

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

Кафедра Проектування літаків і вертольотів (№ 103)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 Людмила КАПІТАНОВА
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 01 » вересня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Моделювання авіаційної техніки

(назва навчальної дисципліни)

Major. Дисципліна 2

Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Проектування, виробництво та сертифікація
авіаційної техніки»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2024 рік

Розробник: Лілія БУЙВАЛ, доцент каф. № 103, к.т.н.
(ім'я та прізвище, посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри проектування літаків і вертольотів

(назва кафедри)

Протокол № 1 від «27» серпня 2024 р.

Завідувач кафедри проектування літаків і вертольотів №103

к.т.н., доцент


(підпис)

Сергій ТРУБАЄВ
(ім'я та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Семестр	Галузь знань 13 «Механічна інженерія» <small>(шифр і найменування)</small> Спеціальність 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» <small>(код і найменування)</small> Освітня програма «Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки» <small>(найменування)</small> Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Вибіркова
1-й		Навчальний рік
Кількість кредитів		2024/2025
4		Семестр
Кількість модулів –		1-й
1		Лекції*
Кількість змістовних модулів		24 години
2		Практичні, семінарські*
Загальна кількість годин		24 години
48*/72		Лабораторні*
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		–
аудиторних		Самостійна робота
3/3		72 години
самостійної роботи здобувача		Вид контролю
4,5	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 48/72 – у 1 семестрі.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: метою вивчення навчальної дисципліни «Моделювання авіаційної техніки» є засвоєння здобувачами знань про сучасні методи проектування, конструювання та моделювання об'єктів аерокосмічної техніки, їх агрегатів та систем, обладнання, складальних вузлів, створення майстер-геометрії, моделі розподілу простору та аналітичних еталонів елементів конструкції за допомогою комп'ютерної інтегрованої системи та навиків роботи в системі Siemens NX. Здобувач повинен освоїти сучасні методи інтегрованого проектування та моделювання агрегатів авіаційної техніки за допомогою комп'ютерних інтегрованих систем.

Завдання: основними завданнями вивчення навчальної дисципліни «Моделювання авіаційної техніки» є отримання здобувачами знань про сучасні методи проектування, конструювання та тривимірного параметричного моделювання літаків, вертольотів та інших літальних апаратів за допомогою комп'ютерних інтегрованих систем CAD/CAM/CAE у тому числі і системи Siemens NX.

Компетентності, які набуваються:

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- ЗК2. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- ЗК3. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.
- ЗК4. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- ЗК5. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.
- ЗК6. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.
- ЗК7. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.
- ЗК8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК9. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК):

СК1. Усвідомлення історії, сучасного стану, проблем та перспектив розвитку авіаційної та ракетно-космічної техніки.

СК2. Здатність критично осмислювати проблеми авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, у тому числі на межі із суміжними галузями, інженерними науками, фізикою, хімією, екологією, економікою.

СК5. Здатність будувати і досліджувати концептуальні, математичні, що включають останні наукові здобутки моделі явищ та поведінки об'єктів професійній діяльності.

СК6. Здатність аналізувати характеристики стану агрегатів авіаційної та ракетно-космічної техніки та фактори, що впливають на них.

СК7. Здатність формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації конкурентоздатних зразків авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Результати навчання (РН):

РН1. Знати і розуміти засади фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі авіаційної та/або ракетно-космічної техніки.

PH2. Знати і розуміти робочі процеси у системах та елементах авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, необхідні для розуміння, опису, вдосконалення та оптимізації їх параметрів.

PH3. Розуміти та застосовувати при розв'язанні складних професійних (науково-технічних) задач принципи та методи системного аналізу.

PH4. Використовувати сучасні методи розв'язання винахідницьких задач, захищати інтелектуальну власність на технічні рішення та інші результати професійної (науково-технічної) діяльності.

PH5. Використовувати новітнє спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності відповідно до освітньої програми.

PH6. Приймати ефективні рішення при виникненні нестандартних складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності в умовах невизначеності вимог, наявності спектра думок та обмеженості часу.

