**ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет** інженерії, транспорту та архітектури

**Кафедра** машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету інженерії,

транспорту та архітектури

\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Віктор ОЛЕКСАНДРЕНКО

\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ р.

**СИ́ЛАБУС**

Навчальна дисципліна **Системи автоматизованого проектування в галузі**

Освітньо-професійна програма **Машини та апарати легкої промисловості**

Рівень вищої освіти **перший** (**бакалаврський**)

**Загальна інформація**

|  |  |
| --- | --- |
| **Позиція** | **Зміст інформації** |
| **Викладач(і)** | **Михайловський Юрій Броніславович, Золотенко Елла Олександрівна** |
| **Профайл викладача** | <http://maees.khnu.km.ua/?page_id=474>; <http://maees.khnu.km.ua/?page_id=462> |
| **E-mail викладача(ів)** |  zolotenkoella@gmail.com |
| **Контактний телефон** | 097-63-15-286 |
| **Сторінка дисципліни в ІСУ** | <https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=1888> |
| **Навчальний рік** | 2022-2023 |
| **Консультації**  | **Очні**: понедлок, 5-6 пара, б/п-513 (чисельник); середа 5 пара, б/п-517 (чисельник);**онлайн:** за необхідністю та попередньою домовленістю |

**Характеристика дисципліни**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Статус дисципліни | Форма навчання | Курс | Семестр | Загальний обсяг | Кількість годин | Курсовий проект | Курсова робота | Форма семестровогоконтролю |
| Аудиторні заняття | Семінарські заняття | Самостійна робота,в т.ч. ІРС | залік | іспит |
| Кредити ЄКТС | Години | Разом | Лекції | Лабораторні роботи | Практичнізаняття |
| В | Д | 4 | 7 | 4 | 120 | 68 | 34 | 34 |  |  | 52 |  |  | - | + |

**Анотація дисципліни**

### Дисципліна «Системи автоматизованого проектування в галузі» є однією із фахових дисциплін і займає провідне місце у підготовці фахівців освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» за освітньо-професійною програмою «Машини та апарати легкої промисловості».

***Пререквізити***: математика, Інженерна та комп`ютерна графіка, фізика, теоретична механіка, опір матеріалів, теорія механізмів і машин, деталі машин; ***кореквізити***: кваліфікаційна робота.

**Мета і завдання дисципліни**

***Мета дисципліни*.** Формування особистості фахівця, здатного працювати з програмами САПР, програмними комплексами розробленими на основі методу скінченних елементів, програми для виконання інженерних розрахунків.

***Завдання дисципліни***.Надати студентам знання і практичні навички з користування системами автоматизованого проектування при розв’язуванні різних інженерних задач, що виникають в інженерній практиці, та навчити студентів застосовувати отримані знання на практиці.

**Очікувані результати навчання**

Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: вміти здійснювати інженерні розрахунки, за допомогою систем автоматизованого проектування, для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні; готувати виробництво та експлуатувати вироби, застосовуючи автоматичні системи підтримування життєвого циклу; розуміти відповідні методи та мати навички конструювання типових вузлів та механізмів відповідно до поставленого завдання, за допомогою систем автоматизованого проектування; розуміти відповідні методи та мати навички конструювання типових вузлів та механізмів відповідно до поставленого завдання; розробляти деталі та вузли машин із застосуванням систем автоматизованого проектування; розробляти конструктивні схеми механізмів та вузлів машин та апаратів легкої промисловості із використанням систем автоматизованого проектування.

