

# СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## «Математичне моделювання з використанням обчислювальної техніки у наукових дослідженнях»

Рівень вищої освіти	Доктор філософії
Освітня програма	184 Гірництво
Тривалість викладання	5 чверть
Заняття:	2019-2020 н.р.
Лекції	четвер 9:30-10:55, ауд. 10/610
Практичні	четвер 11:20-12:55, ауд. 10/610
Мова викладання	українська
Кафедра, що викладає	Вищої математики




Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»

<https://do.nmu.org.ua/mod/page/view.php?id=50859>

Консультації: 14.30-15.50, щовівторка (крім святкових днів), ауд. 5/33

Онлайн-консультації \*: Viber – група «Консультації РНд»

### Інформація про викладача:

	Сдвижкова Олена Олександрівна (лекції та практичні)	Доктор технічних наук, професор
	Персональна сторінка	<a href="https://vm.nmu.org.ua/staff.html">https://vm.nmu.org.ua/staff.html</a>
	Е-пошта:	<a href="mailto:sdvyzhkova.o.o@nmu.one">sdvyzhkova.o.o@nmu.one</a>

### 1. Анотація до курсу

Літосфера, гідросфера, атмосфера та біосфера складають природне середовище, в якому розвивається соціум і відбувається техногенна діяльність людини. Її вплив на довкілля з часом стає настільки потужним, що вже сприймається як новий фактор, який викликає поступові негативні зміни в геологічному середовищі. Останніми роками ці зміни стали настільки інтенсивними, що сам процес має тенденцію стати незворотнім і може призвести до екологічної катастрофи планетарного масштабу. Її попередження неможливо без глибокого розуміння процесів у порушеному гірському масиві, що потребує комплексного застосування методів моделювання та засобів спостереження за станом довкілля. Теоретичну основу прогнозування можливих антропогенних змін і обґрунтування заходів підвищення стійкості біосфери в умовах техногенного розвитку суспільства складають математичні, фізичні, інформаційні моделі різноманітних процесів.

Дослідження цих складних моделей на сучасному етапі розвитку науки неможливо без використання інформаційних технологій та обчислюваної

техніки. В практику наукових розробок та інженерного дизайну впевнено увійшли чисельні методи розв'язку систем диференційних рівнянь, які здебільшого складають математичну модель процесу.

В НТУ «Дніпровська політехніка» вже кілька десятиліть розвиваються школи чисельного (цифрового) моделювання напружено-деформованого стану різних об'єктів: деталей машин і механізмів, будівельних конструкцій, а також породного масиву навколо гірських виробок та підземних споруд. Ми розробляємо власні алгоритми та використовуємо найсучасніші всесвітньо відомі програмні продукти, що реалізують ефективні методи цифрового моделювання: : RS3, RS2, PLAXIS, ANSYS, ABACUS, SolidWorks, FLAC. Ми розуміємо невизначеність факторів, що впливають на функціонування складних об'єктів та розвиваємо власні стохастичні моделі та їх у реалізацію за допомогою обчислюваної техніки, використовуємо світові аналоги, що реалізуються в програмних кодах PFC2D , PFC3D (ITASCA) та інших.

Ми розповімо про можливості всесвітньо відомих програмних продуктів на різних етапах виконання наукової роботи, принципи створення власних математичних моделей досліджуваних об'єктів та процесів, зробимо акценти на запобіганні типових помилок під час використання ліцензійних програмних продуктів.

## **2. Мета та завдання навчальної дисципліни**

**Мета** – ознайомлення студентів з новітніми методами математичного моделювання процесів та систем в гірництві , набуття знань щодо побудови чисельних алгоритмів в наукових задачах гірництва та їхньої комп'ютерної реалізації, розвиток компетенцій щодо встановлення та аналізу наукових закономірностей, що отримані за допомогою обчислюваної техніки.