PH7. Виявляти навички самостійної та колективної роботи, лідерські якості, організувати роботу за умов обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність.

PH8. Складати звітну документацію за результатами розв'язання складних професійних (науково-технічних) задач, презентувати виконані дослідження у вигляді наукових звітів публікацій, доповідей на конференціях тощо.

PH11. Обґрунтовано призначати показники якості об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки.

PH12. Розробляти та досліджувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі при розв'язанні складних професійних (науково-технічних) задач, пов'язаних з етапами життєвого циклу авіаційної та ракетно-космічної техніки.

PH13. Застосовувати методи теорії подібності, планування експерименту, здійснювати вимірювання та обробку результатів експериментальних досліджень.

PH15. Розробляти розрахункові моделі об'єктів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки і здійснювати оптимізацію їх параметрів за різними критеріями ефективності.

Пререквізити – Дисципліни першого бакалаврського рівня 134 спеціальності.

Кореквізити – Дисципліни другого магістерського рівня 134 спеціальності.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Основи моделювання елементів об'єктів авіаційної техніки за допомогою системи CAD/CAM/CAE Siemens NX

Тема 1. Місце комп'ютерно-інтегрованої системи CAD/CAM/CAE Siemens NX при створенні сучасних зразків авіаційної техніки. Загальні відомості про комп'ютерно-інтегровану систему Siemens NX.

Вхід у систему. Графічний інтерфейс користувача. Клавіатура. Маніпулятор «Миша». Створення файлу для моделювання. Директорії, фільтри. Головне меню. Зберігання файлів. Вихід. Керування видами. Шари, керування шарами. Системи координат, керування системою координат. Керування кольорами. Сумісність системи Siemens NX з іншими системами проектування.

Тема 2. Базові опції для моделювання об'єктів в системі Siemens NX.

Конструктор точок. Конструктор вектора. Способи побудови площин.

Тема 3. Методи створення параметричних профілів та генеруючих кривих. Редагування кривих.

Методи побудови параметричних профілів несучих поверхонь (крило, горизонтальне та вертикальне оперення) агрегатів авіаційної техніки. Методи створення набору генеруючих кривих, для створення майстер-геометрії агрегатів авіаційної техніки. Редагування параметрів кривих. Редагування сплайнів. Підгонка кривих. Розбивка кривих на сегменти. Редагування округлень. Редагування дуги. Операції Transformation. Створення масивів елементів.

Тема 4. Моделювання аналітичних еталонів елементів конструкції літальних апаратів за допомогою солідів та їх редагування.

Меню. Попередні настроювання. Візуалізація солідів. Моделювання паралелепіпедів, циліндрів, конусів, сфери. Створення солід-моделей методами витягування. Створення солід-моделей методами обертання. Моделювання деталей методами кінематичного руху. Моделювання трубопроводів. Моделювання отворів, бобишок, «карманів». Базові осі і площини. Методики побудови параметричних аналітичних еталонів елементів конструкції агрегатів авіаційної техніки. Топологія створення деталі. Операція Edge Blend (округлення). Операція Chamfer (фаска). Булеві операції. Параметризація, редагування без втрати параметризації. Операції над солідами Split та Trim. Дзеркальні відображення солідів та їх елементів. Створення масивів елементів.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Моделювання та створення елементів об'єктів авіаційної техніки за допомогою ескізів, поверхонь та складань у системі CAD/CAM/CAE Siemens NX

Тема 1. Створення моделей аналітичних еталонів елементів конструкції літальних апаратів за допомогою ескізів.

Дзеркальне відображення, альтернативні рішення в ескізах. Створення моделей деталей за допомогою ескізів.

Тема 2. Моделювання елементів математичних моделей аеродинамічних поверхонь літальних апаратів.

Меню. Створення поверхонь точкам. Обмежені плоскі поверхні. Лінійчаті поверхні. Створення поверхні по набору перетинів. Створення поверхонь по сітці кривих. Створення поверхонь методом кінематичного протягування. Поверхні другого порядку. Створення поверхні, між двома поверхнями (Bridge).