**Тематичний і календарний план вивчення дисципліни**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№****тижня** | **Тема лекції\*** | **Тема практичного заняття\*** | **Самостійна робота студентів** |
| **Зміст** | **Год.** | **Література** |
| ***1*** | ***2*** | ***3*** | ***4*** | ***5*** | ***6*** |
| 1 | **Тема 1 Основи роботи в САПР.** Введення. Історія розвитку САПР. Структура і класифікація САПР. Види забезпечення САПР. Класифікація САПР. Функціональний розподіл і характеристики САПР. Поняття про CALS-технології.  | Лабораторна робота (далі ЛР) 1.Розрахунок напруженого стану в кільці. | Опрацювання лекційного матеріалу (лек. 1), підготовка до виконання ЛР 1 | 2 | [**1**, с. 17–48; **2**, с. 5–8; **4**, с. 13–46; **5**, с. 9–20] |
| 2 | **Тема 1 Основи роботи в САПР.** Технічне і програмне забезпечення САПР. Програмне забезпечення САПР. Види САПР. Програми конструкторського проектування.  | - | Опрацювання лекційного матеріалу (лек. 1), підготовка до захисту ЛР 1 | 2 | [**1**, с. 69–126; **2**, с. 20–40; **3**, с. 52–91; **4**, с. 21–35] |
| 3 | **Тема 1 Основи роботи в САПР.** Математичне забезпечення САПР. Математичні моделі об'єктів, систем, процесів. Вимоги до математичних моделей САПР. Розробка математичних моделей. | ЛР 2: Розрахунок шарнірно-стержневих систем.  | Опрацювання лекційного матеріалу (лек. 2), підготовка до виконання ЛР 2 | 3 | [**1**, с. 130–167; **2**, с. 199–207; **3**, с. 497–523;**4**, с. 54–76] |
| 4 | **Тема 2 Основи роботи у середовищі САПР AutoCad**. Початок роботи: основні прийоми креслення, допоміжні засоби креслення. Загальні відомості про AutoCAD 2012. Навігація в двовимірних кресленнях.  | - | Підготовка до захисту ЛР 2, підготовка до виконання ЛР 3 | 3 | [**1**, с. 169–208; **2**, с. 76–109; **3**, с. 102–172; **4**, с. 120–137] |
| 5 | **Тема 2 Основи роботи у середовищі САПР AutoCad**. Малювання ліній і прямокутників, кіл, дуг, багатокутників. Використання систем координат. Лінії сполучення і фаски. З'єднання непаралельних та пересічних ліній. Сітка і прив'язки. | ЛР 3: Розрахунок переміщень, деформацій і нормальних напружень в поперечних перерізах деталі. | Опрацювання лекційного матеріалу (лек. 3), підготовка до виконання ЛР 3 | 3 | [**1**, с. 211–245; **2**, с. 125–132; **3**, с. 210–217] |
| 6 | **Тема 2 Основи роботи у середовищі САПР AutoCad**. Редагування об'єктів; формування кривих; налаштування видимості і відображення об'єктів. Створення наборів виділень. Малювання і редагування кривих поліній, еліпсів, сплайнів. Робота з керуючими вершинами. Робота з визначальними точками. Зміна властивостей об'єкта. Робота з шарами.  | - | Підготовка до захисту ЛР 3, підготовка до виконання ЛР 4 | 3 | [**1**, с. 247–281; **3**, с. 217–225] |
| 7 | **Тема 2 Основи роботи у середовищі САПР AutoCad**. Організація об'єктів; штрихування і градієнти; робота з блоками і зовнішніми посиланнями. Робота з блоками. Локальні і глобальні блоки. Робота зі штрихуваннями. Градієнтне штрихування. | ЛР 4: Розрахунок елементів конструкції під тиском.  | Опрацювання лекційного матеріалу (лек. 4), підготовка до виконання ЛР 4 | 4 | [**1**, с. 17–48; **2**, с. 114–125; **3**, с. 13–46; **4**, с. 147–176] |
