

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Запорізький національний технічний університет**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
**для самостійної роботи студентів**

**з вивчення дисципліни**  
**“Теорія 3D моделювання”**

Для студентів спеціальностей:

131 Прикладна механіка -

освітня програма «Технології машинобудування»

133 Галузеве машинобудування -

освітня програма «Металорізальні верстати та системи»;

усіх форм навчання

Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни “Теорія 3D моделювання” Для студентів спеціальностей: 131 Прикладна механіка - освітня програма «Технології машинобудування»; 133 Галузеве машинобудування - освітня програма «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання / Укл. М.В.Фролов –Запоріжжя: ЗНТУ, 2018 - 22 с.

Укладач: М.В.Фролов, к.т.н.

Рецензент: Н.В.Гончар, доц., к.т.н.

Відповідальний за випуск: В.П.Загородній

Затвержено  
на засіданнях кафедр

Металорізальних верстатів та  
інструментів  
Протокол №3 від 10.10. 2018 р.

Технології машинобудування  
Протокол № 4 від 12.10.2018 р.

Рекомендовано  
до видання НМК  
Машинобудівного факультету.  
Протокол № 2 від 23.10.2018 р.

**ЗМІСТ**

ВСТУП.....	с. 4
1. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ.....	5
1.1 Мета викладання дисципліни .....	5
1.2 Завдання вивчення дисципліни.....	5
1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення ..... дисципліни.....	5 5
2. РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ.....	6
2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення.....	6 6
2.3 Контрольні питання .....	16
3. КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ .....	18
4. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	21

## ВСТУП

Дисципліна “Теорія 3D моделювання” є однією із вузлових дисциплін спеціальностей 131 «Прикладна механіка» - освітня програма «Технології машинобудування»; 133 «Галузеве машинобудування» - освітня програма «Металорізальні верстати та системи»; , що забезпечує якісну підготовку фахівця.

Термін, що передбачений робочим планом на аудиторні заняття з дисципліни, не дає можливості у необхідному обсязі викласти передбачений навчальний матеріал. Тому робочою навчальною програмою дисципліни передбачена значна доля самостійної роботи – співвідношення аудиторних занять до самостійної роботи становить близько 39% для денного відділення і близько 7% для заочного. До того ж, і той матеріал, що викладається в аудиторії, теж повинен бути закріпленим шляхом самостійної роботи студента.

Вивчення дисципліни здійснюється згідно діючих навчальних планів в об’ємі 5 кредитів. Видом контролю з дисципліни є екзамен.

Мета цих методичних рекомендацій полягає в наступному:

- ознайомити студента з повним обсягом навчального матеріалу з дисципліни, який він повинен засвоїти, в тому числі і з тою частиною, яка повністю виноситься на самостійне вивчення;

- навести необхідну навчальну літературу по кожній тематиці дисципліни;

- надати методичні вказівки та контрольні питання для самоперевірки знань;

- ознайомити студентів з заходами контролю засвоєння навчального матеріалу в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

# **1. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

## **1.1 Мета викладання дисципліни**

Мета викладання дисципліни “Теорія 3D моделювання” полягає в ґрунтовному ознайомленні студентів з теоретичними основами, зокрема математичними методами, комп’ютерного моделювання тривимірних (3-D) об’єктів.

## **1.2 Завдання вивчення дисципліни**

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні отримати теоретичні знання з наступних напрямків:

- Системи геометричного моделювання та їх реалізація;
- Топологія, та топологічні властивості об’єктів моделювання;
- Математичне представлення поверхонь та кривих при геометричному комп’ютерному моделюванні 3-D об’єктів;
- Апроксимація кривих та поверхонь при 3-D моделюванні.

## **1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни**

Для глибокого та всебічного розуміння управління якістю необхідно вивчення та знання таких дисциплін:

- Математика, перш за все наступні розділи: матрична алгебра; диференціальна та аналітична геометрія ;
- Нарисна геометрія;
- Креслення;
- Комп’ютерні та графічні системи;
- Обчислювальна математика;
- Деталі машин;
- Взаємозамінність, стандартизація та технічні виміри.

## 2. РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

По кожній тематиці вказані години на самостійну підготовку денної / заочної форми навчання.

