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

Кафедра вищої математики

«ЗАТВЕРДЖЕНО»
завідувач кафедри
Сдвижкова О.О. _____
«20» лютого 2020 р. «У

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Математичне моделювання з використанням обчислювальної техніки у наукових дослідженнях»

Галузь знань ……	18 Виробництво та технології
Спеціальність ……..	184 – Гірництво
Освітній рівень…….	Доктор філософії
Освітньо-наукова програма	Гірництво
Статус ……	Фахова
Загальний обсяг ……	5кредитів ЄКТС (150 годин)
Форма підсумкового контролю	Екзамен
Термін викладання ……..	3-й семестр
Мова викладання ……	українська

Викладачі: проф. О.О Сдвижкова

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

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

Дніпро
НТУ «ДП»
2020

Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання з використанням обчислювальної техніки у наукових дослідженнях» для докторів філософії спеціальності 184 «Гірництво»/ Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка», каф. вищої математики – Д.: НТУ «ДП», 2020. – 15 с.

Розробник: проф. О.О Сдвижкова

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 здобувачів 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 **184 «Гірництво»** (протокол № 1 від 17.01.20)

ЗМІСТ

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИЦИПЛІНИ 4
2 ОЧІКУВАНІ ДИСЦИПЛІНАРНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ 4
3 БАЗОВІ ДИСЦИПЛІНИ 5
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 8
6.1 Шкали 8
6.2 Засоби та процедури 8
6.3 Критерії 9
7 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 13
8 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ 13

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИЦИПЛІНИ

В освітньо-науковій програмі **«Гірництво»** спеціальності **184 «Гірництво»** 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:

ПР9	Засвоювати основні концепції, теоретичні й практичні проблеми, історія розвитку та сучасний стан наукових концептуальних та методологічних знань у галузі науково-дослідної та професійної діяльності в сфері гірництва та на межі предметних галузей.

Мета дисципліни – ознайомлення здобувачів 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.

Реалізація мети вимагає трансформації програмних результатів навчання в дисциплінарні та адекватний відбір змісту навчальної дисципліни за цим критерієм.

2 ОЧІКУВАНІ ДИСЦИПЛІНАРНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Шифр ПРН	**Дисциплінарні результати навчання (ДРН)**	
	шифр ДРН	**зміст**
ПР9	*ПР9.1-Ф1*	Використовувати новітні чисельні методи для математичного моделювання процесів у породному середовищі, а також в інших сферах гірництва
	ПР9.2-Ф2	Застосовувати всесвітньо відомі програмні продукти, а також розробляти та вдосконалювати власне програмне забезпечення для побудови та дослідження математичних моделей у різних сферах гірництва
	ПР9.3-Ф3	Виконувати математичний аналіз результатів та встановлювати математично обґрунтовані наукові закономірності на підставі комп'ютерного моделювання та виконання обчислюваного експерименту.

3 БАЗОВІ ДИСЦИПЛІНИ

Назва дисципліни	Здобуті результати навчання
Б1 Сучасні інформаційні технології у науковій діяльності	Використовувати сучасні інформаційні технології для аналізу та узагальнення світового досвіду та власних досліджень. Застосовувати сучасні інформаційні технології для розробки та дослідження математичних моделей об'єктів та процесів

Міждисциплінарні зв'язки: вивчення курсу ґрунтується на результатах навчання, отриманих під час навчання за освітньої 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		47		-	-		
практичні		33		-	-		
лабораторні	-	-	-	-	-		
семінари	-	-	-	-	-		
РАЗОМ	150	80	70	-	-		

5 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Шифр (ДРН)	№ з/п	Види, тематика навчальних занять, шифри та зміст результатів навчання за дисципліною	Обсяг, години		
			аудит.	СРС	разом
		ЛЕКЦІЇ			
ПР9.1-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.	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 механиці. 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 компоненті в обчислюваних програмах.	3	3	6
	6	Чисельний розв'язок систем диференційних рівнянь з використанням обчислюваної техніки. Моделювання руху часток у важкому середовищі .	5	5	10
ПР9.2-Ф2	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
ПР9.3-Ф2	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 (*FLAC*, Itasca).	3	3	6
	13	Аналіз стійкості бортів кар'єрів під впливом геологічних та технічних факторів на основі математичного моделювання з використанням програм Slide, RS2, Plaxis)	3	3	6
	14	Стохастична компонента в задачах гірництва. Реалізація ймовірнісно-статистичного підходу за допомогою обчислюваної техніки. Імітаційне моделювання для пронозу поведінки об'єкта в невизначених умовах	3	3	6
	Всього	лекції	47	47	94

		ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ			
ПР9.1-Ф2	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 RS2, ANSYS, ABACUS, SolidWorks. Аналіз тестових завдань при використанні демоверсій	2	1	3
	3	Застосування алгоритму методу скінчених елементів. Побудова матриці жорсткості елементу. 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 FLAC .	2	2	4
	6	Чисельний розв'язок систем диференційних рівнянь з використанням обчислюваної техніки. Застосування Matlab, Mathcad	2	2	4
ПР9.2-Ф2	7	2D-моделювання напружено-деформованого стану породного масиву на основі МСЕ (з використанням програмного коду RS2)	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
ПР9.3-Ф2	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 пронозу поведінки об'єкта в невизначених умовах	3	1	3
	Всього	практичні заняття	33	23	56
		Разом (лекційні та практичні)	80	70	150

6 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Сертифікація досягнень здобувачів здійснюється за допомогою прозорих процедур, що ґрунтуються на об'єктивних критеріях відповідно до «Положення про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти».