| 8 | **Тема 2 Основи роботи у середовищі САПР AutoCad**. Створення та редагування тексту; проставлення розмірів; управління залежностями. Створення текстових стилів. Налаштування розмірних стилів. Робота з геометричними залежностями для тексту. | - | Підготовка до захисту ЛР 4. підготовка до виконання ЛР 5. | 4 | [**1**, с. 281–384; **2**, с. 138–175; **3**, с. 355–426; **4**, с. 77–98] |
| 9 | **Тема 2 Основи роботи у середовищі САПР AutoCad**. Робота з листами і аннотативними об'єктами. Підготовка та друк креслень. Зберігання, представлення і вилучення даних. Створення аннотативних стилів і об'єктів. Робота з аннотативним текстом. Робота з аннотативними розмірами.  | ЛР 5: Розрахунок елементів конструкції на руйнування. | Опрацювання лекційного матеріалу (лек. 5), Підготовка до тестування з тем 1-2) | 3 | [**1**, с. 281–384; **2**, с. 138–175; **3**, с. 355–426; **4**, с. 77–98] |
| 10 | **Тема 2 Основи роботи у середовищі САПР AutoCad**. Створення листів. Створення таблиць і редагування їх стилів. Використання полів в елементах таблиці. Редагування табличних даних. | - | Підготовка до захисту ЛР 5. підготовка до виконання ЛР 6. | 3 | [**2**, с.181–195; **3**, с. 291–321; **4**, с. 36–53] |
| 11 | **Тема 3 Метод скінченних елементів в САПР**. Основи методу кінцевих елементів. Поняття про метод кінцевих елементів. Опис властивостей кінцевого елемента.  | ЛР 6: Розрахунок елементів конструкції на руйнування.  | Опрацювання лекційного матеріалу (лек. 6), підготовка до виконання ЛР 6 | 3 | [**1**, с. 9–20; **2**; **5**, с. 233–260] |
| 12 | **Тема 3 Метод скінченних елементів в САПР.** Функція переміщень. Функція деформацій. Функція напружень. Система рівнянь МКЕ для конструкції в цілому. | - | Підготовка до захисту ЛР 6. підготовка до виконання ЛР 7. | 3 | [**1**, с. 9–20; **2**; **5**, с. 233–260] |
| 13 | **Тема 3 Метод скінченних елементів в САПР.**  Impact - програмний комплекс для нелінійного динамічного аналізу. Структура програмного комплексу Impact. Підготовка моделі в Impact. Створення вихідного файлу завдання в Impact. | ЛР 7: Розрахунок кулачкових механізмів. | Опрацювання лекційного матеріалу (лек. 7), підготовка до виконання захисту ЛР 7 | 2 | [**1**, с. 457–528; **2**, с. 462–494; **5**, с. 99–119] |
| 14 | **Тема 3 Метод скінченних елементів в САПР.**  Структура моделі Impact. Розрахунок та корегування моделі.Математичне ядро для розрахунку моделі.Збереження результатів розрахунку та їх структура. | - | Підготовка до захисту ЛР 7. підготовка до виконання ЛР 8. | 2 | [**1**, с. 387–453; **2**, с. 47–50; **3**, с. 262–289; **4**, с. 177–184] |
| 15 | **Тема 3 Метод скінченних елементів в САПР.** Візуалізація результатів розрахунку. Побудова графічних залежностей. Основні команди графічної оболонки програмного комплексу Impact. | ЛР 8: Розрахунок валів.  | Опрацювання лекційного матеріалу (лек. 8), підготовка до виконання ЛР 8 | 4 | [**1**, с. 387–453; **3**, с. 262–289; **4**, с. 177–184] |
| 16 | **Тема 4 Програми для виконання інженерних розрахунків.** Розрахунок кулачкових механізмів. | - | Опрацювання лекційного матеріалу (лек. 8). Підготовка до захисту ЛР 8. Підготовка до тестування з тем 3-4) | 4 | [**1**, с. 532–567; **2**, с. 329–348; **3**, с. 323–353; **4**, с. 185–200] |
| 17 | **Тема 4 Програми для виконання інженерних розрахунків.** Розрахунок валів. | Підсумкове занняття | Опрацювання лекційного матеріалу, захист лабораторних робіт. | 4 | [**1**, с. 532–567; **2**, с. 329–348; **3**, с. 323–353] |

