

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра нарисної геометрії та комп'ютерного моделювання (№ 406)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



Сергій САЄНКО
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« 29 » серпня 2025 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ
У ВІРТУАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань:

13 Механічна інженерія

(Шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність:

133 Галузеве машинобудування

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма:

Комп'ютерний дизайн та 3D-моделювання

(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025


Харків – 2025 р.

Розробник: Бетіна О. Ю., доцент, канд.техн.наук
(Прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(Підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри нарисної геометрії та комп'ютерного моделювання (№ 406)
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 29 » серпня 2025 р.

Завідувач кафедри к.т.н., доцент  Катерина МСАЛЛАМ
(науковий ступінь і вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

Представником здобувачів освіти:

 Олександр РИДА
(підпис) (ім'я та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Бетіна Олена Юріївна

Посада: доцент

Науковий ступінь: кандидат технічних наук

Вчене звання: доцент

Перелік дисциплін, які викладає:

комп'ютерні технології проектування конструкцій РКТ; двигунні установки безпілотних літальних апаратів; особливості проектування літальних апаратів, призначених для освоєння космосу, моделювання фізичних явищ та процесів у віртуальному середовищі

Напрями наукових досліджень:

проектування безпілотних літальних апаратів; розробка систем повітряного старту ракет-носіїв; фізичне моделювання динаміки польоту літальних апаратів.

Контактна інформація:

+380677976981

o.betina@khai.edu

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна
Семестр	8
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	5 кредитів ЄКТС / 150 годин (54 аудиторних, з яких: лекції – 24, практичні – 30; СРЗ – 96)
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні заняття, самостійна робота
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – залік
Пререквізити	Геометричне моделювання та графічні інформаційні технології, геометричне моделювання технічних систем, комп'ютерне проектування виробів та технології виробництва.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання

Мета – придбання знань, вмінь та навичок арсеналу засобів анімації та візуалізації для симуляції взаємодії об'єктів на рівні фізики, динаміки процесів з урахуванням маси та інерції, анімації аморфних тіл з перемінною формою.

Завдання – отримати уявлення про особливості анімації та візуалізації 3D – графіки для відображення динаміки процесів та фізичних явищ.

Компетентності, які набуваються:

Загальні компетентності (ЗК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення.
- ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК3. Здатність планувати та управляти часом.
- ЗК4. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- ЗК6. Здатність проведення досліджень на певному рівні.
- ЗК10. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК14. Здатність ухвалювати рішення та діяти, дотримуючись принципу неприпустимості корупції та будь-яких інших проявів не добродесності.

Спеціальні компетентності (СК або ФК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

ФК2. Здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв'язування професійних задач і практичних проблем галузевого машинобудування.

ФК4. Здатність втілювати інженерні розробки у галузевому машинобудуванні з урахуванням технічних, організаційних, правових, економічних та екологічних аспектів за усім життєвим циклом машини: від проектування, конструювання, експлуатації, підтримання працездатності, діагностики та утилізації.

ФК5. Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в галузі машинобудування.

ФК7. Здатність приймати ефективні рішення щодо вибору конструкційних матеріалів, обладнання, процесів та поєднувати теорію і практику для розв'язування інженерного завдання.

ФК8. Здатність реалізовувати творчий та інноваційний потенціал у проєктних розробках в сфері галузевого машинобудування.

Програмні результати навчання (ПРН або РН):

ПРН2. Знання та розуміння механіки і машинобудування та перспектив їхнього розвитку.

ПРН5. Аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи.

ПРН6. Відшукувати потрібну наукову і технічну інформацію в доступних джерелах, зокрема, іноземною мовою, аналізувати і оцінювати її.

ПРН11. Вільно спілкуватися з інженерним співтовариством усно і письмово державною та іноземною мовам.

ПРН15. Оцінювати об'єкт проектування, технологічні процеси в контексті проектного завдання, формувати художньо-проектну концепцію.

ПРН16 Застосовувати сучасне загальне та спеціалізоване програмне забезпечення у професійній діяльності.

ПРН17. Розробляти та представляти результати роботи у професійному середовищі, враховувати сучасні тенденції ринку, проводити дослідження ринку у сфері дизайну.

4. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1. Моделювання фізичних явищ та процесів у віртуальному середовищі

Змістовний модуль 1. Моделювання напружено-деформованого стану елементів та конструкцій у віртуальному середовищі

Тема 1. Моделювання напружено-деформованого стану окремої деталі.

