

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра конструкцій і проектування ракетної техніки (№ 401)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи

 Ю.О. Шепетов
(підпис) (ініціали та прізвище)

«27» 08 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Розрахунки на міцність нетрадиційних енергоустановок
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 14 Електрична інженерія
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективність
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Робоча програма Розрахунки на міцність елементів нетрадиційних
енергоустановок

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка

освітньою програмою Енергетичний менеджмент та енергоефективність

« 26 » 08 2021 р., – 10 с.

Розробник: Колоскова Г.М. доцент каф. 401, канд. техн. наук

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри конструкцій і проектування
ракетної техніки

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 27 » 08 2021 р.

В.о. завідувача кафедри канд. техн. наук

(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

В.О. Серeda

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 3,5	Галузь знань <u>14 Електрична інженерія</u> (шифр і найменування) Спеціальність <u>141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"</u> (код і найменування) Освітня програма <u>Енергетичний менеджмент та енергоефективність</u> (найменування) Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Вибіркова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2021/2022
Індивідуальне завдання _____ (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 48/105		8-ий
		Лекції*
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 4,7		24 годин
		Практичні, семінарські*
		-
	Лабораторні*	
	24 годин	
	Самостійна робота	
	57 годин	
Вид контролю	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 48/57

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: дати необхідні знання в галузі застосування математичних моделей визначення напружено-деформованого стану конструкцій, сучасних методів нормування навантажень та розрахунку на міцність, що дозволить більш ефективно проводити аналіз і синтез при проектуванні конструкцій.

Завдання: засвоєння основ методу скінчених елементів і застосування його для розв'язання задач механіки деформівного твердого тіла та практичне оволодіння основними методами моделювання елементів конструкцій з метою визначення НДС та розподілу матеріалу при проектуванні елементів конструкцій нетрадиційних енергоустановок.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей:**

загальних

1. Здатність застосовувати знання на практиці;
2. Здатність спілкуватися державною мовою як усно так і письмово;
3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
4. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми;

фахових

1. Здатність до теоретичного обґрунтування прийнятих рішень в процесі виконання проектно-конструкторських та дослідницьких робіт.

Програмні результати навчання:

1. Здатність продемонструвати знання сучасного стану справ та новітніх технологій в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
2. Ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу систем і їх складових.
3. Уміння спілкуватись, включаючи усну та письмову комунікацію українською мовою та однією з іноземних мов (англійською, німецькою, італійською, французькою, іспанською).
4. Здатність усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань.
5. Здатність відповідально ставитись до виконуваної роботи та досягати поставленої мети з дотриманням вимог
6. професійної етики.

Міждисциплінарні зв'язки: При вивченні дисципліни студент повинен мати підготовку в області технічних дисциплін, фізики, електротехніки

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Побудова за допомогою пакетів прикладних програм скінченоеlementних моделей для вирішення поставлених задач.

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни "Розрахунки на міцність елементів нетрадиційних установок". Структура пакету "CosmosM". Розвиток і склад інтегрованих систем проектування: етапи розвитку систем, склад систем інтегрованого проектування, алгоритм розв'язання задач з використанням скінченоеlementних пакетів прикладних програм. Структура пакету "CosmosM". Основні панелі і меню пакету.

Тема 2. Побудова геометричної моделі. Команди генерації. Побудова точок, ліній, поверхонь, об'ємів. Редагування та генерація геометричних примітивів. Генерація типів елементів, властивостей матеріалів, реальних констант. Генерація сітки елементів.

Тема 3. Бібліотека елементів пакету. Одновимірні елементи типу TRUSS, BEAM. Двовимірні елементи типу PLANE і SHELL. Тривимірні елементи типу SOLID.

Тема 4. Навантаження скінченоеlementної моделі. Статичне навантаження скінченоеlementної моделі зусиллями та переміщеннями. Силове, гравітаційне і нестационарне теплове навантаження.

Тема 5. Розрахунок площинних та об'ємних моделей. Розрахунок площинних моделей та представлення результатів розрахунку. Розрахунок об'ємних моделей та представлення результатів розрахунку.

Тема 6. Закони механіки деформівного твердого тіла. Закони механіки деформівного твердого тіла. Площинна задача теорії пружності.

Тема 7. Модель бруса малої кривизни. Визначення нормальних напружень. Визначення дотичних напружень при згині та крученні бруса. Втрата стійкості бруса при стисненні. Поперечні коливання бруса.