### **Завдання курсу:**

- опанувати принципи побудови математичних моделей систем, об'єктів, процесів та розробки чисельних алгоритмів реалізації цих моделей.
- опанувати можливості чисельного розв'язку диференційних та інтегральних рівнянь за допомогою програмних пакетів, що реалізуються обчислюваною технікою;
- ознайомитись з алгоритмами найбільш ефективних чисельних методів: скінчених елементів, скінчених різниць, граничних елементів, дискретних елементів;
- ознайомитись з найбільш відомими програмними продуктами, що реалізують ці методи: RS3, RS2, PLAXIS, ANSYS, ABACUS, SolidWorks, FLAC, PFC2D , PFC3D
- опанувати принципи виконання обчислювального експерименту за допомогою обчислюваної техніки та представлення його результату

- опанувати принципи урахування стохастичної компоненти в досліджуваних процесах та застосовувати імітаційне моделювання.

### 3. Результати навчання:

- використовувати новітні чисельні методи для математичного моделювання процесів у породному середовищі, а також в інших сферах гірництва;
- застосовувати всесвітньо відомі програмні продукти, а також розробляти та вдосконалювати власне програмне забезпечення для побудови та дослідження математичних моделей у різних сферах гірництва;
- виконувати математичний аналіз результатів та встановлювати математично обґрунтовані наукові закономірності на підставі комп'ютерного моделювання та виконання обчислюваного експерименту.

### 4. Структура курсу

#### 4 ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Вид навчальних занять	Обсяг, години	Розподіл за формами навчання, години					
		денна		вечірня		заочна	
		аудиторні заняття	самостійна робота	аудиторні заняття	самостійна робота	аудиторні заняття	самостійна робота
лекційні		47		-	-		
практичні		33		-	-		
лабораторні	-	-	-	-	-		
семінари	-	-	-	-	-		
<b>РАЗОМ</b>	<b>150</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>-</b>	<b>-</b>		

#### 5 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Види, тематика навчальних занять, шифри та зміст результатів навчання за дисципліною	Обсяг, години		
		аудит.	СРС	разом
	<b>ЛЕКЦІЇ</b>			
1	Огляд чисельних методів, що застосовуються для моделювання геомеханічних процесів в породних масивах: метод скінчених елементів, метод скінчених різниць, метод граничних елементів, метод дискретних елементів.	3	3	6

2	Огляд всесвітньо відомих програмних продуктів, що реалізують чисельні методи аналізу геомеханічних процесів в породному середовищі: RS3, RS2, PLAXIS, ANSYS, ABACUS, SolidWorks, FLAC, PFC2D , PFC3D	3	3	6
3	Варіаційні принципи в механіці. Алгоритм методу скінчених елементів (МСЕ). Принципи формування глобальної матриці жорсткості системи за допомогою обчислюваної техніки.	4	4	8
4.	Алгоритми методів скінчених різниць та граничних елементів. Принцип суперпозиції. Реалізація чисельних алгоритмів в програмних кодах за допомогою обчислюваної техніки.	4	4	8
5	Алгоритм методу дискретних елементів. Чисельна реалізація методу в програмах кодах. Врахування стохастичної компоненти в обчислюваних програмах.	3	3	6
6	Чисельний розв'язок систем диференціальних рівнянь з використанням обчислюваної техніки. Моделювання руху часток у важкому середовищі .	5	5	10
7	Використання пакетів обчислювальних програм (SolidWorks, ABACUS) для визначення характеристик напружено-деформованого стану породного масиву на основі МСЕ	4	4	8
8	Обґрунтування деформаційної моделі середовища для вирішення інноваційних завдань гірництва . Критерії міцності. Вибір програмного забезпечення для моделювання пластичних деформацій.	3	3	6
9	Використання програм RS2, RS3 (Rockscience) для моделювання пружно-пластичного деформування породного середовища та визначення зон руйнування навколо підземних споруд	3	3	6
10	Моделювання механічних процесів в природних схилах та бортах кар'єрів на з застосуванням обчислюваної техніки ( програмні продукти Slide, RS2, Plaxis)	3	3	6
11	Встановлення закономірностей переходу в непружний стан та руйнування порід з використанням обчислюваної техніки (програм RS2, RS3)	3	3	6

