

# СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## 1. Загальна інформація про навчальну дисципліну

<b>Повна назва навчальної дисципліни</b>	Математичне моделювання і автоматизація проектування компресорних машин
<b>Повна офіційна назва закладу вищої освіти</b>	Сумський державний університет
<b>Повна назва структурного підрозділу</b>	Факультет технічних систем та енергоефективних технологій. Кафедра технічної теплофізики
<b>Розробник(и)</b>	Шарапов Сергій Олегович, Мерзляков Юрій Сергійович
<b>Рівень вищої освіти</b>	Другий рівень вищої освіти, НРК – 7 рівень, QF-LLL – 7 рівень, FQ-EHEA – другий цикл
<b>Тривалість вивчення навчальної дисципліни</b>	один семестр
<b>Обсяг навчальної дисципліни</b>	Обсяг становить 5 кред. ЄКТС, 150 год., з яких 80 год. становить контактна робота з викладачем (8 год. лекцій, 72 год. практичних занять)
<b>Мова викладання</b>	Українська

## 2. Місце навчальної дисципліни в освітній програмі

<b>Статус дисципліни</b>	Обов'язкова навчальна дисципліна для освітньої програми "Компресори, пневмоагрегати та вакуумна техніка"
<b>Передумови для вивчення дисципліни</b>	Вища математика, Об'ємні компресори, Спеціальні типи компресорів
<b>Додаткові умови</b>	Додаткові умови відсутні
<b>Обмеження</b>	Обмеження відсутні

## 3. Мета навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни є систематичне засвоєння здобувачами вищої освіти основ математичного моделювання та програмних комплексів для автоматизації проектування компресорних машин

## 4. Зміст навчальної дисципліни

<b>Модуль 1. Математичне моделювання компресорних машин</b>
Тема 1 Вступ Основні поняття, існуючі математичні моделі компресорних машин, сучасні програмні комплекси для твердотільного моделювання вузлів та агрегатів компресорних машин, сучасні програмні комплекси для математичного моделювання компресорних машин

<p>Тема 2 Методика математичного моделювання компресорних машин</p> <p>Алгоритм побудови твердотільних моделей компресорних машин в програмних комплексах та подальшого математичного моделювання</p>
<p><b>Модуль 2. Автоматизація проєктування компресорних машин</b></p>
<p>Тема 3 Основи систем автоматизованого проєктування</p> <p>Принципи систем автоматизованого проєктування. Зміст і послідовність процедур проєктування компресорних машин.</p>
<p>Тема 4 Цифрові інструменти для автоматизації проєктування</p> <p>Функціональні можливості цифрових застосунків для автоматизації проєктування: Coolselector®2, Ref Tools, Refrigerant Slider, Low-GWP Tool, Troubleshooter, TXV Superheat Tuner.</p>

### 5. Очікувані результати навчання навчальної дисципліни

Після успішного вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти зможе:

РН1	Знати і розуміти сучасні потреби галузі енергетичного машинобудування та вміти застосовувати спеціалізовані концептуальні знання для їх розв'язання
РН2	Демонструвати навички щодо розроблення та реалізації проєктів в галузі енергетичного машинобудування та пов'язаних з ним міждисциплінарних проєктів
РН3	Застосовувати сучасні методи моделювання в поєднанні з експериментальними дослідженнями в інженерних процесах, системах та обладнанні, правильно обирати різні методи та інтерпретувати результати
РН4	Розробляти та проєктувати вироби, що відповідають вимогам для енергетичного обладнання
РН5	Показати знання та розуміння щодо розроблення конструкторської документації енергетичного обладнання.

### 6. Роль навчальної дисципліни у досягненні програмних результатів

Програмні результати навчання, досягнення яких забезпечує навчальна дисципліна.