Призначення матеріалу для деталі. Створення нового дослідження статичного аналізу в застосунку. Моделювання жорсткого закріплення та навантаження тиском. Налаштування параметрів та побудова сітки скінчених елементів. Виконання дослідження. Перегляд основних результатів статичного аналізу. Оцінка безпеки конструкції. Створення звіту про дослідження

Тема лекції: Моделювання напружено-деформованого стану окремої деталі.

Тема практичної роботи: Моделювання напружено-деформованого стану кронштейну, жорстко закріпленого по двох отворах та навантаженого рівномірно розподіленим тиском.

Тема самостійної роботи: Види та параметри сіток в методі скінчених елементів.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичного завдання.

Тема 2. Моделювання напружено-деформованого стану збірки.

Моделювання спрямованих сил. Пригнічення компонента збирання для аналізу. Виведення переліку реакції в опорах. Налаштування кольорів графіка. Створення та зміна графіка перерізу. Вимірювання результатів в окремих точках на графіку перерізу.

Тема лекції: Моделювання напружено-деформованого стану збірки.

Тема практичної роботи: Моделювання напружено-деформованого стану вузла кривошипну.

Тема самостійної роботи: Налаштування та зміна кольорів графіків.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичного завдання.

Тема 3. Моделювання напружено-деформованого стану збірки твердого тіла з оболонкою.

Визначення властивостей оболонки. Додавання з'єднувальних ліній. Створення змішаної сітки при наявності в збиранні одночасно твердих тіл та оболонок.

Тема лекції: Моделювання напружено-деформованого стану збірки твердого тіла з оболонкою.

Тема практичної роботи: Моделювання напружено-деформованого

стану кронштейну, який можна представити як з'єднання твердого тіла та оболонки.

Тема самостійної роботи: Скінчено -елементний аналіз оболонок.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичного завдання.

Тема 4. Моделювання нерівномірно розподіленого тиску.

Прикладання нерівномірного навантаження. Відображення результатів точковими графіками, ізолініями, регіонами. Зміна кольорових схем графіків.

Тема лекції: Моделювання напружено-деформованого стану оболонки, навантаженої розподіленим тиском.

Тема практичної роботи: Моделювання напружено-деформованого стану баку під дією гідростатичного навантаження.

Тема самостійної роботи: Задання законів зміни навантажень в декартовій, циліндричній та сферичній системах координат.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичного завдання.

Тема 5. Моделювання напружено-деформованого стану збірки при наявності невеликих переміщень.

Визначення локального контакту в збірці. Перегляд головних напруг у розібраному вигляді. Побудова графіка контактного тиску. Налаштування векторних графіків. Перегляд та використання графіків Design Insight.

Тема лекції: Моделювання напружено-деформованого стану збірки в якій можливі невеликі переміщення.

Тема практичної роботи: Моделювання напружено-деформованого стану збірки з провуженою.

Тема самостійної роботи: Налаштування векторних графіків. Використання графіків Design Insight.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичного завдання.

Тема 6. Моделювання напружено-деформованого стану збірки при наявності великих переміщень.

Оцінка можливих переміщень в збірці. Використання функції великих переміщень. Застосування заданого зміщення. Визначення локального контакту з тертям. Розв'язання задачі про контакт та оцінка результатів. Активація контакту з великим переміщенням та повторне вирішення задачі. Виведення отриманих в результаті розрахунку сил контакту, тертя та реакції.

Тема лекції: Моделювання напружено-деформованого стану збірки при наявності великих переміщень.

Тема практичної роботи: Моделювання напружено-деформованого стану замка.

Тема самостійної роботи: Виведення отриманих в результаті розрахунку сил контакту, тертя та реакції.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичного завдання.

Модульний контроль 1.

Змістовний модуль 2. Моделювання дії окремих видів сил на елементи конструкцій та течій рідин та газів у віртуальному середовищі.

Тема 7. Моделювання напружено-деформованого стану з'єднання з натягом.

Використання опції «Inertial Relief». Налаштування контакту в збірці в місці з'єднання з натягом. Перегляд результатів відносно опорної осі. Відображення результатів для вибраних об'єктів.

Тема лекції: Моделювання напружено-деформованого стану з'єднання з натягом.

Тема практичної роботи: Моделювання з'єднання двох кілець з натягом.

Тема самостійної роботи: Відображення результатів для вибраних об'єктів.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичного завдання.

Тема 8. Моделювання віднесеної сили.

Прикладання віднесеного навантаження. Перегляд та складання списку напружень та переміщень.