### 2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення

#### 2.1.1 Вступ – 7 / 10 годин

Загальне поняття про геометричне моделювання, що використовується в комп'ютерних системах [1, С.12-14; 2, С.9-10; 3, С.51-60].

#### Методичні вказівки

При розгляді цієї теми вивчити місце підсистем машинної графіки та геометричного моделювання в системах САПР; особливості та призначення 2D та 3D моделювання. Розглянути види моделей. Особливості та інструменти геометричного моделювання. Компоненти САПР та їх графічні бібліотеки; системи координат прийняті в САПР. Специфічні інструменти 3D моделювання: узагальнені орти; вектори, як складові рівнянь.

[1, С.12-14; 2, С.9-10; 3, С.51-60].

#### Питання для самоперевірки

1. Яке призначення 2D та 3D моделювання?
2. Назвіть види 3D моделей
3. Які особливості геометричного моделювання в порівнянні іншими видами моделювання?
4. Які є специфічні інструменти 3D моделювання?

## 2.1.2 Основи геометричного 3D моделювання – 8 / 10 годин

Елементи матричної алгебри: види матриць, операції над матрицями. Вектори, операції над векторами, орти. Специфічний апарат геометричного моделювання. Однорідні координати. Векторні рівняння. Нормалізація параметрів векторного рівняння. Представлення векторів у формі матриць, загальний вигляд матриці операцій над векторами

### Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на використання елементів матричної алгебри як універсального інструменту вирішення систем рівнянь та виконання геометричних перетворень, повторити вивчене в курсі математики: види матриць; операції з матрицями та скалярними величинами; методи вирішення систем лінійних рівнянь матричними методами. Повторити елементи векторної алгебри: вектори; форми записів векторів; орти; операції над векторами та скалярами; скалярний добуток векторів; векторний добуток векторів; використання векторів для опису геометричних об'єктів.

До специфічного апарату геометричного моделювання відносяться однорідні координати та параметричні рівняння де параметри записуються в нормалізованому вигляді. Вивченню та розумінню концепцій однорідних координат та нормалізації повинна бути приділена особлива увага. Розглянути матричну форму запису однорідних координат, як розширену матрицю координат.

Розглянути загальну форму запису операцій над векторами за допомогою матриць.

Розглянути складові геометричних об'єктів.

[1, С.21-25; 2, С.15-21]

### Питання для самоперевірки

1. Розкрийте зміст поняття «геометричні об'єкти».
2. Види матриць
3. Які операції виконуються над матрицями та як вони записуються?
4. Що таке транспонована матриця?

5. Що таке зворотна матриця?
6. Як записується рівняння вектору через орти?
7. Як записуються рівняння векторів на площині та в просторі?
8. Які операції можуть виконуватися над векторами?
9. Які є основні принципи модифікації векторів і точок?
10. Розкрийте зміст поняття «однорідні координати».
11. Як записується матриця перетворення в однорідних координатах?

### **2.1.3 Топологія оболонок – 21 / 28 годин.**

Топологія та топологічні об'єкти. Співвідношення між топологічними та геометричними поняттями. Цикли та ребра. Ейлерові характеристики поверхонь та оболонок. Теорема Пуанкаре. Зв'язність оболонок. Орієнтуємість оболонок. Не орієнтуємі оболонки. Формула Ейлера-Пуанкаре для замкнутих орієнтуємих оболонок. Коректні та не коректні оболонки для цілей 3D моделювання.

#### **Методичні вказівки**

Розглянути що таке топологія, предмет цієї науки і в чому відмінність топології від класичної геометрії; які властивості тіл вивчає топологія і її місце в комп'ютерному моделюванні. Що собою являють топологічні об'єкти – дати їм визначення. Вивчити як розраховується Ейлерова характеристика оболонок та розглянути ряд прикладів по її розрахунку, розуміючи призначення цього розрахунку та як впливає формування додаткових вершин та граней на цю характеристику. Розглянути наступні топологічні властивості: зв'язність та орієнтованість. Що таке топологічний рід (genus) оболонки? Як впливає розрізання оболонки на її характеристики? Проаналізувати які оболонки є коректними для 3D моделювання з точки зору топології.