Для спеціальності 142 Енергетичне машинобудування:

ПР1	Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у галузі енергетичного машинобудування для розв'язування складних задач професійної діяльності
ПР4	Розробляти і реалізовувати проєкти у галузі енергетичного машинобудування та пов'язані з нею міждисциплінарні проєкти з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів
ПР6	Використовувати методи моделювання, а також методи експериментальних досліджень з метою детального вивчення тепло- і масообмінних, гідравлічних та інших процесів, які відбуваються в технологічному обладнанні та об'єктах енергетичного машинобудування

ПР8	Розробляти, обирати та застосовувати ефективні розрахункові методи розв'язання складних задач енергетичного машинобудування
ПР14	Вміти розробляти конструкторську документацію (зокрема на компресори і компресорні установки, вакуумне обладнання, пневмоагрегати)

## 7. Роль освітнього компонента у формуванні соціальних навичок

Компетентності та соціальні навички, формування яких забезпечує навчальна дисципліна:

## 8. Види навчальних занять

<b>Тема 1. Вступ</b>	
Лк1 "Основні поняття" (денна)	Вступ в теорію сучасного математичного моделювання та визначення основних понять та термінів. Огляд існуючих математичних моделей компресорних машин, визначення основних елементів компресорних машин для подальшого моделювання
Пр1 "Програмне і технічне забезпечення систем математичного моделювання" (денна)	Класифікація та характеристики моделей. Фізичне та математичне моделювання
Пр2 "Етапи математичного моделювання" (денна)	Вибір моделі розрахунку. Постановка задачі. Чисельне розв'язання рівнянь. Сучасні програмні продукти для моделювання
<b>Тема 2. Методика математичного моделювання компресорних машин</b>	
Лк1 "Сучасні програмні комплекси для моделювання компресорних машин" (денна)	Огляд та ознайомлення з сучасними програмними комплексами для твердотілого моделювання компресорних машин, вивчення методики створення 3D-моделей основних деталей та вузлів. Огляд та ознайомлення з сучасними програмними комплексами для математичного моделювання компресорних машин, вивчення їх математичного апарату та послідовності проведення розрахунку компресорних машин
Пр1 "Встановлення та налаштування програмного продукту Ansys" (денна)	Завантаження, встановлення та налаштування програми
Пр2 "Вивчення інтерфейсу та можливостей програмного продукту Ansys" (денна)	Вивчення особливостей використання програмного продукту Ansys для моделювання течій газів та їх сумішей
Пр3 "Створення нового проєкту" (денна)	Створення нового проєкту розрахунку. Визначення початкових даних
Пр4 "Моделі турбулентності в програмному комплексі Ansys" (денна)	Вибір моделей турбулентності та задання основних рівнянь для розрахунку

<p>Пр5 "Розрахунок течії газів та їх сумішей в каналах різної форми в програмному комплексі Ansys" (денна)</p> <p>Задання властивостей газів та їх сумішей в програмному комплексі Ansys. Виконання розрахунку течії в каналах різної форми</p>
<p>Пр6 "Візуалізація результатів розрахунку течії газів та їх сумішей в програмному комплексі Ansys" (денна)</p> <p>Виведення результатів розрахунку у вигляді графічних зображень розподілу режимних та термодинамічних параметрів по довжині каналу</p>
<p>Пр7 "Аналіз результатів розрахунку в програмному комплексі Ansys" (денна)</p> <p>Аналіз результатів розрахунку течії газів та їх сумішей в каналах різної геометричної форми в програмному комплексі Ansys</p>
<p>Пр8 "Створення звіту" (денна)</p> <p>Створення звіту розрахованого проекту</p>
<p>Пр9 "Спеціальні застосунки для проведення розрахунків на міцність деталей та вузлів компресорних машин" (денна)</p> <p>Принципи використання програмних комплексів Autodesk Inventor та SolidWorks для проведення розрахунків на міцність деталей та вузлів компресорних машин</p>
<p>Пр10 "Встановлення та налаштування програмного комплексу Autodesk Inventor" (денна)</p> <p>Завантаження, встановлення та налаштування програми</p>
<p>Пр11 "Встановлення та налаштування програмного комплексу SolidWorks" (денна)</p> <p>Завантаження, встановлення та налаштування програми</p>
<p>Пр12 "Створення нового проекту" (денна)</p> <p>Створення нового проекту розрахунку. Задання початкових даних та вибір схем навантаження</p>
<p>Пр13 "Проведення розрахунків на міцність деталей та вузлів компресорних машин" (денна)</p> <p>Проведення розрахунків елементів шатунно-поршневої групи поршневого компресора</p>
<p>Пр14 "Проведення розрахунків на міцність деталей та вузлів компресорних машин" (денна)</p> <p>Проведення розрахунків корпусних деталей поршневого компресора</p>
<p>Пр15 "Оптимізація розрахунків" (денна)</p> <p>Проведення оптимізаційних заходів та додаткове налагоджування програмних комплексів Autodesk Inventor та SolidWorks для розрахунків на міцність деталей та вузлів компресорних машин</p>

