

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

Інститут інженерної механіки  
Кафедра нафтогазових машин та обладнання

ЗАТВЕРДЖУЮ



Директор інституту інженерної механіки

Любомир РОМАНИШИН

” 09 2022 р.

**Моделювання в проектуванні машин та обладнання**

**РОБОЧА ПРОГРАМА**

Другий (магістерський) рівень  
(рівень вищої освіти)

Галузь знань

18 Виробництво і технології  
(шифр і назва)

Спеціальність

185 Нафтогазова інженерія та технології  
(шифр і назва)

Освітньо-професійна  
програма

Обладнання нафтових і газових промислів  
(шифр і назва)

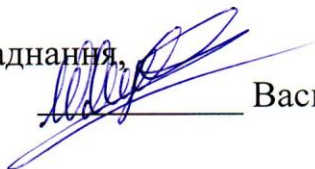
Вид дисципліни

обов'язкова  
(обов'язкова/вибіркова)

Робоча програма дисципліни «Моделювання в проектуванні машин та обладнання» для студентів, що навчаються за освітньо-професійною програмою «Обладнання нафтових і газових промислів» спеціальності 185 "Нафтогазова інженерія та технології" на здобуття ступеня магістр.

**Розробник:**

доцент кафедри нафтогазових машин та обладнання,  
кандидат технічних наук, доцент



Василь МИХАЙЛЮК

Робоча програма розглянута на засіданні кафедри нафтогазових машин та обладнання. Протокол від «31» серпня 2022 року № 1.

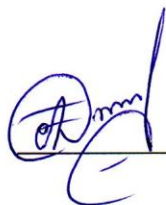
Завідувач кафедри нафтогазових  
машин та обладнання



Ярослав ФЕДОРОВИЧ

Узгоджено:

Гарант освітньо-професійної програми  
«Обладнання нафтових і газових промислів»



Андрій ДЖУС

## 1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Ресурс годин на вивчення дисципліни "Моделювання в проектуванні машин та обладнання" за чинним НП, розподіл по семестрах і видах навчальної роботи для різних форм навчання характеризує таблиця 1.

Таблиця 1 – Розподіл годин, виділених на вивчення дисципліни "Моделювання в проектуванні машин та обладнання"

| Найменування показників                                  | Всього                     |                              | Розподіл по семестрах      |                              |
|----------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
|                                                          |                            |                              | Семестр 2                  |                              |
|                                                          | денна форма навчання (ДФН) | заочна форма навчання (ЗФН)* | денна форма навчання (ДФН) | заочна форма навчання (ЗФН)* |
| Кількість кредитів ECTS                                  | 4                          | 4                            | 4                          | 4                            |
| Кількість модулів                                        | 1                          | 1                            | 1                          | 1                            |
| Загальний обсяг часу, год, у т.ч.                        | 120                        | 120                          | 120                        | 120                          |
| Аудиторні заняття, год, у т.ч.                           | 30                         | 10                           | 30                         | 10                           |
| лекційні заняття                                         | 16                         | 6                            | 16                         | 6                            |
| семінарські заняття                                      | -                          | -                            | -                          | -                            |
| практичні заняття                                        | 14                         | 4                            | 14                         | 4                            |
| лабораторні заняття                                      | -                          | -                            | -                          | -                            |
| Самостійна робота, год, у т.ч.                           | 90                         | 110                          | 90                         | 110                          |
| виконання курсового проекту (роботи)                     | -                          | -                            | -                          | -                            |
| виконання контрольних робіт                              | -                          | -                            | -                          | -                            |
| опрацювання матеріалу, викладеного на лекціях            | 20                         | 20                           | 20                         | 20                           |
| опрацювання матеріалу, винесеного на самостійне вивчення | 20                         | 40                           | 20                         | 40                           |
| підготовка до практичних занять та контрольних заходів   | 20                         | 20                           | 20                         | 20                           |
| підготовка звітів з лабораторних робіт                   | -                          | -                            | -                          | -                            |
| Підготовка до екзамену                                   | 30                         | 30                           | 30                         | 30                           |
| Форма семестрового контролю                              | екзамен                    | екзамен                      | екзамен                    | екзамен                      |