Ознайомлення з методами створення майстер-геометрії та моделей розподілу простору агрегатів авіаційної техніки та літальних апаратів в цілому.

Тема 3. Редагування поверхонь.

Редагування параметрів поверхонь. Операції обрізання поверхонь. Аналіз поверхонь. Продовження поверхні (Extension, Law Extension). Еквідистантні поверхні (Offset Surface). Поверхні округлення (Fillet).

Тема 4. Створення складань за допомогою комп'ютерно-інтегрованої системи CAD/CAM/CAE Siemens NX.

Структура складань. Створення складань зверху вниз і знизу нагору. Навігатор складання. Редагування складань. Умови сполучення компонент. Ступеня свободи компонент.

Ознайомлення з методикою створення моделі повного визначення об'єктів авіаційної техніки.

Модульний контроль

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					
Змістовний модуль 1. Основи моделювання елементів об'єктів авіаційної техніки за допомогою системи CAD/CAM/CAE Siemens NX					
Тема 1. Місце комп'ютерно-інтегрованої системи CAD/CAM/CAE Siemens NX при створенні сучасних зразків авіаційної техніки. Загальні відомості про комп'ютерно-інтегровану систему Siemens NX.	12	4	2	–	6
Тема 2. Базові опції для моделювання об'єктів в системі Siemens NX.	22	2	4	–	16
Тема 3. Методи створення параметричних профілів та генеруючих кривих. Редагування кривих.	6	2	2	–	2
Тема 4. Моделювання аналітичних еталонів елементів конструкції літальних апаратів за допомогою солідів та їх редагування.	22	2	4	–	16
Модульний контроль	2	2	–	–	–
Разом за змістовним модулем 1	64	12	12	–	40
Змістовний модуль 2. Моделювання та створення елементів об'єктів авіаційної техніки за допомогою ескізів, поверхонь та складань у системі CAD/CAM/CAE Siemens NX					
Тема 1. Створення моделей аналітичних еталонів елементів конструкції літальних апаратів за допомогою ескізів.	20	4	4	–	12
Тема 2. Моделювання елементів математичних моделей аеродинамічних поверхонь літальних апаратів.	12	2	4	–	6
Тема 3. Редагування поверхонь.	4	2	–	–	2
Тема 4. Створення складань за допомогою комп'ютерно-інтегрованої системи CAD/CAM/CAE Siemens NX.	18	2	4	–	12
Модульний контроль	2	2	–	–	–
Разом за змістовним модулем 2	56	12	12	–	32
Усього годин	120	24	24	–	72

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	<i>Не передбачено навчальним планом</i>	
2		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
	Модуль 1	
1	<i>Основи роботи в системі SIEMENS NX</i>	2
2	<i>Створення кривих в системі SIEMENS NX</i>	4
3	<i>Редагування кривих в системі SIEMENS NX</i>	2
4	<i>Створення твердих тіл в системі SIEMENS NX</i>	4
5	<i>Створення і редагування ескізів у системі SIEMENS NX</i>	4
6	<i>Створення поверхонь у системі SIEMENS NX</i>	4
7	<i>Створення і редагування складань у системі SIEMENS NX</i>	4
	Разом	24

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
	Модуль 1	
1	<i>Попередні установки в системі Siemens NX. Управління робочою системою координат.</i>	6
2	<i>Побудова сімейства точок, базових кривих другого порядку (еліпс, гіпербола, парабола), фасок, фільтри.</i>	12
3	<i>Підгонка кутів. Спрощення сплайнів.</i>	2
4	<i>Робота з деревом побудови моделі.</i>	12
5	<i>Масштабування моделей без втрати параметризації.</i>	16
6	<i>Побудова поверхонь по набору точок.</i>	6
7	<i>Способи візуалізації поверхонь.</i>	2
8	<i>Перенос та прив'язка ескізів з одної базової площини на іншу.</i>	4
9	<i>Редагування контурів ескізу (заміна, редагування ескізних кривих).</i>	4
10	<i>Створення наборів «reference set».</i>	8
	Разом	72

9. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання, не передбачені навчальним планом.