<p>Пр16 "Створення звіту" (денна) Створення звіту розрахованого проєкту</p>
<p><b>Тема 3. Основи систем автоматизованого проєктування</b></p>
<p>Лк1 "Принципи систем автоматизованого проєктування" (денна) Визначення, функції та призначення автоматизованого проєктування. Стадії проєктування. Загальні відомості щодо автоматизації компресорних машин. Автоматизація вузлів компресорний агрегат - компресорна станція. Допоміжні системи автоматизації.</p>
<p>Пр1 "Програмне і технічне забезпечення систем автоматизованого проєктування" (денна) Пристрої введення, обробки і передачі даних. Засоби підтримки проєктних рішень. Автоматизовані банки даних. Системи керування базами даних.</p>
<p>Пр2 "Стадії проєктування" (денна) Формування вимог до автоматизованих систем. Розробка ескізного і технічного проєкту. Створення проєктної документації. Супроводження автоматизованих систем.</p>
<p><b>Тема 4. Цифрові інструменти для автоматизації проєктування</b></p>
<p>Лк1 "Спеціальні застосунки для автоматизації проєктування" (денна) Принципи використання застосунків Coolselector®2, Refrigerant Slider, Low-GWP Tool, Troubleshooter, TXV Superheat Tuner. Можливості, технічні особливості програмного забезпечення і варіанти його використання. Типи проєктів і застосувань, налаштування і додаткові можливості програми, огляд обладнання і тривимірних креслень. Розрахунок проєкту.</p>
<p>Пр1 "Встановлення та налаштування застосунку Coolselector®2" (денна) Завантаження, встановлення та налаштування програми.</p>
<p>Пр2 "Опис інтерфейсу і можливостей програми Coolselector®2" (денна) Вивчення особливостей використання Coolselector®2 при проєктуванні компресорних машин.</p>
<p>Пр3 "Створення нового проєкту" (денна) Створення нового проєкту. Вибір базових компонентів обладнання.</p>
<p>Пр4 "Серійні компоненти" (денна) Використання серійних компонентів при створенні проєкту.</p>
<p>Пр5 "Підбір компресору" (денна) Підбір компресору для заданих параметрів.</p>
<p>Пр6 "Підбір електронних контролерів" (денна) Підбір електронних контролерів для заданих параметрів.</p>

Пр7 "Створення звіту" (денна) Створення звіту розрахованого проєкту.
Пр8 "Редагування проєкту" (денна) Редагування створеного проєкту, кастомізація та зміна обладнання.
Пр9 "Просунуті налаштування" (денна) Зміна режимів роботи компресорів. Підбір запірно-регулюючої арматури та клапанів.
Пр10 "Комерційне обладнання" (денна) Підбір електронних клапанів. Зміна режимів роботи.
Пр11 "Поршневі компресори" (денна) Підбір компресору. Зміна режимів роботи.
Пр12 "Спіральні компресори" (денна) Підбір компресору. Зміна режимів роботи.
Пр13 "Оптимізація роботи систем" (денна) Налаштування ліній високого та низького тиску. Мульти-компресорні системи.
Пр14 "Професійні застосунки автоматизації проєктування" (денна) Особливості використання багатофункціонального застосунку Ref Tools.
Пр15 "Мобільні застосунки" (денна) Особливості використання застосунків Refrigerant Slider, Low-GWP Tool, Troubleshooter, TXV Superheat Tuner.
Пр16 "Діагностика несправностей" (денна) Використання мобільних застосунків для пошуку несправностей у працюючих компресорних системах.