## 2 МЕТА І ЗАДАЧІ ДИСЦИПЛІНИ

**Мета вивчення дисципліни** полягає у теоретичній та практичній підготовці майбутніх інженерів-механіків для проектування (імітаційного моделювання, розрахунку) нафтогазових машин та обладнання. Значна увага приділяється особливостям застосування сучасних CAD і CAE систем для розв'язання задач механіки твердого тіла та гідрогазодинаміки.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів компетентностей, передбачених освітньо-професійною програмою:

**загальних:**

ЗК3. Здатність працювати в міжнародному контексті та в глобальному інформаційному середовищі за фахом.

ЗК4. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

**спеціальних (фахових):**

СК 4. Здатність до розробки та впровадження інновацій щодо вдосконалення технологій та підвищення технічного рівня систем в нафтогазовій галузі.

СК 5. Здатність застосовувати сучасні методи математичного моделювання при дослідженні обладнання для реалізації процесів розробки нафтогазових родовищ, прогресивних технологій буріння свердловин, видобування, транспортування та зберігання нафти і газу.

Результати навчання дисципліни деталізують такі програмні результати навчання, передбачені освітньо-професійною програмою:

РН 3. Вміти абстрактно мислити, виконувати системний аналіз та синтез при розробленні технологічних та розрахункових схем технічних систем, засобів.

РН 6. Розробляти та реалізувати інноваційні продукти й заходи щодо вдосконалення та підвищення технічного рівня систем і технологій в нафтогазовій галузі для забезпечення їх конкурентоспроможності.

РН 8. Розробляти проектно-конструкторську документацію на нафтогазові системи, технології та технічні засоби.

РН 10. Створювати фізичні, математичні, комп'ютерні моделі для вирішування дослідницьких, проектувальних, організаційних і технологічних задач.

РН 11. Аналізувати, оцінювати і застосовувати сучасні програмні та апаратні платформи для розв'язання складних задач нафтогазової інженерії.

### 3 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

#### 3.1 Тематичний план лекційних занять

Тематичний план лекційних занять дисципліни "Моделювання в проектуванні машин та обладнання" характеризує таблиця 2.

