміка і агрегати наддува”  
<http://dl.khadi.kharkov.ua/course/view.php?id=634>

Розроблено та внесено: кафедрою двигунів внутрішнього згоряння  
(повне найменування кафедри)

Розробник (и) програми: доцент, к.т.н. І.М. Нікітченко  
(посада, наук. ступінь, вчене звання), (підпис) (ПІБ розробників)

Обговорено та рекомендовано до затвердження на засіданні кафедри Протокол №       
 від “      ”      20      р.  
(номер) (та дата протоколу)

Завідувач кафедри д.т.н., проф. Ф.І. Абрамчук  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ завідувача кафедри)

### Погоджено

Декан автомобільного факультету  
(повна назва факультету, де читається дисципліна)

д.т.н., проф. О.В. Сараєв  
(наук. ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ декана)

“      ”      20      року  
(день) (місяць) (рік)

©                     , 20      рік  
 ©                     , 20      рік