## 9. Стратегія викладання та навчання

### 9.1 Методи викладання та навчання

Дисципліна передбачає навчання через:

МН1	Інтерактивні лекції
МН2	Практичні заняття
МН3	Аналіз конкретних ситуацій (Case-study)
МН4	Практико-орієнтоване навчання

Лекції надають студентам матеріали з основ методів моделювання, що є основою для самостійного навчання здобувачів вищої освіти (PH1). Лекції доповнюються практичними

заняттями, що надають студентам можливість застосовувати теоретичні знання на практичних прикладах (РН1, РН2, РН3). Практико-орієнтоване навчання передбачає використання студентами набутого знання: методів моделювання робочих процесів та напрямів автоматизації вузлів та агрегатів компресорних машин, що є основою для самостійного навчання здобувачів вищої освіти (РН1 та РН3). Лекції доповнюються практичними заняттями, що надають студентам можливість застосовувати теоретичні знання на практичних прикладах (РН1 та РН3). Практико-орієнтоване навчання передбачає використання студентами набутого знання: будівництва ескізів та моделей, розв'язання задач оптимізації та моделювання, використання методу контрольних питань (результати навчання РН1-РН5). Самостійному навчанню сприятиме підготовка до лекцій та практичних занять.

Під час проведення занять студенти отримують навички комунікації, вміння працювати в команді, здатність логічно і системно мислити, креативність. Підготовка до виконання РГР допоможе студентам розвивати та реалізувати навички логічного та системного мислення. Підготовка до практичних робіт розвиває у студентів навички до синтезу та аналізу інформації.

## 9.2 Види навчальної діяльності

НД1	Лекції-дискусії
НД2	Виконання практичних завдань
НД3	Підготовка до лекцій
НД4	Підготовка до практичних занять
НД5	Виконання розрахункової роботи

## 10. Методи та критерії оцінювання

### 10.1. Критерії оцінювання

Визначення	Чотирибальна національна шкала оцінювання	Рейтингова бальна шкала оцінювання
Відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	5 (відмінно)	$90 \leq RD \leq 100$
Вище середнього рівня з кількома помилками	4 (добре)	$82 \leq RD < 89$
Загалом правильна робота з певною кількістю помилок	4 (добре)	$74 \leq RD < 81$
Непогано, але зі значною кількістю недоліків	3 (задовільно)	$64 \leq RD < 73$
Виконання задовольняє мінімальним критеріям	3 (задовільно)	$60 \leq RD < 63$
Можливе повторне складання	2 (незадовільно)	$21 \leq RD < 59$
Можливе одноразове повторне складання	2 (незадовільно)	$0 \leq RD < 20$

### 10.2 Методи поточного формативного оцінювання

	Характеристика	Дедлайн, тижні	Зворотний зв'язок

МФО1 Опитування та усні коментарі викладача за його результатами			
МФО2 Настанови викладача в процесі виконання практичних завдань			
МФО3 Самооцінка поточного тестування			
МФО4 Обговорення та самокорекція виконаної роботи студентами			

### 10.3 Методи підсумкового сумативного оцінювання

	Характеристика	Дедлайн, тижні	Зворотний зв'язок
МСО1 Виконання практичних завдань (підготовка, презентація, захист)			
МСО2 Написання та захист розрахункової роботи			
МСО3 Складання комплексного письмового модульного контролю			

Контрольні заходи:



		Максимальна кількість балів	Можливість перескладання з метою підвищення оцінки
<b>Перший семестр вивчення</b>		<b>100 балів</b>	
МСО1. Виконання практичних завдань (підготовка, презентація, захист)		<b>50</b>	
10x5		50	Ні
МСО2. Написання та захист розрахункової роботи		<b>30</b>	
		30	Ні
МСО3. Складання комплексного письмового модульного контролю		<b>20</b>	
		20	Ні