**Примітка.**  **\*** Лекції і лабораторні заняття проводяться щотижня по дві години

**Політика дисципліни**

Організація освітнього процесу в Університеті відповідає вимогам положень про організаційне і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу, освітній програмі та навчальному плану. Студент зобов’язаний відвідувати лекції і лабораторні заняття згідно із розкладом, не запізнюватися на заняття, домашні завдання виконувати якісно і відповідно до графіка.

Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті. Пропущене практичне заняття студент зобов’язаний відпрацювати в аудиторіях кафедри у встановлений викладачем термін, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі.

Здобувачі вищої освіти при вивченні дисципліни можуть користуватись як наявним в аудиторіях кафедри комп’ютерним обладнанням, так і власними пристроями (ноутбуками, планшетами, смартфонами). Власними пристроями можна користуватися як для роботи в системі Moodle, так і для доступу до зовнішніх інформаційних ресурсів, які необхідні для виконання лабораторних робіт та пов’язаних із ними, власних завдань кваліфікаційної роботи.

Лабораторні роботи виконуються індивідуально або групами, згідно з варіантами, що представлені у методичних вказівках до лабораторних робіт. Під час роботи над індивідуальними завданнями недопустимі порушення правил академічної доброчесності. У разі наявності плагіату (спроба представити до захисту лабораторну роботу іншого варіанту) здобувач вищої освіти отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати роботу згідно із його варіантом.

**Критерії оцінювання результатів навчання**

Оцінювання академічних досягнень здобувача вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ». Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за інституційною чотирибальною шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих позитивно з урахуванням коефіцієнта вагомості. Вагові коефіцієнти змінюються залежно від структури дисципліни і важливості окремих видів її робіт.

Оцінка, яка виставляється за практичне заняття, складається з таких елементів: усне опитування студентів перед допуском до виконання практичної роботи; знання теоретичного матеріалу з теми роботи; якість оформлення звіту; вільне володіння студентом спеціальною термінологією і уміння професійно обґрунтувати прийняті конструктивні рішення; своєчасний захист практичної роботи. У кінці семестру студент має сформувати потрфоліо із практичних робіт і здати їх при підсумковому контролі.

Термін захисту практичної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті. Пропущене практичне заняття студент зобов’язаний відпрацювати в лабораторіях кафедри у встановлений викладачем термін з реєстрацією у відповідному журналі кафедри, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі.

Засвоєння студентом теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється тестуванням. Виконання індивідуального завдання завершується його презентацією у терміни, встановлені графіком самостійної роботи.

**Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання**

**студентів денної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Аудиторна робота | Самостійна, індивідуальна робота | Семестровий контроль, іспит |
| Лабораторні роботи №: | Тестовий контроль: | Підсумковий контрольний захід  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Т 1-2 | Т 3-4 | 1 |
| ВК\*: 0,4 | 0,2 | 0,4 |

***Умовні позначення***: Т – тема дисципліни; ВК – ваговий коефіцієнт.

**Оцінювання тестових завдань**

Тематичний тест для кожного студента складається з десяти тестових завдань, кожне з яких оцінюється одним балом. Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає 10.

Оцінювання здійснюється за чотирибальною шкалою.

Відповідність набраних балів за тестове завдання оцінці, що виставляється студенту:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сума балів за тестові завдання | 1–4 | 5–6 | 7–8 | 9–10 |
| Оцінка за 4-бальною шкалою | 2 | 3 | 4 | 5 |

На тестування відводиться 20 хвилин. Правильні відповіді студент записує у талоні відповідей. Студент може також пройти тестування і в онлайн режимі у модульному середовищі для навчання MOODLE.

При отриманні негативної оцінки тест слід перездати до терміну наступного контролю.