Тема лекції: Моделювання напружено-деформованого стану з'єднання з натягом.

Тема практичної роботи: Моделювання напружено-деформованого стану консольної балки, що складається з двох частин, двома методами: як звичайне складання та з прикладанням сили як віднесеної.

Тема самостійної роботи: Складання списку напружень та переміщень.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичного завдання.

Тема 9. Моделювання напружено-деформованого стану деталі з листового металу.

Виконання статичного аналізу деталі з листового металу. Створення дослідження статичного аналізу. Вибір вирішувача. Призначення матеріалу деталі. Застосування фіксованого обмеження та навантаження тиском. Перегляд результатів розрахунку напруги на оболонкових моделях.

Тема лекції: Моделювання напружено-деформованого стану деталі з листового металу.

Тема практичної роботи: Моделювання напружено-деформованого стану кронштейну з листового металу.

Тема самостійної роботи: Перегляд результатів розрахунку напруги на

оболонкових моделях.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичного завдання.

Тема 10. Моделювання напружено-деформованого стану фермової конструкції.

Створення дослідження методом скінчених елементів для збірки, що складається з балок, з відповідним вибором типу скінчених елементів. Визначення ферм та вузлів. Додавання навантажень та кріплень до вузлів ферм. Побудова сітки та запуск дослідження сітки для балок. Перегляд переміщень та осьових напруг.

Тема лекції: Моделювання напружено-деформованого стану фермової конструкції.

Тема практичної роботи: Моделювання напружено-деформованого стану ферму, навантаженої вертикальною силою.

Тема самостійної роботи: Перегляд переміщень та осьових напружень для фермової конструкції.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичного завдання.

Тема 11. Моделювання напружено-деформованого стану балки.

Створення дослідження методом скінчених елементів для балки з відповідним вибором типу скінчених елементів. Визначення вузлів кріплення. Додавання навантажень до вузлів. Побудова сітки та запуск дослідження сітки для балок. Перегляд переміщень та осьових напружень.

Тема лекції: Моделювання напружено-деформованого стану балки.

Тема практичної роботи: Моделювання напружено-деформованого стану балки, навантаженої силами та моментами.

Тема самостійної роботи: Перегляд переміщень та осьових напружень для балки.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичного завдання.

Тема 12. Моделювання обтікання тіл течіями рідин та газів.

Створення дослідження методом скінчених елементів для моделювання обтікання тіл течіями рідин та газів. Задання граничних умов. Створення сітки скінчених елементів. Проведення дослідження. Обробка результатів

Тема лекції: Моделювання обтікання тіл течіями рідин та газів.

Тема практичної роботи: Моделювання обтікання літального апарату.

Тема самостійної роботи: Аналіз результатів дослідження.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій, виконання практичного завдання.

Модульний контроль 2.

5. Індивідуальні завдання

Моделювання напружено – деформованого стану кронштейну; моделювання напружено – деформованого стану баку, заповненого рідиною; моделювання напружено – деформованого стану ферменої конструкції; моделювання обтікання літального апарату.

6. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники, відеозаписи занять).

7. Методи контролю

Для поточного контролю враховується робота на лекційних та практичних заняттях, усне опитування при їх проведенні, виконання та захист усіх практичних робіт, фінальний контроль у вигляді заліку у разі відмови студента від зароблених балів протягом семестру.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Активність під час аудиторної роботи	0		0
Виконання і захист лабораторних/практичних робіт	0...4	7	0...28
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Змістовний модуль 2			
Активність під час аудиторної роботи	0		0
Виконання і захист лабораторних/практичних робіт	0...4	8	0...32
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (*залік*) проводиться у разі відмови здобувача освіти від балів підсумкового контролю й за наявності допуску до *заліку*. Під час складання семестрового *заліку* здобувач освіти має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для *заліку* складається з двох питань.

1. Моделювання напружено – деформованого стану деталі/збірки.
2. Моделювання обтікання тіла потоком газу/рідини, або течії газу/рідини всередині тіла.

Таблиця 8.3 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційний залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

Критерії оцінювання роботи здобувача освіти протягом семестру

Задовільно (60-74) – мати знання і уміння для забезпечення програмних результатів навчання. Виконати всі практичні роботи. Знати послідовність проведення розрахунку методом скінчених елементів напружено – деформованого стану деталей та збирань та моделювання течій рідин та газів. Уміти розпочинати нове статичне дослідження, моделювати прикладені сили та закріплення, призначати матеріал деталі, створювати сітку скінчених елементів. Вміти створювати графіки напружень, переміщень та деформацій. Уміти генерувати звіт про проведене дослідження.