10. Методи навчання

Проведення лекцій, лабораторних робіт, практичних завдань, індивідуальні консультації (за необхідності), самостійна робота здобувачів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні та навчальні посібники, підручники, монографії, результати сучасних наукових досліджень) та провідними авіаційними організаціями, користування матеріалами мережі Internet та електронними матеріалами розміщеними на сайті кафедри й електронному каталозі бібліотеки університету.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

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

Складові навчальної роботи	Бали за одне завдання	Кількість завдань	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Змістовний модуль 1			
Робота за парами (присутність/відпрацювання, виконання завдань)	2	12	24
Виконання практичних робіт	4	1	4
	6	3	18
Модульний контроль	6	1	6
Змістовний модуль 2			
Робота за парами (присутність/відпрацювання, виконання завдань)	2	12	24
Виконання практичних робіт	6	3	18
Модульний контроль	6	1	6
Усього за 1-й семестр			100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від поточних балів й за наявності допуску до іспиту.

Допуск до іспиту надається при виконанні і здачі всіх обов'язкових видів робіт (практичних робіт і модульного контролю).

Білет для іспиту складається з трьох теоретичних питань, з максимальною кількістю балів за одне запитання 20 балів, та одне практичне завдання з максимальною кількістю балів – 40 балів.

Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

12.2 Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Відпрацювати пари, виконати і здати всі лабораторні (практичні) роботи, здати два модульних контролю. Мати уявлення про місце комп'ютерних інтегрованих систем в системі проектування, виробництва та експлуатації літальних апаратів. Знати основи роботи й методи моделювання елементів літаків і вертольотів в комп'ютерно-інтегрованій системі CAD/CAM/CAE Siemens NX. Для отримання балів за будь-які види робіт із дисципліни необхідно дотримуватися правил академічної доброчесності.

Добре (75 - 89). Відпрацювати пари, виконати і здати всі лабораторні (практичні) роботи, здати два модульних контролю. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні (практичні) роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень, які запропоновано у роботах. Розуміти місце комп'ютерних інтегрованих систем в системі проектування, виробництва та експлуатації літальних апаратів. Знати основи роботи й

методи моделювання елементів літаків і вертольотів в комп'ютерно-інтегрованій системі CAD/CAM/CAE Siemens NX й вміти їх застосовувати в лабораторних (практичних) роботах. Для отримання балів за будь-які види робіт із дисципліни необхідно дотримуватися правил академічної доброчесності.

Відмінно (90 - 100). У повному обсязі знати основний та додатковий матеріал. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально розуміти місце комп'ютерних інтегрованих систем в системі проектування, виробництва та експлуатації літальних апаратів. Знати основи роботи й методи моделювання елементів літаків і вертольотів та інших літальних апаратів в комп'ютерно-інтегрованій системі CAD/CAM/CAE Siemens NX й вміти їх застосовувати в лабораторних (практичних) роботах. Створювати математичні моделі зовнішньої поверхні літальних апаратів, аналітичні еталони елементів конструкції, моделювати силові елементи, їх з'єднання та складальні відсіки агрегатів. Вчасно виконувати та захищати всі лабораторні (практичні) роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень, прийнятих у роботах та запропоновувати власні. Для отримання балів за будь-які види робіт із дисципліни необхідно дотримуватися правил академічної доброчесності.

Розподіл балів, які отримують здобувачі за виконання курсової роботи (проекту) не передбачено навчальним планом.

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до ____	до ____	до ____	100

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

Конспекти лекцій та література, котра знаходиться в бібліотеці, методичному кабінеті та в електронному вигляді на сервері кафедри проектування літаків та вертольотів (перелік приводиться нижче у розділі 14 даної програми), на сторінці курсу у системі дистанційного навчання Ментор.