[1, С.99-118; 2 С.262-274; 4; 5]

#### **Питання для самоперевірки**

1. Дайте коротку характеристику топологічних об'єктів.
2. Укажіть топологічні особливості оболонок.



3. Укажіть порівняльні топологічні особливості вершин, ребер, циклів і граней.
4. Як визначається напрямок внутрішніх та зовнішніх циклів?
5. Розкрийте зміст поняття «Ейлерова характеристика оболонки».
6. Яка оболонка є простішою?
7. Розкрийте зміст поняття «зв'язність оболонки».
8. Розкрийте зміст поняття «орієнтованість оболонки».
9. Які є топологічні особливості листа Мебіуса?
10. Які є топологічні особливості пляшки Клейна?
11. Які є загальні принципи вибору оболонки для моделювання тіл?
12. Що таке топологічний рід (genus) оболонки?
13. Як визначити топологічний рід оболонки, якщо відоме число її граней, ребер, вершин і циклів?
14. Як формулюється теорема Пуанкаре?

#### **2.1.4 Системи геометричного моделювання – 14 / 18 годин**

Типи систем моделювання. Каркасне моделювання: особливості та застосування. Твердотільне моделювання: застосування, примітиви, булеві операції над примітивами. Види твердотільного моделювання: замітання, скінінг. Моделювання границь при твердотільному моделюванні. Поверхневе моделювання: замкнені та не замкнені оболонки; види та прийоми моделювання. Типи поверхонь при поверхневому моделюванні. Гібридне та небагатообразне моделювання.

#### **Методичні вказівки**

Вивчити що таке каркасне моделювання та області його застосування. Звернути на його обмеження стосовно неоднозначності визначення поверхонь та отворів.

При вивченні твердотільного моделювання розглянути геометричні примітиви та булеві операції над ними. Вивчити функції створення твердих тіл такі як трансляція, замітання, скінінг. Розглянути функції для зміни існуючих форм: підняття, плавне сполучення, округлювання; та функції що дозволяють маніпулювання складовими об'ємних тіл.

При розгляді поверхневого моделювання звернути увагу на сферу його застосування, послідовність та можливі операції над поверхнями. Особливу увагу приділити типам поверхонь, що застосовуються при поверхневому моделюванні.

Познайомитися з небагатообразним та гібридним моделюванням.

[1, С.36-40; 2, С.276-322; 3, С.115-155; 6; 7]

### Питання для самоперевірки

1. Назвіть основні види систем геометричного моделювання.
2. Які є особливості систем каркасного моделювання?
3. Які є особливості систем поверхневого моделювання?
4. Які є типи поверхонь при поверхневому моделюванні?
5. Які є особливості систем твердотільного моделювання?
6. В чому полягають особливості небагатообразних систем моделювання?
7. В чому полягає гібридне моделювання?
8. Які є особливості побудови тіл, отриманих рухом плоского контуру?
9. Як Ви розумієте суть побудови тіла видавлювання?
10. Як Ви розумієте суть побудови тіла обертання?
11. Як Ви розумієте суть побудови кінематичного тіла?
12. Які є особливості побудови тіла за плоскими перетинами?
13. Які є особливості побудови тіла у формі листа?
14. У чому полягають особливості застосування Булевих операцій над тілами?
15. Дайте визначення Булевим операціям.
16. Які дії можуть виконуватися з поверхнями?

### 2.1.5 Перетворювання систем координат – 8 / 10 годин

Однорідні координати. Операції над системами координат у матричній формі: трансляція, поворот, масштабування, відображення.

## Методичні вказівки

Повторити що таке однорідні координати та розширена матриця координат. Вивчити що таке трансляція, яким чином змінюються координати при трансляції та як вони визначаються в матричній формі; як записується векторне рівняння трансляції.

Вивчення повороту систем координат почати з повороту на площині та його описання за допомогою направляючих косинусів. Розглянути матричну форму повороту навколо однієї з осей у просторі.

Розглянути як відбувається масштабування у просторі. Звернути увагу, що масштабування може бути різним уздовж різних осей координат. Ознайомитися з матрицею масштабування.