12	Моделювання навантаження на кріплення підземної споруди. Визначення закономірностей зміни стійкого стану споруд з використанням всесвітньо відомих прикладних програм ( <i>FLAC, Itasca</i> ).	3	3	6
13	Аналіз стійкості бортів кар'єрів під впливом геологічних та технічних факторів на основі математичного моделювання з використанням програм <i>Slide, RS2, Plaxis</i> )	3	3	6
14	Стохастична компонента в задачах гірництва. Реалізація ймовірно-статистичного підходу за допомогою обчислюваної техніки. Імітаційне моделювання для прогнозу поведінки об'єкта в невизначених умовах	3	3	6
Всього	лекції	47	47	94
	<b>ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ</b>			
1	Моделювання процесів в гірництві з використанням чисельних алгоритмів. Чисельний розв'язок диференційних рівнянь стосовно задачі про напружений стан твердого тіла.	2	1	3
2	Аналіз функціоналів програм <i>RS2, ANSYS, ABACUS, SolidWorks</i> . Аналіз тестових завдань при використанні демоверсій	2	1	3
3	Застосування алгоритму методу скінчених елементів. Побудова матриці жорсткості елемента. Розв'язок завдань механіки твердого тіла.	2	1	3
4	Алгоритм методу граничних елементів. Розв'язок тестового завдання за допомогою програмного коду.	2	1	3
5	Алгоритм методу дискретних елементів. Розв'язок тестового завдання в демоверсії програми <i>FLAC</i> .	2	2	4
6	Чисельний розв'язок систем диференційних рівнянь з використанням обчислюваної техніки. Застосування <i>Matlab, Mathcad</i>	2	2	4
7	2D-моделювання напружено-деформованого стану породного масиву на основі <i>MCE</i> (з використанням програмного коду <i>RS2</i> )	2	2	4

8	Моделювання пружно-пластичного стану твердого тіла з використанням різних критеріїв міцності (Кулона-Мора, Хока-Брауна, Мізеса-Генкі) . Використання програмного коду RS2.	2	2	
9	3D-моделювання напружено-деформованого стану твердого тіла (з використанням програмного коду ABACUS)	2	2	4
10	Моделювання механічних процесів в природних схилах та бортах кар'єрів (з використанням програмного коду Slide).	3	2	5
11	Моделювання стійкого стану підземної споруди під дією статичного навантаження (з використанням програмного коду RS2, RS3)	3	2	5
12	Моделювання взаємодії деформованого твердого тіла з елементами кріплення (з використанням програмного коду RS2).	3	2	5
13	Виконання обчислюваного експерименту щодо визначення параметрів бортів кар'єрів з урахуванням змін геологічних та технічних умов (з використанням програм Slide, RS2)	3	2	5
14	Використанні імітаційного моделювання для прогнозу поведінки об'єкта в невизначених умовах	3	1	3
Всього	практичні заняття	33	23	56
	<b>Разом (лекційні та практичні)</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>150</b>

## 5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення\*

Для викладання лекцій використовується Ноутбук Lenovo G500 та проектор Nec V260G.

На лекційних заняттях обов'язково мати з собою гаджети зі стільниковим інтернетом.

Активованій акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one) на Офіс365. Інстальована на гаджетах програма Microsoft Excel з активованим пакетом «Аналіз даних»

На практичних заняттях необхідні калькулятори.

## 6. Система оцінювання та вимоги

6.1. Навчальні досягнення студентів за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Сума балів за навчальні досягнення студента	Оцінка за національною шкалою
---	-------------------------------

90 – 100	відмінно
75-89	добре
60-74	задовільно
0-59	незадовільно

6.2. Студенти можуть отримати підсумкову оцінку з дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів з поточного тестування та самостійної роботи складатиме не менше 60 балів.

Поточна успішність складається з успішності за два колоквиуми (кожний максимально оцінюється у 15 балів) та оцінок за роботу на семінарських/практичних заняттях (оцінюється 14 занять, участь у занятті максимально може принести студентові 5 балів). Отримані бали за колоквиуми та семінарські/практичні заняття додаються і є підсумковою оцінкою за вивчення навчальною дисципліни. Максимально за поточною успішністю студент може набрати 100 балів.

