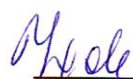


Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Кафедра прикладної математики

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Декан ФІТ

 Ірина УДОВИК

«29» серпня 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Математичне моделювання з використанням обчислювальної техніки у
наукових дослідженнях»

Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G16 Гірництво та нафтогазові технології
Рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий)
Освітньо-наукова програма	Гірництво
Статус	обов'язкова
Загальний обсяг	6 кредитів ЄКТС (180 годин)
Форма підсумкового контролю	Іспит
Термін викладання	3-й семестр (5 та 6 чверті)
Мова викладання	українська

Викладачі: проф. Бабець Д.В., зав. каф. Сдвижкова О.О.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

Дніпро
НТУ «ДП»

2025

Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання з використанням обчислювальної техніки у наукових дослідженнях» для докторів філософії освітньо-наукової програми «Гірництво» спеціальності G16 Гірництво та нафтогазові технології / Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка», каф. прикладної математики – Д.: НТУ «ДП», 2025. – 13 с.

Розробники:

Бабець Дмитро Володимирович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри прикладної математики;

Сдвижкова Олена Олександрівна – доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри прикладної математики;

Робоча програма регламентує:

- мету дисципліни;
- дисциплінарні результати навчання, сформовані на основі трансформації очікуваних результатів навчання освітньої програми;
- базові дисципліни;
- обсяг і розподіл за формами організації освітнього процесу та видами навчальних занять;
- програму дисципліни (тематичний план за видами навчальних занять);
- алгоритм оцінювання рівня досягнення дисциплінарних результатів навчання (шкали, засоби, процедури та критерії оцінювання);
- інструменти, обладнання та програмне забезпечення;
- рекомендовані джерела інформації.

Робоча програма призначена для реалізації компетентнісного підходу під час планування освітнього процесу, викладання дисципліни, підготовки студентів до контрольних заходів, контролю провадження освітньої діяльності, внутрішнього та зовнішнього контролю забезпечення якості вищої освіти, акредитації освітніх програм у межах спеціальності.

Погоджено рішенням науково-методичної комісії спеціальності G16 Гірництво та нафтогазові технології (протокол № 3 від 29.08.2025 р.)

ЗМІСТ

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	4
2 ОЧІКУВАНІ ДИСЦИПЛІНАРНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ.....	4
3 БАЗОВІ ДИСЦИПЛІНИ	4
4 ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ	5
5 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ.....	5
6 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ	7
6.1 Шкали	7
6.2 Засоби та процедури.....	7
6.3. Критерії.....	9
7 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	11
8 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ.....	11

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИЦИПЛІНИ

В освітньо-науковій програмі «Гірництво» спеціальності G16 Гірництво та нафтогазові технології здійснено розподіл програмних результатів навчання (ПРН) за організаційними формами освітнього процесу. Зокрема, до дисципліни Ф2 «Математичне моделювання з використанням обчислювальної техніки у наукових дослідженнях» віднесено такі результати навчання:

РН01	Мати передові концептуальні та методологічні знання з гірництва та суміжних предметних областей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень, що відповідають сучасним світовим тенденціям розвитку гірничих технологій відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій
РН04	Застосувати сучасні інформаційні технології для моделювання, імітаційних експериментів, пошуку, аналізу і обробки інформації при виконанні наукових досліджень з гірництва
РН08	Аналізувати, систематизувати та узагальнювати результати проведених експериментів і досліджень й робити висновки на основі одержаних результатів

Мета дисципліни — полягає у формуванні системних знань та практичних навичок застосування методів математичного моделювання й сучасних обчислювальних технологій для дослідження процесів у гірничій інженерії. Дисципліна спрямована на розвиток здатності формалізувати гірничо-геомеханічні задачі, використовувати чисельні методи для аналізу напружено-деформованого стану масиву, прогнозування стійкості виробок та оптимізації технологічних параметрів видобутку. Особлива увага приділяється інтеграції методів скінченних елементів, обробки експериментальних даних та інтелектуальних алгоритмів у власні наукові дослідження аспірантів.