Розглянути процес відображення як зміну координат зі зміною системи. Як розраховуються нові координати і як це пов'язано зі взаємним розташуванням систем.

[1, С.15-20; 2, С.11-21; 3, С.67-77]

## Питання для самоперевірки

1. Які є принципи перетворення декартових прямокутних координат?
2. Які є особливості перетворення координат точок у просторі?
3. Представте принципову схему перетворення координат двомірних точок.
4. Що таке і як описується трансляція у векторному вигляді?
5. Як у векторному вигляді описується поворот на площині та у просторі?
6. Надайте розрахункову схему для опису масштабування.
7. Як виглядає матриця та процес масштабування?
8. Що собою являє і як описується відображення?

## 2.1.6 Геометрія кривих та поверхонь – 7 / 10 годин

Параметрична форма рівнянь. Нормалізовані параметри. Геометрія кривих. Геометрія поверхонь. Дотична площина та нормальний перетин. Теорема Меньє. Головні напрями (перетини)

поверхні. Співвідношення між головними радіусами кривизни, точки перегину.

### Методичні вказівки

При розгляді цього питання повторити форми рівнянь кривих та поверхонь. Особливу увагу звернути на їх параметричну форму, що переважно застосовується в 3D моделюванні та на нормалізацію параметрів. Розглянути визначення кривизни лінії на ділянці та в точці. Що таке кінчні перетини? Розглянути рівняння деяких найбільш розповсюджених кривих в параметричній формі.

При вивченні геометрії поверхні приділити увагу наступним позиціям: визначення нормалі до поверхні в точці; визначення площини, дотичної до поверхні в точці; співвідношення між радіусами кривизни в нормальних та довільних перетинах; що таке головні напрямки (перетини) та головні радіуси кривизни; яке взаємне розташування головних перетинів; як класифікуються точки поверхні за значеннями головних радіусів кривизни.

[1, С.26-35; 2, С.22-45; 3, С.164-168]

### Питання для самоперевірки

1. Як записується векторне рівняння кривої у просторі?
2. Як записується векторне рівняння поверхні у просторі?
3. Як розраховується нормалізований параметр?
4. Як розраховується кривизна в точці?
5. Що таке лонгітуди та латерали?
6. Як визначається кривизна поверхні в перерізі відмінному від нормального?
7. Що таке головні напрямки або перерізи?
8. Чи є головні перерізи нормальними?
9. Як визначається радіус кривизни у довільному нормальному перерізі відмінному від головного?
10. Як розташовані головні перерізи відносно один до одного?
11. Які є різновиди точок поверхонь в залежності від значень радіусів кривизни в головних перерізах?

## **2.1.7 Представлення кривих та поверхонь в комп'ютерному 3D моделюванні – 14 / 18 годин**

Типи рівнянь кривих на площині. Плaskі аналітичні лінії. Лінії у просторі. Еквідистантні криві. Способи побудови плaskих кривих. Способи побудови просторових кривих. Типи рівнянь поверхонь. Білінійна поверхня. Клапоть Куна. Способи побудови поверхонь.

### **Методичні вказівки**

При розгляді цієї теми знову звернути увагу на параметричну форму рівнянь кривих та поверхонь та на те як виглядають їх векторні рівняння. Як записуються рівняння еквідистантних кривих, що дуже важливо при моделюванні оболонок та як математично записується умова перетину кривих. Розглянути класифікацію способів побудови плaskих та просторових ліній в тому числі таких як: зрізана крива, репараметризована крива, подовжена крива, складна крива.

Розглянути типи рівнянь поверхонь включаючи їх векторну форму. Розглянути послідовність побудови та описання білінійної поверхні та клапотя Куна. Уяснити зв'язок між клапотом Куна та білінійною поверхнею. Розглянути класифікацію способів побудови поверхонь та рівняння перетинання поверхонь.

[1, С.43-53, 86-91; 2, С.71-80; 145-168; 3, С.164-224] .