Таблиця 2 – Тематичний план лекційних занять

| Шифр        | Назви модулів (М), змістових модулів (ЗМ), тем (Т) та їх зміст                                                                                                                                                                                                   | Обсяг годин |          | Література       |                   |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|------------------|-------------------|
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                  | ДФН         | ЗФН      | порядковий номер | розділ, підрозділ |
| 1           | 2                                                                                                                                                                                                                                                                | 3           | 4        | 5                | 6                 |
| <b>М</b>    | <b>Моделювання в проектуванні машин та обладнання</b>                                                                                                                                                                                                            | <b>16</b>   | <b>6</b> |                  |                   |
| <b>ЗМ 1</b> | <b>Загальні відомості про імітаційне моделювання та оцінку достовірності отриманих результатів</b>                                                                                                                                                               | <b>4</b>    | <b>2</b> |                  |                   |
| Т 1.1       | Презентація дисципліни. Основні поняття та їх тлумачення. Класифікація методів моделювання. Оцінка достовірності результатів моделювання: критерії перевірки, одиничний експеримент, математичний розрахунок, співставлення результатів.                         | 2           | 2        | 2                |                   |
| Т 1.2       | Використання тривимірних та осесиметричних моделей під час імітаційного моделювання. Особливості обробки результатів моделювання: використання циліндричної системи координат, визначення параметрів у необхідних точках моделі, побудова графічних залежностей. | 2           |          | 2, 7, 8          |                   |
| <b>ЗМ 2</b> | <b>Моделювання елементів нафтогазових машин та обладнання методом скінченних елементів</b>                                                                                                                                                                       | <b>6</b>    | <b>2</b> |                  |                   |
| Т 2.1       | Моделювання конструкцій нафтогазових машин та обладнання під дією статичних навантажень. Задання матеріалів для різних деталей конструкції. Врахування взаємодії між елементами конструкції. Прикладання граничних умов. Аналіз результатів моделювання.         | 2           | 2        | 2, 3, 7, 8       |                   |
| Т 2.2       | Оптимізація конструкції елементів нафтогазових машин та обладнання за допомогою імітаційного моделювання. Змінні параметри, критерії оптимальності, цілі оптимізації.                                                                                            | 2           |          | 2, 3, 7, 8       |                   |
| Т 2.3       | Дослідження довговічності елементів нафтогазового обладнання за допомогою імітаційного моделювання.                                                                                                                                                              | 2           |          | 2, 3, 7, 8       |                   |
| <b>ЗМ 3</b> | <b>Моделювання гідрогазодинамічних процесів в нафтогазових машинах та обладнанні методом скінченних об'ємів</b>                                                                                                                                                  | <b>6</b>    | <b>2</b> |                  |                   |
| Т 3.1       | Моделювання гідрогазодинамічних процесів в нафтогазових машинах та обладнанні. Створення та задання середовищ, врахування взаємодії між середовищем та конструкцією. Прикладання граничних умов. Аналіз результатів моделювання.                                 | 2           |          | 9, 10            |                   |
| Т 3.2       | Застосування модуля «Розрахунок частинок» для дослідження ефективності сепараційного обладнання: фільтрів, гідроциклонів, сепараторів.                                                                                                                           | 2           | 2        | 9, 10            |                   |
| Т 3.3       | Застосування модуля «Розрахунок частинок» для дослідження зносу елементів нафтогазових машин та обладнання.                                                                                                                                                      | 2           |          | 5, 10            |                   |

Всього: М – змістових модулів 3.

### 3.2 Практичні заняття

Теми практичних занять з дисципліни "Моделювання в проектуванні машин та обладнання" наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Теми практичних занять

| Шифр        | Назви модулів (М), змістових модулів (ЗМ), та тем практичних занять                                             | Обсяг годин |          | Література       |                   |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|------------------|-------------------|
|             |                                                                                                                 | ДФН         | ЗФН      | порядковий номер | розділ, підрозділ |
| 1           | 2                                                                                                               | 3           | 4        | 5                | 6                 |
| <b>М</b>    | <b>Моделювання в проектуванні машин та обладнання</b>                                                           | <b>14</b>   | <b>4</b> |                  |                   |
| <b>ЗМ 1</b> | <b>Загальні відомості про імітаційне моделювання та оцінку достовірності отриманих результатів</b>              | <b>4</b>    |          |                  |                   |
| П 1.1       | Дослідження напружено-деформованого стану циліндрової втулки бурового насоса (осесиметрична модель).            | 2           |          | 2 п              |                   |
| П 1.2       | Моделювання фланцевого з'єднання.                                                                               | 2           |          | 2 п              |                   |
| <b>ЗМ 2</b> | <b>Моделювання елементів нафтогазових машин та обладнання методом скінченних елементів</b>                      | <b>6</b>    | <b>2</b> |                  |                   |
| П 2.1       | Моделювання елементів нафтогазових машин та обладнання, що піддаються статичним навантаженням                   | 2           | 2        | 1 п              |                   |
| П 2.2       | Оптимізація конструкції шківів кронблока                                                                        | 2           |          | 2 п              |                   |
| П 2.3       | Оцінка довговічності конструкції                                                                                | 2           |          | 1 п              |                   |
| <b>ЗМ 3</b> | <b>Моделювання гідрогазодинамічних процесів в нафтогазових машинах та обладнанні методом скінченних об'ємів</b> | <b>4</b>    | <b>2</b> |                  |                   |
| П 3.1       | Дослідження ефективності гідроциклону                                                                           | 2           | 2        | 3 п              |                   |
| П 3.2       | Дослідження величини зносу елементів обв'язки компресора                                                        | 2           |          | 3 п              |                   |

### 3.3 Планування самостійної роботи студента

Перелік матеріалу, який виноситься на самостійне опрацювання студентами подано в таблиці 4.