2 ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Шифр РН	Результати навчання (РН)	
	шифр ДРН	зміст
РН01	РН01.1-Ф2	Опанувати поняття та розуміти принципи використання новітніх чисельних методів для математичного моделювання процесів в різних сферах гірництва
	РН01.2-Ф2	Використовувати для дослідницьких задач доступні пакети прикладних програм, що реалізують моделювання геомеханічних процесів
РН04	РН04.1-Ф2	Розуміти принципи врахування стохастичної компоненти в задачах гірництва та реалізації ймовірно-статистичних підходів з використанням обчислюваної техніки
	РН04.2-Ф2	Розуміти принципи імітаційного моделювання для прогнозу поведінки об'єкта в невизначених умовах
	РН04.3-Ф2	Розуміти принципи використання машинного навчання при виконанні наукових досліджень з гірництва. Знати особливості моделей машинного навчання і розуміти принципи використання різних моделей в задачах гірництва

PH08	PH08.1-Ф2	Опанувати методологію планування та проведення обчислювального експерименту, побудови на його основі прогностичних моделей
	PH08.2-Ф2	Вміти обробляти результати експерименту методами описової статистики та регресійно-кореляційного аналізу з використанням ліцензованих математичних пакетів. Розуміти принципи валідації та верифікації побудованих моделей.

3 БАЗОВІ ДИСЦИПЛІНИ

Міждисциплінарні зв'язки: вивчення курсу також ґрунтується на результатах навчання, отриманих під час навчання за освітньою програмою попереднього рівня освіти.

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	120	48	72	-	-	-	-
практичні	60	32	28	-	-	-	-
лабораторні	-	-	-	-	-	-	-
РАЗОМ	180	80	100	-	-	-	-

5 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Шифр (PH)	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
	ЛЕКЦІЇ	120
PH01.1-Ф2	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	12
PH01.2-Ф2	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	16
PH01.1-Ф2	3. Алгоритм методу скінчених елементів (MCE). Принципи формування глобальної матриці жорсткості системи за допомогою обчислюваної техніки. Принцип суперпозиції. Реалізація чисельних алгоритмів в програмних кодах за допомогою обчислюваної техніки	10
PH01.2-Ф2	4. Використання пакетів обчислювальних програм (SolidWorks, ABACUS) для визначення характеристик	16

	напружено-деформованого стану породного масиву на основі MCE	
RH01.2-Ф2 RH04.2-Ф2	5. Використання програм RS2, RS3 (Rockscience) для моделювання пружно-пластичного деформування породного середовища та визначення зон руйнування навколо підземних споруд	12
RH01.1-Ф2 RH01.2-Ф2 RH04.2-Ф2	6. Моделювання механічних процесів в природних схилах та бортах кар'єрів на з застосуванням обчислюваної техніки (програмні продукти Slide, RS2, Plaxis).	10
RH04.1-Ф2 RH04.2-Ф2 RH08.2-Ф2	7. Планування та проведення обчислювального експерименту. Обробка результатів обчислювального експерименту. Кореляційно-регресійний аналіз засобами EXCEL та R мови. Валідація та верифікація моделей	10
RH04.1-Ф2 RH04.2-Ф2	8. Стохастична компонента в задачах гірництва. Реалізація ймовірнісно-статистичного підходу за допомогою обчислюваної техніки. Імітаційне моделювання для прогнозу поведінки об'єкта в невизначених умовах	10
RH04.3-Ф2	9. Машинне навчання в задачах гірництва: контрольоване навчання (Supervised Learning); неконтрольоване навчання (Unsupervised Learning); метрики якості (MAE, RMSE, F1-score, ROC-AU	12
RH04.3-Ф2 RH08.2-Ф2	10. Перспективні моделі в машинному навчанні: Logistic Regression, Support Vector Machines, k-Nearest Neighbors, Neural Networks	12
	ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ	60
RH01.1-Ф2	1. Моделювання процесів в гірництві з використанням чисельних алгоритмів. Чисельний розв'язок диференціальних рівнянь стосовно задачі про напружений стан твердого тіла.	2
RH01.2-Ф2	2. Аналіз функціоналів програм RS2, ANSYS, ABACUS, SolidWorks. Аналіз тестових завдань при використанні демоверсій	2
RH01.1-Ф2 RH04.2-Ф2	3. Застосування алгоритму методу скінчених елементів. Побудова матриці жорсткості елементу. Розв'язок завдань механіки твердого тіла.	2
RH01.1-Ф2 RH04.2-Ф2	4. Алгоритм методу граничних елементів. Розв'язок тестового завдання за допомогою програмного коду.	4
RH01.1-Ф2 RH04.2-Ф2	5. Алгоритм методу дискретних елементів. Розв'язок тестового завдання в демоверсії програми FLAC .	4
RH01.2-Ф2 RH04.2-Ф2 RH04.3-Ф2	6. Чисельний розв'язок систем диференціальних рівнянь з використанням обчислюваної техніки. Застосування Matlab, Mathcad	4
RH08.1-Ф2 RH08.2-Ф2	7. 2D-моделювання напружено-деформованого стану породного масиву на основі MCE (з використанням програмного коду RS2)	6
RH08.1-Ф2 RH08.2-Ф2	8. Моделювання пружно-пластичного стану твердого тіла з використанням різних критеріїв міцності (Кулона-Мора, Хока-Брауна, Мізеса-Генкі) . Використання програмного коду RS2.	6
RH08.1-Ф2 RH08.2-Ф2	9. 3D-моделювання напружено-деформованого стану твердого тіла (з використанням програмного коду ABACUS)	6