<b>Підсумкове оцінювання (якщо студент набрав менше 60 балів та/або прагне поліпшити оцінку)</b>	Екзамен відбувається у формі письмового іспиту, екзаменаційні білети являють 1 відкрите запитання та три завдання для практичного виконання. Правильна відповідь на відкрите запитання оцінюється у 25 балів, правильно виконане практичне завдання оцінюється у 25 балів. Відкриті запитання оцінюються шляхом співставлення з еталонними відповідями. Максимальна кількість балів за екзамен: 100
<b>Практичні / Семінарські заняття</b>	Розв'язання задач. Оцінюється у 70 балів (7 занять×10 балів/заняття).
<b>Колоквиуми</b>	Презентації власних досліджень з використанням ІТ. Максимально оцінюються у 30 балів (2 колоквиуми×15балів/колоквиум).

#### 6.3 Критерії оцінювання *розв'язання задач*.

**5 балів:** отримано правильну відповідь (згідно з еталоном), використано формулу з поясненням змісту окремих її складових, зазначено одиниці виміру.

**4 бали:** отримано правильну відповідь з незначними неточностями згідно з еталоном, відсутня формула та/або пояснення змісту окремих складових, або не зазначено одиниці виміру.

**3 бали:** отримано неправильну відповідь, проте використано формулу з поясненням змісту окремих її складових, зазначено одиниці виміру.

**2 бали:** отримано неправильну відповідь, проте не використано формулу з поясненням змісту окремих її складових та/або не зазначено одиниці виміру.

**1 бал:** наведено неправильну відповідь, до якої не надано жодних пояснень.

#### 6.4. Критерії оцінювання *дискусій*:

**5 балів:** активна участь у дискусії (виступи, коментарі, активне слухання), володіння навчальним матеріалом, наведення аргументованих відповідей із посиланням на джерела.

**4 бали:** активна участь у дискусії (виступи, коментарі, активне слухання),

володіння навчальним матеріалом з незначними помилками за сутністю обговорюваних питань.

**3 бали:** активна участь у дискусії (виступи, коментарі, активне слухання) без достатнього володіння навчальним матеріалом, що має стосунок до теми обговорення.

**2 бали:** залученість до дискусії викладачем, неуважність, відсутність достатніх знань про предмет обговорення.

**1 бал:** залученість до дискусії викладачем, небажання брати участь в дискусії, відсутність достатніх знань про предмет обговорення.

## 7. Політика курсу

**7.1. Політика щодо академічної доброчесності.** Академічна доброчесність студентів є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка". [http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us\\_documents/System\\_of\\_prevention\\_and\\_detection\\_of\\_plagiarism.pdf](http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents/System_of_prevention_and_detection_of_plagiarism.pdf).

У разі порушення студентом академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

### 7.2. Комунікаційна політика.

Студенти повинні мати активовану університетську пошту.

Обов'язком студента є перевірка один раз на тиждень (щонеділі) поштової скриньки на Офіс365 та відвідування групи у Viber , перегляд новин на Телеграм-каналі.

Протягом тижнів самостійної роботи обов'язком студента є робота з дистанційним курсом «Сучасні інформаційні технології у науковій діяльності» ([www.do.nmu.org.ua](http://www.do.nmu.org.ua) )

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

### 7.3. Політика щодо перескладання.

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

### 7.4. Відвідування занять.

Для студентів денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, відрядження, які необхідно підтверджувати документами у разі тривалої (два тижні) відсутності. Про відсутність на занятті та причини відсутності студент має повідомити викладача або особисто, або через старосту. Якщо студент захворів, ми рекомендуємо залишатися вдома і навчатися за допомогою дистанційної платформи.



Студентам, чий стан здоров'я є незадовільним і може вплинути на здоров'я інших студентів, буде пропонуватися залишити заняття (така відсутність вважатиметься пропуском з причини хвороби). Практичні заняття не проводяться повторно, ці оцінки неможливо отримати під час консультації, це саме стосується і колоквиумів. За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбуватись дистанційно - в онлайн-формі, за погодженням з викладачем.