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС встановлюється в автоматизованому режимі після внесення викладачем усіх оцінок до електронного журналу. Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС наведені у таблиці.

Залік виставляється, якщо середньозважений бал, який отримав студент з дисципліни, знаходиться у межах від 3,00 до 5,00 балів. При цьому за інституційною шкалою ставиться оцінка «зараховано», а за шкалою ЄКТС – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом кількості балів відповідно до таблиці Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС.

***Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Оцінка****ECTS** | **Інституційна шкала балів** | **Інституційна оцінка** | **Критерії оцінювання** |
| A | 4,75-5,00 | 5 | Зараховано | **Відмінно** – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навичок. |
| B | 4,25-4,74 | 4 | **Добре** – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками. |
| С | 3,75-4,24 | 4 | **Добре** – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками. |
| D | 3,25-3,74 | 3 | **Задовільно** – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією. |
| E | 3.00-3,24 | 3 | **Задовільно** – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання |
| FX | 2,00-2,99 | 2 | Незараховано | **Незадовільно** – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни |
| F | 0,00-1,99 | 2 | **Незадовільно** – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни. |

**Питання для підсумкового контролю з дисципліни**

1.      Класифікація систем САПР.

2.      Які є типи ядер?

3.      Закони, що описують властивості матеріалів, які використовуються в Impact.

4.      Перечислити основні типи елементів, які використовуються в Impact. Їх характеристики.

5.      Структура моделі в Impact.

6.      Основні команди Preprocessor.

7.      Які команди використовуються для побудови точок та поверхонь. Їх призначення.

8.      Які команди використовуються для побудови вузлів та елементів. Їх призначення.

9.      Розрахунок моделі в Processor. Закладки та команди.

10.  Структура файлу. Завдання.

11.  Блок опису вузлів Nodes.

12.  Опис граничних умов.

13.  Блок опису матеріалу.

14.  Наведіть приклад створення моделі для розрахунку перерізу деталі.

15.  Закладка PostProcessor призначення та основні команди.

16.  Result - призначення і типи результату.

17.  Закладка Graph призначення та основні команди.

18.  Impact - програмний комплекс для нелінійного динамічного аналізу. Його можливості та застосування.

19.  Структура програмного комплексу Impact.

20.  Структура графічного інтерфейсу та математичного ядра.

21.  Підготовка моделі в Impact.

22.  Створення геометрії.

23.  Введення властивостей матеріалу.

24.  Введення початкових та граничних умов розрахунку.

25.  Створення вихідного файлу завдання в Impact.

26.  Описання основних блоків постановки задачі.

27.  Структура моделі Impact.

28.  Розрахунок та корегування моделі в Processor.

29.  Математичне ядро для розрахунку моделі.

30.  Збереження результатів розрахунку та їх структура.

31.  Типи файлів для збереження результатів.

32.  Візуалізація результатів розрахунку переміщень, деформацій та напружень по різним напрямкам.

33.  Загальна картина розподілу переміщень, деформацій та напружень в досліджуваній моделі.

34.  Аналіз отриманих результатів у PostProcessor та Graph.

35.  Побудова графічних залежностей.

36.  Одержання числових значень для вказаних зон досліджуваних об’єктів.

37.  Основні команди графічної оболонки програмного комплексу Impact: для створення об’єкту, для візуалізації, для масштабування об’єкту та інші.

38.  Система САПР – AutoCAD. Призначення та структура AutoCAD.

39.  Основні команди AutoCAD.

40.  Основні команди налаштування креслення в AutoCAD.

41.  Правила введення координат в AutoCAD.

42.  Основні команди редагування в AutoCAD.

43.  Команди налаштування розмірних ліній та текстових стилей в AutoCAD.

44.  Команди для роботи з об’ємними кресленнями в AutoCAD.

45.  Внутрішня мова програмування AutoCAD – AutoLisp. Призначення та структура AutoLisp.

46.  Програма для розрахунку кулачкових механізмів. Використання та можливості програми.