РН08.1-Ф2 РН08.2-Ф2	10. Моделювання механічних процесів в природних схилах та бортах кар'єрів (з використанням програмного коду RS2).	6
РН08.1-Ф2 РН08.2-Ф2	11. Моделювання стійкого стану підземної споруди під дією статичного навантаження (з використанням програмного коду RS2, RS3)	6
РН08.1-Ф2 РН08.2-Ф2	12. Моделювання взаємодії деформованого твердого тіла з елементами кріплення (з використанням програмного коду RS2).	6
РН08.1-Ф2 РН08.2-Ф2	13. Виконання обчислюваного експерименту щодо визначення параметрів бортів кар'єрів з урахуванням змін геологічних та технічних умов (RS2)	6
	Разом	180

6 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Сертифікація досягнень здобувачів вищої освіти здійснюється за допомогою прозорих процедур, що ґрунтуються на об'єктивних критеріях відповідно до Положення університету «Про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти». Досягнутий рівень компетентностей відносно очікуваних, що ідентифікований під час контрольних заходів, відображає реальний результат навчання здобувача вищої освіти за дисципліною.

6.1 Шкали

Оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти НТУ «ДП» здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та інституційною шкалами. Остання необхідна (за офіційною відсутністю національної шкали) для конвертації (переведення) оцінок здобувачів вищої освіти різних закладів.

Шкали оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти НТУ «ДП»

Рейтингова	Інституційна
90...100	відмінно / Excellent
74...89	добре / Good
60...73	задовільно / Satisfactory
0...59	незадовільно / Fail

Кредити навчальної дисципліни зараховуються, якщо здобувач вищої освіти отримав підсумкову оцінку не менше 60-ти балів. Нижча оцінка вважається академічною заборгованістю, що підлягає ліквідації відповідно до Положення про організацію освітнього процесу НТУ «ДП».

6.2 Засоби та процедури

Зміст засобів діагностики спрямовано на контроль рівня сформованості знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії здобувача вищої освіти за вимогами НРК до 8-ого кваліфікаційного рівня під час демонстрації регламентованих робочою програмою результатів навчання.

Здобувач вищої освіти на контрольних заходах має виконувати завдання, орієнтовані виключно на демонстрацію дисциплінарних результатів навчання

(розділ 2). Засоби діагностики, що надаються здобувачам вищої освіти на контрольних заходах у вигляді завдань для поточного та підсумкового контролю, формуються шляхом конкретизації вихідних даних та способу демонстрації дисциплінарних результатів навчання.

Засоби діагностики (контрольні завдання) для поточного та підсумкового контролю дисципліни затверджуються кафедрою. Види засобів діагностики та процедур оцінювання для поточного та підсумкового контролю дисципліни подано нижче.

Засоби діагностики та процедури оцінювання

ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ			ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ	
навчальне заняття	засоби діагностики	процедури	засоби діагностики	процедури
лекції	контрольні завдання за кожною темою	виконання завдання під час лекцій	комплексна контрольна робота (ККР)	визначення середньозваженого результату поточних контролів; виконання ККР під час іспиту за бажанням здобувача вищої освіти
практичні	індивідуальне завдання	виконання завдань під час практичних занять та під час самостійної роботи		

Під час поточного контролю лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості виконання контрольних конкретизованих завдань. Практичні оцінюються якістю виконання індивідуального завдання.

Якщо зміст певного виду занять підпорядковано декільком складовим опису кваліфікаційного рівня то інтегральне значення оцінки може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюються викладачем.

За наявності рівня результатів поточних контролів з усіх видів навчальних занять не менше 60 балів, підсумковий контроль здійснюється без участі здобувача вищої освіти шляхом визначення середньозваженого значення поточних оцінок.

Незалежно від результатів поточного контролю кожен здобувача вищої освіти під час екзамену має право виконувати ККР, яка містить завдання, що охоплюють ключові дисциплінарні результати навчання. Кількість конкретизованих завдань ККР повинна відповідати відведеному часу на виконання. Кількість варіантів ККР має забезпечити індивідуалізацію завдання. Значення оцінки за виконання ККР визначається середньою оцінкою складових (конкретизованих завдань) і є остаточним.