### **Питання для самоперевірки**

1. Назвіть принципи побудови математичних моделей кривих ліній.
2. Проведіть порівняльний аналіз основних аналітичних ліній.
3. Напишіть рівняння прямої лінії і дайте опис її параметрів.
4. Напишіть рівняння відрізка прямої лінії і дайте опис його параметрів.
5. Напишіть рівняння окружності і дайте опис її параметрів.
6. Напишіть рівняння еліпса і дайте опис його параметрів.
7. Напишіть рівняння гіперболи і дайте опис її параметрів.
8. Напишіть рівняння параболи і дайте опис її параметрів.
9. Які є особливості моделювання циліндричної спіралі?
10. Наведіть рівняння еквідистантних кривих.

11. Наведіть рівняння для перетину кривих.
12. Наведіть способи побудови двовимірних ліній.
13. Наведіть способи побудови тривимірних ліній.
14. Наведіть типи рівнянь поверхонь
15. Як будується білінійна поверхня?
16. Як будується клапоть Куна?
17. В чому принципова різниця між білінійною поверхнею та клапотем Куна?
18. Наведіть способи побудови поверхонь.

### **2.1.8 Апроксимація кривих та поверхонь в комп'ютерному 3D моделюванні. Сплайни – 14 / 18 годин**

Інтерполяція кривих та поверхонь як випадок апроксимації. Сплайн – цілі побудови. Сплайни Лагранжа та Ньютона. Криві Ерміта. Криві Без'є. В-Сплайн. Криві NURBS. Апроксимація поверхонь

#### **Методичні вказівки**

Розглянути що таке апроксимація взагалі та відносно 3D моделювання, що таке інтерполяційні криві та сплайни і для чого вони будуються. Розглянути види сплайнів та їх математичний опис: Лагранжа, Ньютона, Ерміта та ін. Особливу увагу приділити наступним сплайнам, а також областям застосування та співвідношенню між ними: сплайн Ерміта, крива Без'є, В-сплайн, NURBS-криві.

Розглянувши сплайни кривих, коротко ознайомитися з апроксимацією та сплайнами поверхонь та з їх особливостями.

[1, С.64-83, С.91-96; 2, С.81-140, С.169-183; 3, С.169-184, С.209-220].

#### **Питання для самоперевірки**

1. Для чого будуються інтерполяційні криві?
2. Що таке сплайн? Яке його призначення?
3. Наведіть рівняння ламаної лінії.
4. Як описується сплайн Ерміта?
5. Як описується сплайн Ньютона?
6. Назвіть основні властивості сплайна Ерміта.

7. Як будується крива Без'є?
8. Які основні властивості кривої Без'є?
9. Як будується В-сплайн?
10. Яка основна відмінність В-сплайну та кривої Без'є?
11. Назвіть особливості NURBS кривих.
12. Як створюються апроксимуючі поверхні?

### **2.1.9 Варіаційні зв'язки та параметричне моделювання – 7 / 10 годин**

Сфера використання. Накладання варіаційних зв'язків. Фіксуєчі зв'язки. Зв'язки точок та кривих. Алгебраїчні зв'язки.

#### **Методичні вказівки**

При розгляді цієї теми звернути увагу на сферу використання параметричного моделювання. Розглянути деякі з варіаційних зв'язків та їх математичне описання: фіксуєчі зв'язки; лінійний розмір; розмір уздовж однієї з координат; розмір уздовж довільного напрямку; суміщення точок; симетрія; кут між векторами; ортогональність векторів; паралельність векторів. Розглянути різницю між варіаційними та алгебраїчними зв'язками.

[2, С.324 - 337]

#### **Питання для самоперевірки**

1. Що таке варіаційні зв'язки та параметричне моделювання?
2. Коли застосовується параметричне моделювання?
3. Яким чином здійснюється керування об'єктами за допомогою варіаційних зв'язків?
4. Що і як описує фіксуєчий зв'язок?
5. Навіщо потрібні і якими можуть бути додаткові умови якщо варіаційним зв'язком є лінійний розмір?
6. Як записується розмір вздовж однієї з координат?
7. Як записується суміщення точок?
8. Як записується умова симетрії відносно площини?
9. Яке визначається кут між векторами?

10. Як записується умова ортогональності векторів?
11. Як записується умова паралельності векторів?
12. Що таке алгебраїчні зв'язки?