**7.4 Політика щодо оскарження оцінювання.** Якщо студент не згоден з оцінюванням його знань він може оскаржити виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

**7.5. Бонуси.** Студенти, які регулярно відвідували лекції (мають не більше двох пропусків без поважних причин) та мають написаний конспект лекцій отримують додатково 2 бали до результатів оцінювання до підсумкової оцінки.

**7.6. Участь в анкетуванні.** Наприкінці вивчення курсу та перед початком сесії студентам буде запропоновано анонімно заповнити електронні анкети (Microsoft Forms Office 365), які буде розіслано на ваші університетські поштові скриньки. Заповнення анкет є важливою складовою вашої навчальної активності, що дозволить оцінити дієвість застосованих методів викладання та врахувати ваші пропозиції стосовно покращення змісту навчальної дисципліни «Сучасні інформаційні технології у науковій діяльності».

## 8. Ресурси і література

### 8.1 Основна література

1. Геомеханика [Текст] : підручник для студ. вищ. навч. закл. / А.Н.Шашенко, В.П. Пустовойтенко, Е.А. Сдвижкова ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – [Нове вид.]. – К. : «Новий друк», 2016. – 527 с.
2. Моделювання геотехнічних систем [Текст]: монографія / Г.Г.Півняк, О.М.Шашенко, О.О.Сдвижкова, Б.С. Бусигін, В.В.Соболев, Д.В.Рудаков, М.М.Довбніч. За загальною редакцією академіка НАН України Г.Г.Півняка. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – [Нове вид.], 2009. – 247 с.
3. Sdvyzhkova O.O., Babets D.V., Kravchenko K.V. and Smirnov A.V., 2016. Determining the displacements of rock mass nearby the dismantling chamber under effect of plow longwall // Scientific bulletin of National Mining University, No. 2, pp.34–42.
4. D.Babets, O.Sdvyzhkova, O.Shashenko, K.Kravchenko, E.C.Cabana Implementation of probabilistic approach to rock mass strength estimation while excavating through fault zones// Mining of Mineral Deposits ISSN 2415-3443 (Online) | ISSN 2415-3435 (Print)Journal homepage <http://mining.in.ua> Volume 13 (2019), Issue 4, pp. 72-83.
5. Сдвижкова Е.А., Ковров А.С., Кириак К.К. Геомеханическая оценка устойчивости оползневого склона методом конечных элементов //Науковий вісник Національного гірничого університету – Д. : НГУ, 2014. – № 2. – С. 86 – 92.

## 8.2 Допоміжна література

1. O.Sdvyzhkova, R. Patynska. Effect of increasing mining on longwall coal mining - Western Donbass case study, 2016 // Studia geotechnika et mechanika vol 38(№1), 2016, p.91-99.
2. Babets, D.V., Sdvyzhkova, O.O., Larionov, M.H., Tereshchuk, R.M. (2017), Estimation of rock mass stability based on probability approach and rating systems. Scientific bulletin of National Mining University, No 2: 58 – 64.
3. Переход Богдановского сброса: обоснование, технология, мониторинг, результат/ А.Н.Шашенко,М.В.Барабаш,И.А.Садовенко, В.И.Пилюгин, Е.А.Сдвижкова, С.А.Воронин, С.Н.Гапеев, В.Г.Снигур, А.В.Солодянкин,С.В.Мкртчян.-Дніпро: Лізунов-пресс, 2017. -302 с.

### Інформаційні ресурси:

1. <https://www.rocscience.com/>
2. <https://www.rocscience.com/learning/hoeks-corner>
3. <https://www.itascacg.com/software/flac3d>
4. <https://www.4realsim.com/abaqus/>
5. <https://academy.3ds.com/en/projects/finite-element-modeling-using-abaqus>
6. <https://www.yumpu.com/en/document/view/41552235/pfc2d-pfc3d-training-course-itasca-denver-inc>