Інтегральне значення оцінки виконання ККР може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюється кафедрою для кожної складової опису кваліфікаційного рівня за НРК.

6.3 Критерії

Реальні результати навчання здобувача вищої освіти ідентифікуються та вимірюються відносно очікуваних під час контрольних заходів за допомогою критеріїв, що описують дії здобувача вищої освіти для демонстрації досягнення результатів навчання.

Для оцінювання виконання контрольних завдань під час поточного контролю лекційних і практичних занять в якості критерія використовується коефіцієнт засвоєння, що автоматично адаптує показник оцінки до рейтингової шкали:

$$O_i = 100 a/m,$$

де a – число правильних відповідей або виконаних суттєвих операцій відповідно до еталону рішення; m – загальна кількість запитань або суттєвих операцій еталону.

Індивідуальні завдання та комплексні контрольні роботи оцінюються експертно за допомогою критеріїв, що характеризують співвідношення вимог до рівня компетентностей і показників оцінки за рейтинговою шкалою.

Зміст критеріїв спирається на компетентнісні характеристики, визначені НРК для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (подано нижче).

Загальні критерії досягнення результатів навчання для 8-го кваліфікаційного рівня за НРК

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показник оцінки
Знання		
– Концептуальні та методологічні знання в галузі чи на межі галузей знань або професійної діяльності.	Відповідь відмінна – правильна, обґрунтована, осмислена. Характеризує наявність: – спеціалізованих концептуальних знань на рівні новітніх досягнень; – критичне осмислення проблем у навчанні та/або професійній діяльності та на межі предметних галузей	95-100
	Відповідь містить не грубі помилки або описки	90-94
	Відповідь правильна, але має певні неточності	85-89
	Відповідь правильна, але має певні неточності й недостатньо обґрунтована	80-84
	Відповідь правильна, але має певні неточності, недостатньо обґрунтована та осмислена	74-79
	Відповідь фрагментарна	70-73
	Відповідь демонструє нечіткі уявлення здобувача про об'єкт вивчення	65-69
	Рівень знань мінімально задовільний	60-64
	Рівень знань незадовільний	<60

Уміння/навички		
– Спеціалізовані уміння/навички і методи, необхідні для розв’язання значущих проблем у сфері професійної діяльності, науки та/або інновацій, розширення та переоцінки вже існуючих знань і професійної практики; – започаткування, планування, реалізація та коригування послідовного процесу ґрунтового наукового дослідження з дотриманням належної академічної доброчесності; – критичний аналіз, оцінка і синтез нових та комплексних ідей.	Відповідь характеризує уміння:	95-100
	– виявляти проблеми; – формулювати гіпотези; – розв’язувати проблеми; – оновлювати знання; – інтегрувати знання; – провадити інноваційну діяльність; – провадити наукову діяльність	
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності з не грубими помилками	90-94
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації однієї вимоги	85-89
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації двох вимог	80-84
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації трьох вимог	74-79
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації чотирьох вимог	70-73
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності при виконанні завдань за зразком	65-69
– Вільне спілкування з питань, що стосуються сфери наукових та експертних знань, з колегами, широкою науковою спільнотою, суспільством у цілому; – використання академічної української та іноземної мови у професійній діяльності та дослідженнях.	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання при виконанні завдань за зразком, але з неточностями	60-64
	Рівень умінь/навичок незадовільний	<60
Комунікація		
– Вільне спілкування з питань, що стосуються сфери наукових та експертних знань, з колегами, широкою науковою спільнотою, суспільством у цілому; – використання академічної української та іноземної мови у професійній діяльності та дослідженнях.	Зрозумілість відповіді (доповіді). <i>Мова:</i> правильна; чиста; ясна; точна; логічна; виразна; лаконічна. <i>Комунікаційна стратегія:</i>	95-100
	– послідовний і несуперечливий розвиток думки; – наявність логічних власних суджень; – доречна аргументації та її відповідність відстоюваним положенням; – правильна структура відповіді (доповіді); – правильність відповідей на запитання; – доречна техніка відповідей на запитання; – здатність робити висновки та формулювати пропозиції; – використання іноземних мов у професійній діяльності	
	Достатня зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія з незначними хибами	90-94
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано три вимоги)	85-89
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано чотири вимоги)	80-84
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано п’ять вимог)	74-79
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано сім вимог)	70-73
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано дев’ять вимог)	65-69