14. Рекомендована література

Базова

1. Концепція створення сучасних реактивних регіональних пасажирських літаків : [монографія] / П. В. Балабуєв, В. О. Богуслаєв, О. Д. Донець, О. Г. Гребеніков [та др.] ; Держ. концерн "Укроборонпром", Держ. підприємство "Антонов", АТ "Мотор Січ", М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т". - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2020. - 254 с.

2. Метод інтегрованого проектування носової частини фюзеляжу літака транспортної категорії : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.07.02 - проектування, вир-во та випробування літ. апаратів / А. С. Чумак ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т". - Харків, 2020. - 21 с.
3. Метод інтегрованого проектування носової частини фюзеляжу літака транспортної категорії : дис. ... канд. техн. наук : 05.07.02 - проектування, вир-во та випробування літ. апаратів, 13 - мех. інженерія / А. С. Чумак ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т" ; наук. керівник Гребеніков О. Г. - Харків, 2020. - 205 с.
4. Методика проектування цивільних легких літаків із турбогвинтовими двигунами [Текст] : монографія / Л. Ю. Буйвал. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2023. – 232 с.
5. Методологія інтегрованого проектування збірних літакових конструкцій регламентованої довговічності : навч. посіб. / О. Г. Гребеніков ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т". - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т", 2015. - 538 с. - <http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/>
6. Наукові основи інтегрованого проектування цивільного легкого літака за допомогою комп'ютерних систем : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.07.02 - проектування, вир-во та випробування літ. апаратів / Л. Ю. Буйвал ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т". - Харків, 2020. - 21 с.
7. Наукові основи інтегрованого проектування цивільного легкого літака за допомогою комп'ютерних систем : дис. ... канд. техн. наук : 05.07.02 - проектування, вир-во та випробування літ. апаратів : 13 - мех. інженерія : захищ. 26.02.2021 / Л. Ю. Буйвал ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т" ; наук. керівник Гуменний А. М. - Харків, 2020. - 336 с.
8. Наукові основи конструктивно-технологічних методів забезпечення ресурсу авіаційної техніки : [монографія] / В. О. Богуслаєв, О. Г. Гребеніков, М. І. Москаленко, А. М. Гуменний [та др.] ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т". - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2020. - 280 с.
9. Основи загального проектування літаків з газотурбінними двигунами : навч. посіб. / П. В. Балабуєв, С. А. Бичков, О. Г. Гребеніков, В. М. Желдоченко [та др.] ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т". - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т", 2015. - 815 с. - 978-966-662-408-9. - <http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/>.
10. Буйвал Л. Ю. Метод тривимірного параметричного моделювання типового кронштейна на основі примітивів за допомогою комп'ютерної інтегрованої системи Siemens NX. *Технічні науки та технології*. 2023. Т. 4, № 34. С. 104–114. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-4\(34\)-104-114](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-4(34)-104-114) (дата звернення: 30.08.2024).

Допоміжна

1. An-74T-200A Aircraft. Standard Specification : textbook for students of higher education institutions (specialty «Aviation and Cosmonautics») / A. G. Grebenikov, P. A. Kluyev, V. N. Korol, P. O. Naumenko, S. A. Pavlenko, Y. I. Povaliy. – Kharkov : KhAI, 2004. – 320 p.
2. Methodology of integrated designing and modelling of aircraft assembly structures / O.G. Grebenikov. – Kharkiv: National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», 2010. – 414 p.

15. Інформаційні ресурси

1. Сторінка курсу у системі дистанційного навчання Ментор <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2477>.

2. Електронний каталог науково-технічної бібліотеки Національного аерокосмічного університету ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».
3. Цифровий репозитарій наукових та освітніх матеріалів Національного аерокосмічного університету ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».
4. Офіційний сайт Siemens PLM Software.
5. Сайт кафедри проектування літаків та вертольотів
<https://education.khai.edu/department/103>, <https://sites.google.com/khai.edu/k103?pli=1>.
6. Сервер кафедри проектування літаків та вертольотів.
7. Ресурси мережі Internet.