Таблиця 4 – Матеріал, що виноситься на самостійну роботу студента

| Шифри       | Назви модулів (М), змістових модулів (ЗМ), та тем практичних занять                                                                                                                                                                                       | Обсяг годин |           | Література       |                   |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|------------------|-------------------|
|             |                                                                                                                                                                                                                                                           | ДФН         | ЗФН       | порядковий номер | розділ, підрозділ |
| 1           | 2                                                                                                                                                                                                                                                         | 3           | 4         | 5                | 6                 |
| <b>М</b>    | <b>Моделювання в проектуванні машин та обладнання</b>                                                                                                                                                                                                     | <b>20</b>   | <b>40</b> |                  |                   |
| <b>ЗМ 1</b> | <b>Загальні відомості про імітаційне моделювання та оцінку достовірності отриманих результатів</b>                                                                                                                                                        | <b>4</b>    | <b>8</b>  |                  |                   |
| Т 1.1       | Методи моделювання, що застосовуються під час дослідження нафтогазових машин та обладнання.                                                                                                                                                               | 2           | 4         | 2, 3, 7, 8, 1 с  |                   |
| Т 1.2       | Застосування 2D-спрощень тривимірних моделей залежно від їх конструкції та навантажень, що прикладаються.                                                                                                                                                 | 2           | 4         | 2, 3, 5, 1 с     |                   |
| <b>ЗМ 2</b> | <b>Моделювання елементів нафтогазових машин та обладнання методом скінченних елементів</b>                                                                                                                                                                | <b>10</b>   | <b>20</b> |                  |                   |
| Т 2.1       | Розрахунок на міцність конструкції.<br>Постановка завдання на дослідження (розроблення розрахункової схеми, вибір вхідних даних).                                                                                                                         | 2           | 4         | 7, 8, 1 с        |                   |
| Т 2.2       | Визначення граничних умов (обмежень, навантажень). Перегляд отриманих результатів. Аналіз результатів проведеного дослідження.                                                                                                                            | 2           | 4         | 2, 7, 8, 1 с     |                   |
| Т 2.3       | Послідовність виконання дослідження на оцінку довговічності конструкції. Застосування кривої втоми (крива SN) для матеріалу деталей конструкції. Аналіз результатів проведеного дослідження оцінки довговічності конструкції.                             | 2           | 4         | 2, 7, 1 с        |                   |
| Т 2.4       | Послідовність виконання оптимізації конструкції.<br>Вибір змінних параметрів конструкції для виконання її оптимізації. Застосування обмежень у процесі оптимізації конструкції. Цілі оптимізації конструкції. Аналіз результатів оптимізації конструкції. | 4           | 8         | 2, 3, 7, 1 с     |                   |
| <b>ЗМ 3</b> | <b>Моделювання гідрогазодинамічних процесів в нафтогазових машинах та обладнанні методом скінченних об'ємів</b>                                                                                                                                           | <b>6</b>    | <b>12</b> |                  |                   |
| Т 3.1       | Робота у прикладному модулі FlowSimulation програми SolidWorks. Виведення на екран результатів моделювання. Налаштування параметрів епюр. Налаштування відображення досліджуваної моделі.                                                                 | 2           | 4         | 7, 8, 1 с, 3 п   |                   |
| Т 3.2       | Моделювання із застосуванням модуля «Розрахунок частинок». Виведення на екран результатів моделювання. Налаштування параметрів епюр. Налаштування відображення досліджуваної моделі.                                                                      | 2           | 4         | 7, 8, 1 с, 3 п   |                   |
| Т 3.3       | Робота у модулі «Розрахунок частинок» для дослідженні зносу елементів нафтогазових машин та обладнання. Виведення на екран результатів моделювання. Налаштування параметрів епюр. Налаштування відображення досліджуваної моделі.                         | 2           | 4         | 7, 8, 1 с, 3 п   |                   |