Досягнутий рівень компетентностей відносно очікуваних, що ідентифікований під час контрольних заходів, відображає реальний результат навчання здобувача за дисципліною.

6.1 Шкали

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

Шкали оцінювання навчальних досягнень здобувачів НТУ «ДП»

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

Кредити навчальної дисципліни зараховується, якщо здобувач отримав підсумкову оцінку не менше 60-ти балів. Нижча оцінка вважається академічною заборгованістю, що підлягає ліквідації.

6.2 Засоби та процедури

Зміст засобів діагностики спрямовано на контроль рівня сформованості знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності здобувача за вимогами НРК до 9-го кваліфікаційного рівня під час демонстрації регламентованих робочою програмою результатів навчання.

Здобувач на контрольних заходах має виконувати завдання, орієнтовані виключно на демонстрацію дисциплінарних результатів навчання (розділ 2).

Засоби діагностики, що надаються здобувачам 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

<table>
<tr><th colspan="3">ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ</th><th colspan="2">ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ</th></tr>
<tr><th>навчальне заняття</th><th>засоби діагностики</th><th>процедури</th><th>засоби діагностики</th><th>процедури</th></tr>
<tr><td>лекції</td><td>контрольні завдання за кожною темою</td><td>виконання завдання під час лекцій</td><td rowspan="3">Екзамен у вигляді комплексної контрольної роботи (ККР)</td><td rowspan="3">визначення середньозваженого результату поточних контролів;

виконання ККР під час заліку за бажанням здобувача</td></tr>
<tr><td>практичні</td><td rowspan="2">Індивідуальні завдання</td><td>виконання завдань під час практичних занять</td></tr>
<tr><td>виконання завдань під час самостійної роботи</td></tr>
</table>

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

Якщо зміст певного виду занять підпорядковано декільком дескрипторам, 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 шляхом визначення середньозваженого значення поточних оцінок.

Незалежно від результатів поточного контролю кожен здобувач вищої освіти під час заліку 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 кожного дескриптора 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 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 компетентністні характеристики, визначені НРК для освітньо-наукового рівня вищої освіти (подано нижче).

Загальні критерії досягнення результатів навчання для 9-го кваліфікаційного рівня за НРК

Інтегральна компетентність – здатність особи розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики

Дескриптори НРК	**Вимоги до знань, умінь, комунікації, автономіїта відповідальності**	**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 негрубі 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	Відповідь характеризує уміння: - виявляти проблеми; - формулювати гіпотези;	95-100

Дескриптори НРК	Вимоги до знань, умінь, комунікації, автономіїта відповідальності	Показник оцінки
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 ґрунтовного наукового дослідження з дотриманням належної академічної доброчесності ♦ критичний аналіз, оцінка і синтез нових та комплексних ідей	- розв’язувати проблеми; - оновлювати знання; - інтегрувати знання; - провадити інноваційну діяльність; - провадити наукову діяльність	
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності з негрубими помилками	90-94
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації однієї вимоги	85-89
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації двох вимог	80-84
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації трьох вимог	74-79
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації чотирьох вимог	70-73
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності при виконанні завдань за зразком	65-69
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання при виконанні завдань за зразком, але з неточностями	60-64
	Рівень умінь незадовільний	<60
Комунікація		
♦ вільне спілкування з питань, що стосуються сфери наукових та експертних знань, з колегами, широкою науковою спільнотою, суспільством в цілому; ♦ використання академічної української та іноземної мови у професійній діяльності та дослідженнях	Зрозумілість відповіді (доповіді). Мова: - правильна; - чиста; - ясна; - точна; - логічна; - виразна; - лаконічна. Комунікаційна стратегія: - 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	95-100
	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	85-89

Дескриптори НРК	Вимоги до знань, умінь, комунікації, автономіїта відповідальності	Показник оцінки
	вимоги)	
	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 хибами (сумарно не реалізовано 10 вимог)	60-64
	Рівень комунікації незадовільний	<60
Відповідальність та автономія		
♦ демонстрація значної авторитетності, інноваційність, високий ступінь самостійності, академічна та професійна доброчесність, послідовна 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 автономності та відповідальності з незначними хибами	90-94
	Добре володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано дві вимоги)	85-89
	Добре володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано три вимоги)	80-84
	Добре володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано чотири вимоги)	74-79
	Задовільне володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано п’ять вимог)	70-73
	Задовільне володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано шість вимог)	65-69
	Задовільне володіння компетенціями автономності та відповідальності (рівень фрагментарний)	60-64
	Рівень автономності та відповідальності незадовільний	<60

7 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Технічні засоби навчання:

– мультимедійне обладнання;

– персональні комп'ютери;

– програмне забезпечення PHASE2

Дистанційна платформа Moodle.

8 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

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.uaVolume 13 (2019), Issue 4, pp. 72-83.
5. Сдвижкова Е.А., Ковров А.С., Кирияк 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.Мкртачан.-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**

Навчальне видання

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«**Математичне моделювання з використанням обчислювальної техніки у наукових дослідженнях**» для докторів філософії
спеціальності 184 «Гірництво»

Розробник: проф. О.О.Сдвижкова

У редакції автора

Підготовлено до виходу в світ
у Національному технічному університеті
«Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842
4960050, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19