Змістовий модуль 2. Розрахунки на міцність елементів нетрадиційних установок.

Тема 1. Модель пластини. Класифікація пластин. Основні гіпотези. Співвідношення між зовнішніми та внутрішніми зусиллями та переміщеннями для пластин. Рівняння поперечного згину пластин. Умови обпирання пластин. Поперечний згин прямокутних пластин.

Тема 2. Стійкість прямокутних пластин. Згин пластини з урахуванням зусиль в середній поверхні. Стійкість прямокутних пластин при стисненні. Стійкість прямокутних пластин при зсуві.

Тема 3. Модель оболонки. Класифікація оболонок. Основні гіпотези. Вісьосиметричне навантаження кругових циліндричних оболонок.

Тема 4. Модель тонкостінного стрижня. Визначення нормальних та дотичних напружень за моделлю тонкостінного стрижня. Розрахунок тонкостінного стрижня з замкненим контуром.

Тема 5. Вимоги до конструкції та її ідеалізація. Основні підходи до розрахунку конструкцій на міцність. Зовнішні навантаження на лопать вітроенергоустановки. Навантаження на башту вітроенергоустановки. Навантаження на сонячну батарею.

Тема 6 Проектувальний розрахунок енергоустановки. Вибір матеріалу конструкції. Проектувальний розрахунок лопаті гвинта.
Проектувальний розрахунок сонячної батареї.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Побудова за допомогою пакетів прикладних програм скінченоелементних моделей для вирішення поставлених задач.					
ТЕМА 1. Вступ до навчальної дисципліни "Розрахунки на міцність елементів нетрадиційних установок". Структура пакету "CosmosM". ТЕМА 2. Побудова геометричної моделі. Команди генерації.	8	2	-	2	4
ТЕМА 3. Бібліотека елементів пакету.	8	2	-	2	4
ТЕМА 4. Навантаження скінченоелементної моделі.	9	2	-	2	5
ТЕМА 5. Розрахунок площинних та об'ємних моделей.	7	2	-	2	3
ТЕМА 6. Закони механіки деформівного твердого тіла.	6	2	-	-	4
ТЕМА 7. Модель бруса малої кривизни.	11	2	-	2	7
Модульний контроль	2	-	-	2	
Разом за змістовним модулем 1	51	12	-	12	27
Змістовий модуль 2. Розрахунки на міцність елементів нетрадиційних установок.					
ТЕМА 1. Модель пластини.	6	2	-	-	4
ТЕМА 2. Стійкість прямокутних пластин.	8	2	-	2	4
ТЕМА 3. Модель оболонки.	10	2	-	2	6
ТЕМА 4. Модель тонкостінного стрижня.	10	2	-	2	6
ТЕМА 5. Вимоги до конструкції та її ідеалізація.	8	2	-	2	4
ТЕМА 6. Проектувальний розрахунок енергоустановки.	8	2	-	2	4
Модульний контроль	2	-	-	2	-
Разом за змістовним модулем 2	52	12	-	12	28
Усього годин	103	24	-	24	55
Іспит	2	-	-	-	2
Усього годин	105	24	-	24	57

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Знайомство з призначенням основних панелей і меню пакету Cosmos/M	2
2	Точки, лінії, поверхні. Побудова простих одновимірних, площинних та об'ємних геометричних моделей (сонячна батарея, лопать, башта)	2
3	Побудова геометричної моделі лопаті повітряного гвинта.	2
4	Лінійний аналіз консолі сонячної батареї з використанням елементів BEAM3D та SHELL4.	4
5	Модульна робота 1	2
6	Лінійний аналіз з використанням елементів PLANE2D и SHELL4.	2
7	Лінійний аналіз лопаті повітряного гвинта з використанням елементів BEAM3D и SHELL4L	4
8	Лінійний аналіз башти вітроенергоустановки з використанням елементів BEAM3D та SHELL4.	2
9	Визначення навантажень і розрахунків НДС лопаті повітряного гвинта при заданому режимі роботи.	4
10	Модульна робота 2	2
	Разом	24

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Робота з різними системами координат.	8
2	Побудова геометричних моделей для автоматичної генерації сітки скінчених елементів.	8
3	Автоматична генерація сітки скінчених елементів.	4
4	Створення і редагування вузлів елементів.	7
5	Створення і редагування елементів	8

6	Особливості представлення гравітаційних навантажень.	6
7	Теплові навантаження, завдання теплових навантажень при розрахунках на міцність	6
8	Робота з декількома розрахунковими випадками.	8
	Разом	55

9. Індивідуальні завдання

1. Написання рефератів за питаннями застосування сучасних інтегрованих комп'ютерних технологій для проектування елементів конструкцій.
2. Побудова геометричних моделей об'єктів складної форми.
3. Особливості автоматичної генерації сітки скінчених елементів.
4. Розрахунки з моделюванням об'єктів при імпорті даних та навантажень з інших пакетів.