Добре (75-89) – мати знання і уміння для забезпечення програмних результатів навчання. Виконати всі практичні роботи. Знати послідовність проведення розрахунку методом скінчених елементів напружено – деформованого стану деталей та збирань та моделювання течій рідин та газів. Уміти розпочинати нове статичне дослідження, моделювати прикладені сили та закріплення, призначати матеріал деталі, створювати сітку скінчених елементів. Вміти створювати графіки напружень, переміщень та деформацій. Уміти генерувати звіт про проведене дослідження. Розрізняти особливості розрахунку твердих тіл, оболонки, ферм та балкових конструкцій. Вміти створювати сітку скінчених елементів для твердих тіл, оболонки, балки та стрижнів, а також суміщати сітки різних видів в конструкціях та збірках.

Відмінно (90-100) – мати знання і уміння для забезпечення програмних результатів навчання. Виконати всі практичні роботи. Знати послідовність проведення розрахунку методом скінчених елементів напружено – деформованого стану деталей та збирань та моделювання течій рідин та газів. Уміти розпочинати нове статичне дослідження, моделювати прикладені сили та закріплення, призначати матеріал деталі, створювати сітку скінчених елементів. Вміти створювати графіки напружень, переміщень та деформацій. Уміти генерувати звіт про проведене дослідження. Розрізняти особливості розрахунку твердих тіл, оболонки, ферм та балкових конструкцій. Вміти створювати сітку скінчених елементів для твердих тіл, оболонки, балки та стрижнів, а також суміщати сітки різних видів в конструкціях та збірках. Мати знання, уміння й навички, що дадуть змогу самостійно, вільно та обґрунтовано моделювати напружено- деформований стан деталі та збірки методом скінчених елементів, обирати раціональний спосіб демонстрації результатів та генерувати необхідні для цього графіки та звіти.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані протягом навчального семестру. Відпрацювання занять здійснюється шляхом виконання завдання розглядуваного на занятті.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної не доброчесності. Виявлення ознак академічної не доброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її не зарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

1. Посилання на сторінку курсу <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=9783>

11. Рекомендована література

Базова

1. An Introduction to SOLIDWORKS Flow Simulation 2025 By John E. Matsson Ph.D., P.E. Published August 13, 2025 Beginner – Intermediate 418 Pages ISBN: 978-1-63057-717-9

2. Analysis of Machine Elements Using SOLIDWORKS Simulation 2025 By Shahin S. Nudehi Ph.D., P.E., John R. Steffen Ph.D., P.E. Published June 20, 2025 Beginner 556 Pages ISBN: 978-1-63057-711-7

3. Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2025 Text and Video Instruction By Paul Kurowski Ph.D., P.Eng. Published February 13, 2025 Beginner – Intermediate 586 Pages ISBN: 978-1-63057-702-5

Допоміжна

1. Analysis of Machine Elements Using SOLIDWORKS Simulation 2024 By Shahin S. Nudehi Ph.D., P.E., John R. Steffen Ph.D., P.E. Published June 28, 2024 Beginner 556 Pages ISBN: 978-1-63057-642-4

2. Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2024 By Paul Kurowski Ph.D., P.Eng. Published February 26, 2024 Beginner – Intermediate 592 Pages ISBN: 978-1-63057-629-5

2. Інформаційні ресурси

1. <https://www.3ds.com/products/solidworks>
2. https://www.solidworks.com/domain/simulation?_gl=1*s17ols*_gcl_au*MTQ3NjMwMjI5OS4xNzYyMTAwMTIx*_ga*NTE3Nzc2OTAwLjE3NjIxMDAx-MTk.*_ga_DYJDKXYEZ4*_czE3NjIxMDAxMTckbzEkZzEkdDE3NjIxMDAx-MjckajU0JGwwJGgw*_ga_39DKQ0LYW1*_czE3NjIxMDAxMTckbzEkZzEkdDE3NjIxMDAxMjckajU0JGwwJGgw*_ga_TPGKGE8GTG*_czE3NjIxMDAx-MTckbzEkZzEkdDE3NjIxMDAxMjckajU0JGwwJGgw&3dssid=da3a1f69-77ec-4ca1-9ea2-0881bd63df86&3dsvid=05988bd9-121a-42c8-9737-200757aa22de
3. <https://www.solidworks.com/product/solidworks-simulation>
4. <https://www.solidworks.com/product/solidworks-flow-simulation>
5. <https://www.solidworks.com/product/students>