	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибамі (сумарно не реалізовано 10 вимог)	60-64
	Рівень комунікації незадовільний	<60
Відповідальність і автономія		
– Демонстрація значної авторитетності, інноваційності, високий ступінь самостійності, академічна та професійна доброчесність, постійна відданість розвитку нових ідей або процесів у передових контекстах професійної та наукової діяльності; – здатність до безперервного саморозвитку та самовдосконалення.	Відмінне володіння компетенціями: – використання принципів та методів організації діяльності команди; – ефективний розподіл повноважень в структурі команди; – підтримка врівноважених стосунків з членами команди (відповідальність за взаємовідносини); – стресовитривалість; – саморегуляція; – трудова активність в екстремальних ситуаціях; – високий рівень особистого ставлення до справи; – володіння всіма видами навчальної діяльності; – належний рівень фундаментальних знань; – належний рівень сформованості загальнонавчальних умінь і навичок	95-100
	Упевнене володіння компетенціями відповідальності і автономії з незначними хибамі	90-94
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано дві вимоги)	85-89
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано три вимоги)	80-84
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано чотири вимоги)	74-79
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано п'ять вимог)	70-73
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано шість вимог)	65-69
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (рівень фрагментарний)	60-64
	Рівень відповідальності і автономії незадовільний	<60

7 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Мультимедійне та комп'ютерне обладнання. Програмне забезпечення: Microsoft Office 365, ОС Windows, Microsoft Office: Teams, Дистанційна платформа Moodle, програмне забезпечення для геомеханічного моделювання PHASE2

8 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Барабаш, О.В., Свинчук, О.В., & Мусієнко, А.П. (2023). Математичне моделювання та оптимізація процесів і систем. Частина 1: Навчальний посібник. Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 192 с.

2. Гребенюк, С.М., & Гоменюк, С.І. (2022). Чисельні методи розв'язання механічних задач: навчальний посібник для здобувачів третього освітньо-наукового рівня спеціальності «Прикладна математика» освітньо-наукової програми «Прикладна математика». Запоріжжя: Запорізький національний університет, 80 с. <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/11877>

3. Зражевський, Г.М. (2015). Чисельні методи в задачах механіки. Частина I Теоретична та прикладна механіка. Методичний посібник. Київ 2015, 99 с. www.mechmat.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2018/03/Zrazhevsky_Calculus_Final.pdf
4. Чуйко, Г.П., Дворник, О.В., & Яремчук, О.М. (2015). Математичне моделювання систем та процесів: навч. посіб. Миколаїв: Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 244 с. <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/16799921-0872-4776-b522-2cd34d2ac13a/content>
5. Moldabayev, S. K., Sdvyzhkova, O. O., Babets, D. V., Kovrov, O. S., & Adil, T. K. (2021). Numerical simulation of the open pit stability based on probabilistic approach. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 6, 29–34. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-6/029>
6. Рудаков, Д.В., Сдвижкова, О.О. (2020). Математичне моделювання природничих систем: навч. посібник. Д.: НТУ «Дніпровська політехніка», 176 с.
7. Golovko, Y., & Sdvyzhkova, O. (2024). Cumulative triangle for visual analysis of empirical data. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, 114–120. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-4/114>
8. Andreas C. Müller & Sarah Guido (2017). *Introduction to Machine Learning with Python*. O'Reilly Media, 378 p.
9. Субботін, С.О. (2020). Нейронні мережі: теорія та практика: навч. посіб. Житомир: Вид. О.О. Євенок, 184 с.
10. Skansi, S. (2018). *Introduction to Deep Learning*. In *Undergraduate Topics in Computer Science*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73004-2>
11. Babets, D., Sdvyzhkova, O., Hapiciev, S., Shashenko, O., & Vasyl, V. (2023). Multifactorial analysis of a gateroad stability at goaf interface during longwall coal mining – A case study. *Mining of Mineral Deposits*, 17(2), 9–19. <https://doi.org/10.33271/mining17.02.009>
12. Bazaluk, O., Anisimov, O., Saik, P., Lozynskyi, V., Akimov, O., & Hrytsenko, L. (2023). Determining the Safe Distance for Mining Equipment Operation When Forming an Internal Dump in a Deep Open Pit. *Sustainability*, 15(7), 5912. <https://doi.org/10.3390/su15075912>

Інформаційні ресурси:

1. <https://www.rocscience.com/>
2. <https://www.rocscience.com/learning/hoek-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>

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Математичне моделювання з використанням обчислювальної техніки у
наукових дослідженнях»
для докторів філософії
освітньо-наукової програми «Гірництво»
спеціальності G16 Гірництво та нафтогазові технології

Розробники:

Бабець Дмитро Володимирович
Сдвижкова Олена Олександрівна

У редакції авторів

Підготовлено до виходу в світ
у Національному технічному університеті
«Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19