### 2.3 Контрольні питання

При підготовці до поточного та остаточного контролю знань – заліку з дисципліни студент може перевірити свою готовність, відповідаючи на нижченаведені питання, які охоплюють вузлові положення дисципліни „Теорія 3D моделювання”

1. Загальне поняття про матриці: види матриць.
2. Загальне поняття про матриці: операції над матрицями
3. Види перетворювання Декартової системи координат. Математичний опис трансляції.
4. Види перетворювання Декартової системи координат. Математичний опис повороту.
5. Види перетворювання Декартової системи координат. Математичний опис масштабування.
6. Види перетворювання Декартової системи координат. Математичний опис відображення.
7. Загальне поняття про вектори та векторні рівняння.
8. Операції з векторами
9. Векторні рівняння у параметричному вигляді: загальний вигляд. Нормалізовані параметри.
10. Системи геометричного моделювання: каркасне моделювання
11. Системи геометричного моделювання: твердотільне моделювання.
12. Системи геометричного моделювання: поверхневе моделювання.
13. Системи геометричного моделювання: небагатообразне та гібридне моделювання.
14. Послідовність поверхневого моделювання.
15. Типи поверхонь при поверхневому моделюванні.
16. Булеві операції при твердотільному моделюванні.
17. Типи рівнянь кривих: пласкі аналітичні лінії



18. Еквідистантні криві та перетин кривих – векторні рівняння
19. Геометрія кривих ліній та їх спосіб задання на площині
20. Геометрія кривих ліній та їх спосіб задання у просторі
21. Поняття про кривизну ліній та поверхонь. Способи визначення
22. Геометрія поверхонь. Дотична та нормальна площини, їх математичний опис.
23. Апроксимація кривих і поверхонь: інтерполяція Ерміта
24. Апроксимація кривих і поверхонь: інтерполяція Безьє
25. Апроксимація кривих і поверхонь: інтерполяція В-Сплайном
26. Апроксимація кривих і поверхонь: інтерполяція NURBS
27. Типи рівнянь поверхонь
28. Способи відображення поверхонь - білінійна поверхня
29. Способи відображення поверхонь - лоскут Куна
30. Загальне поняття про оболочки, топологію та топологічні об'єкти
31. Топологія оболочок. Ейлерова характеристика оболочок.
32. Зв'язність оболочок
33. Поняття про орієнтируемість оболочок.
34. Варіаційне (параметричне) моделювання – загальні поняття.
35. Застосування параметричного моделювання та зв'язуючих рівнянь
36. Варіаційні зв'язки точок
37. Варіаційні зв'язки: лінійний розмір та співставлення точок
38. Варіаційні зв'язки: запис умов симетрії та паралельності векторів.
39. Варіаційні зв'язки: запис кутових розмірів
40. Конструктивне твердотільне моделювання та дерево побудови

### **3. КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ**

На підставі робочої програми дисципліни та вимог кредитно-модульної системи організації навчального процесу кафедра розробляє контрольні заходи з перевірки якості засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни.

Контрольні заходи з дисципліни „Теорія 3D моделювання” передбачають наступні кваліфікаційні завдання:

- опитування за окремими темами лекційного курсу;
- виконання та захист звітів практичних робіт;
- складання екзамену;

Склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів дисципліни, надаються у відповідних робочих програмах.

Для закріплення поточних знань на протязі семестру, до проведення підсумкового модульного контролю, проводяться контрольні заходи (письмове опитування студентів за матеріалами лекцій, що були прочитані), на підставі яких студент отримує загальну оцінку. Слід зазначити, що всі плануємі заходи повині бути складені позитивно. Негативна оцінка з будь якого контрольного заходу свідчить про незасвоєння студентом навчального матеріалу.

Студент, який одержав за результатами модульного контролю позитивні оцінки, виконав всі завдання, що передбачені робочим навчальним планом дисципліни, допускається до екзамену.

Студент, який отримав на модульному контролі незадовільну оцінку або не з'явився на нього, має можливість повторного складання протягом одного-двох тижнів.