47.  Вибір типу кулачка. Етапи побудови профілю кулачка. Основні команди.

48.  Введення геометричних параметрів, максимального кута тиску та інших.

49.  Опис закону руху кулачкового механізму.

50.  Оптимізація профіля кулачка з врахуванням максимально допустимого кута тиску.

51.  Одержання оптимальних геометричних параметрів кулачкового механізму.

52.  Побудова закону руху, який повинен забезпечити кулачковий механізм.

53.  Програмний продукт для розрахунку ступінчатих валів і його використання та можливості.

54.  Введення геометричних параметрів валу, коефіцієнту запасу міцності, сил та крутних моментів що діють на вал.

55.  Розрахунок епюр.

56.  Розрахунок мінімальних діаметрів частин валу.

57.  Обробка розрахунку та корегування мінімальних діаметрів валу.

**Рекомендована література**

**Основна література**

1. Системи автоматизованого проектування: лабораторний практикум для студентів спеціальностей «Галузеве машинобудування», «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Ю.Б. Михайловський, Е.О. Золотенко - Хмельницький: ХНУ, 2017. – 70 с.
2. Єщенко О.А. Основи САПР [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. напряму 6.050503 “Машинобудування” ден. і заочн. форм навчання. / Єщенко О.А., Р.Л. Якобчук, Змієвський Ю.Г. – К.: НУХТ, 2014. – 205 с.
3. Овчаренко В.А., Подлєсний С.В., Зінченко С.М. О 35 Основи методу кінцевих елементів і його застосування в інженерних розрахунках: Навчальний посібник. – Краматорськ: ДДМА, 2008. – 380 с.
4. Саєнко С. Ю. Основи САПР / С. Ю. Саєнко, І. В. Нечипоренко – Х. : ХДУХТ, 2017. ‒ 120 с.
5. Модульне середовище для навчання MOODLE. Режим доступу : <https://msn.khnu.km.ua/>
6. Програмний комплекс Impact. Режим доступу : <http://www.impact-fem.org/>
7. Електронна бібліотека університету. Режим доступу: <http://lib.khmnu.edu.ua/asp/php_f/p1age_lib.php>

**Додаткова література**

1. Системи автоматизованого проєктування: конспект лекцій: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології», спеціалізації «Комп’ютерноінтегровані системи та технології в приладобудуванні» / К.С. Барандич, О.О. Подолян, М.М. Гладський. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 97 с.
2. Тимченко А. А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об’єктів: Основи САПР та системного проектування складних об’єктів: Підручник / за ред.. В.І.Бикова.- 2-ге вид. – К.: Либідь, 2003. – 272 с.
3. Герасименко А. С. Моделирование в AutoCAD 2021. Двумерные и трехмерные построения. – М.: ДМК Пресс, 2021. - 706 с.
4. Наумчук О. М. Основи систем автоматизованого проектування. – Рівне : НУВГП, 2008. – 136с.
5. Топчій В. І. Графічна система AutoCAD. Основи машинобудівного креслення, моделювання та анімації. Лабораторний практикум / В. І. Топчій, І. С. Афтаназів, П. П. Волошкевич. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. 388 с.
6. Карвацький А.Я. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Програмна реалізація та візуалізація результатів [Електронний ресурс]: навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 391 c.
7. Еременко С.Ю. Методы конечных элементов в механике деформируемых тел. – Харьков:Основа. – 1991. – 272с.
8. Кизилова Н.Н. Метод конечных элементов в биомеханике // Современные проблемы математики, механики и информатики. - Харьков: Изд-во «Апостроф». - 2012. - C.201-217.
9. Введение в современные САПР, Малюх В.Н., – М. Издательский дом ВИЛЬЯМС, 2010. – 720 с.
10. 3D-моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex. В. Большаков, А. Бочков, А. Сергеев, – К: Диалектика, 2010. - 336 с.