## 4 НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

### 4.1 Основна література

1. Шкіца Л.Є., Корнута О. В., Бекіш І. О., Павлик І. В. Інженерна графіка: навчальний посібник. Івано-Франківськ, 2015. 301 с.
2. Комп'ютерне проектування: Конспект лекцій / Уклад. С.П. Солодкий, 2013 р. 100 с.
3. Білецький В.С. Моделювання у нафтогазовій інженерії: навчальний посібник. Львів. 2021. 306 с.

### 4.2 Додаткова література

4. Ванін В. В., Блюк А.В., Гнітецька Г.О. Оформлення конструкторської документації: Навч.посібник. 4-е вид., випр. І доп. Київ, “Каравела”, 2012. 200 с.
5. Дейнега Р. О., Чумаченко Я. В., Фафлей О. Я., Мельник В. О., Михайлюк В. В., & Ященко Д. О. Особливості дослідження зношування елементів фонтанних арматур методом імітаційного моделювання. *Розвідка та розробка нафтогазових родовищ*. 2020. №1(74). С. 45–52.
6. Білецький Я. С., Шимко Т. Я., Білецька І. Я., Сенюшкович М. В., Михайлюк В. В., & Дейнега Р. О. Дослідження гідродинамічних параметрів та модернізація елементів бурового долота PDC. *Нафтогазова енергетика*. 2020. № 2(34). С. 46–55.
7. Huei-Huang Lee. Mechanics of Materials Labs with SolidWorks Simulation 2014 / 2014. – 278 с.
8. Фафлей, О. Я., Михайлюк, В. В., Рачкевич, Р. В., Дейнега, Р. О., Різничук, А. І., & Кравчук, Р. С. . (2021). Особливості дослідження різьбових з'єднань за допомогою методу кінцевих елементів. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*, (1(50), 62–69. [https://doi.org/10.31471/1993-9965-2021-1\(50\)-62-69](https://doi.org/10.31471/1993-9965-2021-1(50)-62-69)
9. Михайлюк В. В., Фафлей О. Я., Мельник В. О., Захара І. Я., Малишев А. Р., & Процюк, Г. Я. (2022). Моделювання газового вертикального сіткового сепаратора. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*, (1(52), 91–100. [https://doi.org/10.31471/1993-9965-2022-1\(52\)-91-100](https://doi.org/10.31471/1993-9965-2022-1(52)-91-100).
10. Фафлей О. Я., Дейнега Р. О., Михайлюк В. В., Семенчук А. В., Звір Б. І. (2020). Оцінка ефективності свердловинного фільтра застосуванням імітаційного моделювання. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*, (2(75), 24–31. [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-2\(75\)-24-31](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-2(75)-24-31)

### 4.3 Література та методичне забезпечення практичних робіт

- 1 п Лях М. М., Михайлюк В. В., Дейнега Р. О., Гойсан І. М. Основи моделювання: Лабораторний практикум. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013. 111с.
- 2 п Моделювання в проектуванні машин. Практикум (електронний варіант).
- 3 п Керівні документи модуля FlowSimulation програми SolidWorks.

### 4.4 Література та методичне забезпечення самостійної роботи

- 1 с Моделювання в проектуванні машин. Основи моделювання: методичні вказівки для вивчення дисципліни (електронний варіант).