Екзамен складається в письмовому вигляді як відповідь на білет, що має три питання. Оцінка відповіді на кожне з питань здійснюється за критеріями, наведеними в Табл. 3.1:

Таблиця 3.1 – Критерії оцінювання відповідей на екзаменаційні питання

<b>I питання</b>		<b>бали</b>
1. Ступінь розкриття питання	Оцінка по кожному критерию виставляється від «0» до «6» балів	
2. Відповідність повноти відповіді рівню курсу, що вивчається		
3. Вміння використовувати комплекс знань з окремих тем при обґрунтуванні відповіді		
4. Використання науково-професійного стилю у викладанні матеріалу		
5. Логічна послідовність та конкретизація у відповіді		
Максимальна загальна кількість балів		30 балів
<b>II питання</b>		
1. Ступінь розкриття питання	Оцінка по кожному критерию виставляється від «0» до «8» балів	
2. Відповідність повноти відповіді рівню, що вивчається		
3. Вміння використовувати комплекс знань з окремих тем при обґрунтуванні відповіді		
4. Використання науково-професійного стилю у викладанні матеріалу		
5. Логічна послідовність та конкретизація у відповіді		
Максимальна загальна кількість балів		40 балів
<b>III питання</b>		
1. Ступінь розкриття питання	Оцінка по кожному критерию виставляється від «0» до «6» балів	
2. Відповідність повноти відповіді рівню, що вивчається		
3. Вміння використовувати комплекс знань з окремих тем при обґрунтуванні відповіді		
4. Використання науково-професійного стилю у викладанні матеріалу		
5. Логічна послідовність та конкретизація у відповіді		
Максимальна загальна кількість балів		30 балів
Максимальна загальна кількість балів		100 балів

Підсумкова оцінка, що отримує студент за результатами вивчення курсу включає оцінку, отриману на екзамені згідно Табл. 3.1 з ваговим коефіцієнтом 0,6 та оцінку за підсумками роботи на протязі семестру (поточне тестування та виконання практичних робіт) згідно Табл. 3.2

Таблиця 3.2 – Підсумкові критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота									Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль №1				Змістовий модуль № 2						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	60	100
3	5	5	5	4	4	5	5	4		

Підсумкова шкала оцінювання має вигляд згідно табл. 3.3

Таблиця 3.3 - Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсowego проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
85-89	<b>B</b>	добре	
75-84	<b>C</b>		
70-74	<b>D</b>		
60-69	<b>E</b>	задовільно	
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 4. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається частковий перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні дисципліни «Теорія 3D моделювання». Слід мати на увазі, що джерела, які можуть бути використані, не обмежуються тільки цим переліком.

### Базова

1. Грабченко А.І. Теорія 3D моделювання / А.І.Грабченко, В.Л.Доброскок. – Х.: НТУ "ХПІ", 2009. – 230 с.
2. Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование / Н.Н.Голованов. – М.: Издательство «Физматлит», 2002. – 472 с.
3. Кунву Ли. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / Ли Кунву. – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.

### Допоміжна

4. Смирнов С.Г. Прогулки по замкнутым поверхностям / С.Г.Смирнов – М.: МЦМНО, 2003. – 28 с.
5. Болтянский В.Г. Наглядная топология / В.Г. Болтянский, В.А. Ефремович – М.: Наука, 1983. – 160 с.
6. Delcam. PowerShape 7080. Учебный курс. – Birmingham: Delcam, 2006. – 244 с.
7. Медведев Ф.В. Автоматизированное проектирование и производство деталей сложной геометрии на базе программного комплекса PowerSolution: Учеб. пособие / Ф.В. Медведев, И.В. Нагаев Под общ. ред. А.Г. Громашева. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005 – 167 с.

### Інформаційні ресурси

1. 3-D моделювання: Програми та реалізація. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sites.google.com/site/3dmodenaprogramitarealizacia/>

### Навчально-методична література

1. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни “Теорія 3D моделювання” Для студентів спеціальностей: 131 Прикладна механіка - освітня програма «Технології машинобудування»; 133 Галузеве машинобудування - освітня програма «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання / Укл. М.В.Фролов, П.В.Глушко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018.- 54 с.
2. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія 3D моделювання». Для студентів спеціальностей: 131 Прикладна механіка - освітня програма «Технології машинобудування»; 133 Галузеве машинобудування - освітня програма «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання / Укл.: М.В.Фролов – ЗНТУ, 2018. – 94 с.