Студент, який протягом навчального періоду виконав всі заплановані види навчальної роботи та за наслідками модульних атестацій набрав необхідну, яка відповідає позитивній оцінці, кількість рейтингових балів не менше 60, отримує семестрову оцінку у відповідності до набраних рейтингових балів. Складання заходу підсумкового семестрового контролю з метою підвищення позитивної оцінки не здійснюється. Студент, який протягом поточної роботи не набрав кількість рейтингових балів, що відповідає позитивній оцінці, але не менше 35 балів, зобов'язаний скласти захід підсумкового семестрового контролю, яке здійснюється після завершення останнього модульно-атестаційного циклу у семестрі або екзаменаційної сесії, якщо вона передбачена, за додатковою відомістю семестрової атестації (першою незадовільною оцінкою вважається та, що отримана за наслідками модульних атестацій, яка виставляється в основну відомість семестрової атестації). Студент має право на два складання ПСК: викладачу та комісії. У разі незадовільного складання підсумкового семестрового контролю комісії студент отримує оцінку «незадовільно» («F» за шкалою ECTS) і відраховується з університету. При успішному складанні заходу підсумкового семестрового контролю використовується оцінка «задовільно», яка засвідчує виконання студентом мінімальних вимог без урахування накопичених балів («E» за шкалою ECTS) із визначенням рейтингового балу 60. Студент, який за наслідками модульних атестацій набрав менше 35 рейтингових балів, не допускається до підсумкового семестрового контролю, отримує оцінку «незадовільно» (за шкалою ECTS – «F») і відраховується з університету.

## 11. Ресурсне забезпечення навчальної дисципліни

### 11.1 Засоби навчання

ЗН1	Мультимедіа, відео- і звуковідтворювальна, проєкційна апаратура (відеокамери, проєктори, екрани, смартдошки тощо)
ЗН2	Комп'ютери, комп'ютерні системи та мережи
ЗН3	Програмний продукт SolidWorks
ЗН4	Програмний продукт Coolselector®2

ЗН5	Програмне забезпечення для підтримки дистанційного навчання (Mix SumDU, Google Meet)
-----	--

## 11.2 Інформаційне та навчально-методичне забезпечення

<b>Основна література</b>	
1	Оптимізаційні методи і моделі [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Н. В. Буреннікова, О. В. Зелінська, І. М. Ушкаленко, Ю. Ю. Буренніков. — Вінниця : ВНТУ, 2019. — 121 с.
2	Автоматизоване проектування компресорів : навчальний посібник / І.О. Подмазко. – ОНАХТ, 2018. – 41 с.
<b>Допоміжна література</b>	
3	Rendy Shin, Paul Schilling. Parametric Modeling with SolidWorks 2015. SDC Publication, 2015. – 557 p.
4	Компресорні станції : підручник / Г. А. Бондаренко, Г. В. Кирик. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 385 с.
5	Coolselector 2 : User Guide / Danfoss. – Version 1.03. – 2019. – 40 p.
6	Coolselector 2 : Exercises / Danfoss. – Version 3. – 2018. – 212 p.
7	Основи проектування турбокомпресорів : навчальний посібник / Г. А. Бондаренко, В. М. Бага. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 203 с.
8	Merzliakov I., Pavlenko I., Chekh O., Sharapov, S., Ivanov, V. Mathematical Modeling of the Operating Process and Technological Features for Designing Vortex Type Liquid-Vapor Jet Apparatus Advances in Design, Simulation and Manufacturing II / Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Luxembourg: Springer International Publishing, 2020. – P. 613-622
9	Chekh, O., Sharapov, S., Prokopov, M., Kozin, V., Butrymowicz, D. Cavitation in nozzle: the effect of pressure on the vapor content Advances in Design, Simulation and Manufacturing II / Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Luxembourg: Springer International Publishing, 2020. – P. 522-530
<b>Інформаційні ресурси в Інтернеті</b>	
10	<a href="https://www.ansys.com/academic/students">https://www.ansys.com/academic/students</a>
11	<a href="https://www.youtube.com/@ansysinc">https://www.youtube.com/@ansysinc</a>
12	Coolselector®2 Deep Dives : <a href="https://www.youtube.com/playlist?list=PLyk9QQFFEsXUvJY7hZIVUqrtvjndW-lpv">https://www.youtube.com/playlist?list=PLyk9QQFFEsXUvJY7hZIVUqrtvjndW-lpv</a>
13	Coolselector®2 Start Up School : <a href="https://www.youtube.com/playlist?list=PLyk9QQFFEsXULt8WSRAI3d8iWUCSE6jlU">https://www.youtube.com/playlist?list=PLyk9QQFFEsXULt8WSRAI3d8iWUCSE6jlU</a>