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), виконання розрахунково-графічної роботи

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспита.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	6	0...6
Виконання і захист практичних робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...24	1	0...24
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	6	0...6
Виконання і захист практичних робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...24	1	0...24
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту/заліку складається з одного теоретичного питання та двох практичних питань. Максимальна кількість балів за теоретичне питання становить 40 балів, максимальна кількість балів за одне практичне питання – 30 балів (сума – 100 балів).

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- Основний склад інтегрованої системи автоматизованого проектування і проведення інженерних розрахунків.
- Методи побудови 2D-ескізів та 3D-моделей.
- Методи виконання збирання вузлів та агрегатів

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- Пропонувати алгоритми побудови тривимірних моделей за допомогою наявних операцій.
- Створювати спрощені моделі реальних об'єктів для їх подальшого аналізу.
- Підбирати адекватні граничні умови при створенні скінченноелементної моделі об'єкта.
- Інтерпретувати результати розрахунків.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі практичні роботи, виконати індивідуальну роботу. Знати основні математичні моделі, які застосовуються при розрахунках на міцність елементів конструкцій, основні критерії міцності елементів конструкцій; вміти визначати НДС типових елементів конструкцій із застосуванням математичної моделі теорії пружності;

Добре (75-89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі передбачені програмою завдання. Показати вміння виконувати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням загальних рішень та заходів. Вміти визначати НДС типових елементів конструкцій із застосуванням математичної моделі бруса, пластини, оболонки, знати алгоритми отримання висновку про міцність елементів конструкцій нетрадиційних енергоустановок. Мати навички застосування основних критеріїв міцності матеріалів.

Відмінно (90-100). Повністю володіти основним та додатковим матеріалом передбаченим програмою дисципліни. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Вміти виконати та добре орієнтуватися в матеріалах стосовно побудови методики визначення НДС елементів конструкцій; вміти формулювати висновки на основі отриманих результатів. Здати всі контрольні точки вчасно та з оцінкою «відмінно»

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

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

13. Методичне забезпечення

1. Кириченко В.В. Расчет на прочность элементов нетрадиционных энергоустановок: консп. лекций / В.В. Кириченко, А.В. Кондратьев, К.Д. Стэнлиэ. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2014. – 156 с.
2. Кириченко В.В. Компьютерные технологии проектирования с использованием МКЭ: конспект лекц. / В.В. Кириченко. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 135 с.
3. Кириченко В.В. Компьютерные технологии проектирования с использованием МКЭ: учеб. пособ. / В.В. Кириченко, А.В. Кондратьев. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2012. – 44 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Неисчерпаемая энергия. Кн. 2. Ветроэнергетика: учебник. / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2004. – 519 с.
2. Статические и динамические расчеты транспортных и энергетических сооружений на базе программного комплекса COSMOS/M / С. В. Елизаров, А. В. Бенин, В. А. Петров, О. Д. Тананайко. – СПб.: Иван Федоров, 2004. – 260 с.
3. Алямовский А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А. А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 464 с.
4. Безухов Н.И. Приложение методов теории упругости и пластичности к решению инженерных задач: учеб. пособ. / Н. И. Безухов, О. В. Лужин. – М.: Высш. шк., 1974. – 200 с.

Допоміжна

1. Тимошенко С. П. Пластинки и оболочки / С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. – М.: Наука, 1966. – 636 с.
2. Тимошенко С. П. Прочность и колебания конструкций / С. П. Тимошенко. – М.: Наука, 1975. – 704 с.
3. Тимошенко С. П. Теория упругости / С. П. Тимошенко, Дж. Гудьер. – М.: Наука, 1975. – 576с.

15. Інформаційні ресурси

1. Довідкова онлайн-система по системі автоматизованого проектування SolidWorks 2012 та розрахункового модуля SolidWorks Simulation 2012 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
http://help.solidworks.com/2012/russian/SolidWorks/sldworks/r_welcome_sw_online_help.htm