#### **4.5 Інтернет ресурси**

11. <https://www.solidworks.com>
12. [https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/732951/mod\\_resource/content/0/Uchebnik\\_SolidWorks\\_Flow\\_Simulations\\_2009.pdf](https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/732951/mod_resource/content/0/Uchebnik_SolidWorks_Flow_Simulations_2009.pdf)

## **5 ФОРМИ ТА МЕТОДИ НАВЧАННЯ**

Під час викладання та вивчення дисципліни "Моделювання в проектуванні машин та обладнання" використовуються такі форми навчання: лекції; практичні заняття; самостійна робота (опрацювання лекційного матеріалу, опрацювання питань винесених на самостійне вивчення, підготовка до практичних занять, виконання звітів з практичних занять, підготовка до контрольних заходів та екзамену).

Загалом під час вивчення дисципліни "Моделювання в проектуванні машин та обладнання" відповідно до наказу № 150 від 24.06.2021 р. використовуються такі методи навчання: МН 1 – словесні методи (МН 1.1 – лекція, МН 1.3 – бесіда, МН 1.4 – інструктаж); МН 2 – наочні методи (МН 2.1 – ілюстрування; МН 2.2 – демонстрування, МН 2.4 – комп'ютерні і мультимедійні методи); МН 3 – практичні методи (МН 3.4 – практичні роботи); МН 7 – аналітичний метод; МН 9 – порівняння; МН 17 – дослідницький метод; МН 18 – методи самостійної роботи вдома; МН 19 – робота під керівництвом викладача.

## **6 ПОЛІТИКА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Звіти з практичних робіт здані з порушенням встановлених термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку (50 % від максимально можливої кількості балів).

Відвідування занять є обов'язковим. Пропущені з будь-яких причин заняття повинні бути відпрацьовані на індивідуальній консультації в присутності викладача. Консультації проводяться відповідно до встановленого графіка. У випадку мобільності, стажування або навчання за дуальною формою здобувач може навчатися згідно з індивідуальним планом. В цьому разі план індивідуального навчання узгоджується з викладачем на початку семестру.

Допуск до складання екзамену студент отримує після успішного виконання всіх видів робіт, передбачених робочою програмою дисципліни. Студенти допускаються до екзамену, якщо вони не мають пропущених занять і їх підсумковий рейтинговий бал становить не менше, ніж 35 балів.

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються. Списувати під час виконання практичних робіт, контролю засвоєння теоретичних знань чи підсумкової атестації заборонено. У разі виявлення плагіату чи недотримання вимог академічної доброчесності робота не зараховується. Студент має змогу повторно виконати завдання.

## 7 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА СХЕМА НАРАХУВАННЯ БАЛІВ

Схема нарахування балів у процесі оцінювання знань студентів з дисципліни "Моделювання в проектуванні машин та обладнання" наведена у таблиці 6.

Таблиця 6 – Схема нарахування балів у процесі оцінювання знань студентів з дисципліни "Моделювання в проектуванні машин та обладнання"

| Види робіт, що контролюються                                                     | Максимальна кількість балів |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Контроль засвоєння теоретичних знань модуля М1                                   | 30                          |
| Контроль практичних навиків при виконанні семи практичних робіт модуля М1 (7х10) | 70                          |
| Усього                                                                           | 100                         |

Оцінка з дисципліни виставляється студенту відповідно до чинної шкали оцінювання, що наведена нижче.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ECTS | Оцінка за національною шкалою                              |
|----------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------|
|                                              |             | для екзамену, диференційованого заліку                     |
| 90 - 100                                     | A           | Відмінно                                                   |
| 82 – 89                                      | B           | Добре                                                      |
| 75 – 81                                      | C           |                                                            |
| 67 – 74                                      | D           |                                                            |
| 60 – 66                                      | E           | Задовільно                                                 |
| 35 – 59                                      | FX          | Незадовільно з можливістю повторного складання             |
| 0 - 34                                       | F           | Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |