

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

**«МАШИНИ ТА АПАРАТИ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ
КОРИСНИХ КОПАЛИН»**

Затверджено на засіданні кафедри
гірничої справи
Протокол № 2 від « 17 » вересня 2024 р.

Запоріжжя 2024



УКЛАДАЧ(І):

- 1 Левченко Костянтин Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри гірничої справи, доцент.
- 2 Младецький Ігор Костянтинович, доктор технічних наук, професор кафедри гірничої справи, професор.

УЗГОДЖЕНО:

Гарант освітньої програми
«Технології збагачення
корисних копалин»

Костянтин ЛЕВЧЕНКО

ЗАТВЕРДЖЕНО

Декан
гірничо-металургійного факультету

Наталія ВОЛОДЧЕНКОВА



1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Актуальність, теоретична та практична значущість вивчення навчальної дисципліни.

Дисципліна є вибірковою та спрямована на набуття компетентностей в сфері збагачення корисних копалин, а саме використання машин та апаратів для класифікації. При гідравлічній класифікації матеріал розділяється на два або декілька класів різної крупності в залежності від швидкості руху зерен у водному середовищі. Якщо суміш, що розділяється, містить зерна різної щільності і форми, то при гідравлічній класифікації в кожному класі будуть зустрічатися зерна різної крупності: дрібні зерна важких мінералів і великі зерна легких мінералів відповідно до їх коефіцієнта рівнопадіння. Важливою частиною курсу є вивчення особливостей будови, принципу дії, області використання апаратів для класифікації; використання їх в технологічних схемах збагачення та подрібнення з метою зниження енергоємності виробництва та підвищення його ефективності.

Передбачено вивчення діючих методик розрахунку устаткування, а також прогнозних методів отримання продукту заданого гранулометричного складу.

Особливістю курсу є вивчення методик розрахунку апаратів, які працюють у відкритих та замкнених циклах класифікації та принципів розрахунку схем класифікації.

Отримані знання будуть використані в професійній діяльності гірника збагачувальника при роботі в технологічній службі збагачувальної фабрики, проектуванні, удосконаленню та плануванні розвитку технологій переробки корисних копалин, науково-технічних організаціях.

Вимоги:

- базова підготовка на рівні бакалавра з вищої математики, фізики, хімії, теоретичної та прикладної механіки;
- знання фізико-механічних та технологічних властивостей мінералів, гірських порід, основ зі збагачення корисних копалин, принципів технологічного розрахунку устаткування для підготовки корисних копалин до збагачення;
- загальні уявлення про основні процеси збагачення корисних копалин;
- наявність корпоративного облікового запису @mipolytech.education, Microsoft Teams, Word, Excel;
- наявність особистого логіну та паролю в Moodle (для отримання або поновлення слід звернутися до куратора групи).



Програмні результати навчання:

- виявляти, ставити, вирішувати проблеми та приймати обґрунтовані рішення в професійній діяльності;
- здійснювати обґрунтований вибір устаткування відповідно до його призначення при розробленні, удосконаленні технологій збагачення корисних копалин;
- розробляти та реалізувати інноваційні продукти й заходи щодо вдосконалення та підвищення технічного рівня систем і технологій переробки та збагачення корисних копалин, забезпечення їх конкурентоспроможності;
- приймати оптимальні технічні рішення при синтезі технологічних схем і технології переробки та збагачення корисних копалин відповідно до характеристики сировини та показників якості продукції.

Організація курсу, форми та методи навчання.

Освітній процес будується як комбінація лекцій та самостійного вивчення навчального матеріалу на платформі Moodle – з одного боку, та лабораторних і практичних занять з відпрацювання аналітично-розрахункових навичок – з іншого.

Відвідування лекційних занять є бажаним, однак не обов'язковим; від студентів очікується ознайомлення з матеріалом перед лекцією, що дозволить побудувати лекційне заняття у вигляді сполучення пояснень викладача та обговорення проблемних питань, які виникли при підготовці до лекції.

Практичні заняття передбачають аналіз умовно змодельованих ситуацій та розв'язання задач різних рівнів, розбір реальних кейсів за матеріалами відкритого доступу; їх відвідування є бажаним.

Від студента потребується виконати індивідуальні завдання та модульні контрольні роботи у терміни, встановлені у розділі «Розподіл балів за контрольними точками та графік їх виконання».

З урахуванням поточної ситуації від учасників освітнього процесу очікується виконання вимог безпеки при сигналі «Повітряна тривога», санкції за залишення заняття або неявку на заняття не застосовуються.

Опціонально доступні індивідуальні та групові консультації. З викладачем можна зв'язатися через електронну пошту, в чаті або в персональній розмові в MS Teams.

Мова освітнього процесу: українська, англійська (окремі джерела літератури, довідкова, нормативна та інша інформація).



2 НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

Змістовий модуль 1. Самоплинні та механічні класифікатори.

Тема 1. Характеристика процесу та області його застосування.

Гідравлічна класифікація, види застосування, як збагачувального процесу. Закономірності класифікації. Стиснений рух. Рівняння кінетики класифікації. Ефективність класифікації (рівнянням Ханкока – Луйкена). Крупність розділення, способи визначення (точка перетину гранулометричних характеристик, за однаковим значенням вилучення зерна в продукти розділення). Принцип дії та класифікація класифікаторів.

Тема 2. Самоплинні класифікатори.

Конусні гідравлічні класифікатори, принцип дії, устрій, область використання. Сепараційна характеристика конусних сепараторів. Спіготний гідравлічний класифікатор, принцип дії, устрій. Вибір і технологічний розрахунок конусних класифікаторів. Вибір і технологічний розрахунок багатоканальних спіготних гідравлічних класифікаторів.

Тема 3. Гідравлічні гравітаційні класифікатори з примусовим розвантаженням пісків.

Спіральний класифікатор, принцип дії, устрій, область використання. Умови розділення частинок у спіральному класифікаторі. Параметри роботи спіральних класифікаторів. Вибір і технологічний розрахунок спіральних класифікаторів. Сепараційна характеристика спіральних класифікаторів. Елеваторні класифікатори (багер-зумпфи), принцип дії, устрій, область використання. Скребкові класифікатори. Вибір і технологічний розрахунок елеваторних та скребкових класифікаторів.


Змістовий модуль 2. Відцентрові гідравлічні класифікатори.

Тема 4. Загальні відомості про гідроциклони.

Принцип дії циліндроконічного гідроциклону. Механізм розділення частинок у гідроциклоні. Конструкції та класифікація апаратів гідроциклонного типу.

Тема 5. Гідродинаміка потоків у гідроциклонних апаратах.

Формування та характер руху потоків рідини в циліндроконічних гідроциклонах. Швидкісне поле. Тангенційна швидкість. Осьова швидкість. Радіальна швидкість. Співвідношення тангенціальної та



радіальної складової швидкості. Рух твердих частинок у гідроциклоні. Зміна основних властивостей суспензії по об'єму гідроциклоні.

Тема 6. Основні показники роботи гідроциклонів як класифікаторів

Продуктивність гідроциклонів. Гранулометричний склад продуктів класифікації. Визначення крупності граничного зерна. Вплив різних параметрів на показники роботи гідроциклонів. Діаметр гідроциклоні. Розмір перетину патрубків живлення. Діаметр зливного патрубку. Діаметр піскової насадки. Розвантажувальне відношення. Кут конусності. Довжина зливного патрубку, його розміри та способи встановлення. Тиск на вході. Вміст твердого в живленні. В'язкість, щільність твердої і рідкої фаз пульпи. Гранулометричний склад твердої фази пульпи.

Тема 7. Теорія і практика роботи гідроциклонів на збагачувальних фабриках.

Схеми роботи гідроциклонів у циклах подрібнення. Особливості роботи гідроциклонів у циклах подрібнення. Вилучення розрахункового класу та ефективність класифікації. Методика технологічного розрахунку. Технологічний розрахунок гідроциклонів.

3 ОБСЯГ І СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

3.1 Розподіл обсягу дисципліни за видами навчальних занять та темами в разі вибору даної дисципліни як елемента індивідуальної освітньої траєкторії

№ з/п	Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
		Усього	в т.ч.			
			Л	П (С)	Лаб	СРС
<i>Змістовий модуль 1. Самоплинні та механічні класифікатори</i>						
1.	Характеристика процесу та області його застосування	20	2	4	-	14
2.	Самоплинні класифікатори	20	2	4	-	14
3.	Гідравлічні гравітаційні класифікатори з примусовим розвантаженням пісків	30	4	8	-	18
<i>Змістовий модуль 2. Відцентрові гідравлічні класифікатори</i>						
4.	Загальні відомості про гідроциклони	20	2	2	-	16
5.	Гідродинаміка потоків у гідроциклонних апаратах	20	2	6	-	12
6.	Основні показники роботи гідроциклонів як класифікаторів	20	3	6	-	11
7.	Теорія і практика роботи гідроциклонів на збагачувальних фабриках.	20	2	4	-	14
Усього годин		150	17	34		99

Тут і далі: Л – лекції, П (С) – практичні (семінарські) заняття, Лаб – лабораторні заняття, СРС – самостійна робота студентів.

4 ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ

4.1 Розподіл балів за контрольними точками

2 семестр

Види контр. точок	Тижні																	Всього	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Робота на практичних заняттях			3		3		3		3		3		3		3		3	24	
Складання індивідуальних завдань									18									18	36
Модульні контрольні роботи									20									20	40
Всього	50								50								100		

4.2 Зміст та вимоги до контрольних точок

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
Робота на практичних заняттях	<p>Оцінка за роботу на практичному (семінарському) занятті виставляється за правильно вирішену практичну задачу, яка у вигляді файлу *.docx/doc, або *.pdf розміщується у відповідному розділі дисципліни в Moodle. Вона може бути одержана безпосередньо на практичному занятті, або в термін, що надається для вирішення задачі та оцінюється викладачем. Оцінка може бути оскаржена одразу ж, або на наступному занятті.</p> <p>Максимальна кількість балів – 3 (три):</p> <ul style="list-style-type: none"> – студент надав вірний порядок розв’язання у письмовому вигляді, перетворення та виведення формул логічно вірне, при розрахунку формул отримана правильна відповідь, розмірності відповідають фізичним величинам, або графічна побудова та отриманий результат відповідає умовам задачі (3 бали); – надано порядок розв’язання у письмовому вигляді, порядок розв’язання є логічно вірним, однак кінцевий результат є невірним (2 бали); – надано порядок розв’язання у письмовому вигляді, однак у логіці розв’язання, отримання чисельних результатах є помилки (1 бал); – не надано порядку розв’язання у письмовому вигляді, або надано порядок розв’язання, однак сам порядок і відповідь є невірними в усіх логічних діях із розв’язання задачі(0 балів).
Виконання індивідуального завдання	<p>Підготовлене індивідуальне завдання у вигляді файлу *.docx/doc, або *.pdf розміщується у відповідному розділі дисципліни в Moodle і перевіряється протягом тижня після завершення терміну подачі. Оскарження оцінки може бути здійснене на останньому практичному занятті модуля.</p> <p>Максимальна кількість балів – 18 (вісімнадцять):</p> <ul style="list-style-type: none"> – студент виконав індивідуальне завдання та надав вірний порядок розв’язання у письмовому вигляді, перетворення та виведення формул логічно вірне, при розрахунку формул отримана правильна відповідь, розмірності відповідають фізичним величинам, або графічна побудова та отриманий результат відповідає умовам завдання (18 балів); – індивідуальне завдання вирішене в основному вірно, але допущена незначна помилка, або без відповідних пояснення (17...14 балів); – індивідуальне завдання вирішене в загальному вигляді, або містить грубу помилку в розрахунках, графічних побудовах, тощо або ж відсутня пряма відповідь на питання (13...9 балів); – індивідуальне завдання вирішувалося, але допущена груба помилка у виведенні, перетворенні формулі або її використанні (9...4 балів);

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
	<ul style="list-style-type: none"> – індивідуальне завдання вирішувалася, але в підсумку наведені лише самі загальні формули та міркування, або допущені грубі помилки у використанні формул (3...1 бали); – індивідуальне завдання не вирішувалося (0 балів).
Модульні контрольні роботи	<p>МКР виконуються в Moodle під час останнього практичного заняття в модулі за 1 годину 20 хвилин. В разі неявки або неможливості виконання МКР з поважних причин на таке заняття допускається відкриття виконання МКР за погодженням з викладачем в інший час асинхронно. Кількість спроб не обмежується, однак обмеження за часом виконання МКР залишається. Кожна модульна контрольна робота включає блок тестових завдань з матеріалу модуля (max 20 балів). Тестові завдання являють собою тести множинного вибору з однією вірною відповіддю. Тести оцінюються за співпадінням з правильною відповіддю.</p>

Додаткові зауваження:

– студент може оскаржити отримані оцінки в порядку, передбаченому Положенням про організацію освітнього процесу ([Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#)) та Положенням про політику та процедури врегулювання конфліктних ситуацій ([Академічні політики : Polytechnic \(metinvest.university\)](#));

– оцінки, отримані за роботу на практичних заняттях, не можуть бути відпрацьовані або покращені, окрім процедури оскарження, оцінки за інші види поточного контролю можуть бути покращені за індивідуальною домовленістю з викладачем;

– викладач не має права знижувати оцінку за індивідуальне завдання або модульну контрольну роботу, якщо вони не були складені вчасно, однак в разі, якщо така робота була оцінена пізніше, ніж момент завершення теоретичного навчання у семестрі, то відповідна оцінка не враховується у рейтингу здобувачів освіти.

4.3 Форма підсумкового контролю. Порядок визначення підсумкової оцінки

Форма підсумкового контролю	залік, тобто підсумкова оцінка вставляється як сума оцінок поточного контролю без проведення додаткових контрольних заходів.
Умови допуску до підсумкового контролю	якщо сума оцінок за поточний контроль за семестр становить менше 60 балів, необхідно відпрацювати відповідні види контролю поточної успішності до звершення теоретичного навчання.

Порядок визначення підсумкової оцінки	<p>– якщо протягом семестру за результатами поточного контролю здобувач освіти набрав менше 60 балів, то під час екзаменаційної сесії йому надається змога отримати/покращити власний результат з усіх видів поточного контролю, крім активності на навчальних заняттях;</p> <p>– в разі, якщо протягом семестру за результатами поточного контролю або в процесі покращення власних результатів здобувач освіти набрав більше 60 балів, йому виставляється фактична сума балів і оцінка «залік», в іншому випадку – «незалік».</p>
---------------------------------------	---

Відповідність між прийнятими в університеті шкалами оцінки наведена в таблиці.

Бальна шкала	Рівні	Характеристика	Традиційні шкали
90-100	A	Студент демонструє видатний рівень досягнення запланованих результатів вивчення навчальної дисципліни, що засвідчують його безумовну готовність до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом	Залік
82-89	B	Студент виявляє вищий за середній рівень досягнення запланованих результатів вивчення навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом, в його знаннях або діях присутні незначні помилки	
75-81	C	Студент виявляє середній рівень досягнення запланованих результатів вивчення навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом, в його знаннях або діях присутні деякі значущі помилки	
67-74	D	Студент виявляє задовільний рівень досягнення запланованих результатів вивчення навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом, в його знаннях або діях наявні суттєві помилки	
60-66	E	Наявні мінімально достатні для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом результати вивчення навчальної дисципліни	
35-59	FX	Низка запланованих результатів навчання не досягнуті. Рівень наявних результатів навчання є недостатнім для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом	Незалік
0-34	F	Результати навчання відсутні або критично низькі	

4.4 Особливі підходи до визнання результатів навчання

– В разі, якщо здобувач освіти обрав цю дисципліну як дисципліну вільного вибору, не зважаючи на той факт, чи вивчалася вона раніше, оцінка та кредити з цієї дисципліни не перезараховуються;


– В разі, якщо здобувач освіти хотів би самостійно вивчити певні курси з підготовка корисних копалин до збагачення (наприклад, Coursera, Udey або інших платформ, в т.ч. платформ відкритих курсів вітчизняних та/або закордонних університетів), або набув певні знання чи вміння під час внутрішньо національної чи міжнародної мобільності, то 1) доцільно звернутися до списку рекомендованих вебресурсів або проконсультуватися з викладачем на предмет релевантності самосійтно знайденого освітнього ресурсу програмі дисципліни; 2) в разі успішності опанування такого курсу, яке підтверджується сертифікатом або іншим способом, такому здобувачу у порядку, визначеному Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті [Нормативні документи: Polytechnic \(metinvest.university\)](http://metinvest.university), результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного контролю;

– В разі, якщо здобувач освіти реалізував певний вид наукової роботи (тези, стаття, результативна участь у студентській олімпіаді тощо), то у порядку, визначеному Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті [Нормативні документи: Polytechnic \(metinvest.university\)](http://metinvest.university), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного або навіть підсумкового контролю; консультацію з питань визнання результатів неформальної та інформальної освіти можна отримати в уповноваженої особи від кафедри, яка викладає дисципліну; перелік таких осіб можна знайти за посиланням [Студентам: Polytechnic \(metinvest.university\)](http://metinvest.university).

5 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

Базові

- 1 Пілов П. І. Гравітаційні методи збагачення корисних копалин : підручник. Дніпро : Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», 2021. 152 с.
- 2 Білецький В. С., Олійник Т. А., Смирнов В. О., Скляр Л. В. Техніка та технологія збагачення корисних копалин. Частина II. Основні процеси. Кривий Ріг : Криворізький національний університет. 2019. 212 с. URL: <http://lib.ktu.edu.ua/wp->



<content/uploads/2016/07/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B0-2.pdf>.

- 3 Теорія сепараційних процесів : навч. підручник / І. К. Младецький, К. А. Левченко та ін. ; М-во освіти і науки України ; ТОВ «Технічний університет «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». Дніпро : Журфонд, 2024. 204 с.
- 4 Смирнов В. О., Білецький В. С. Гравітаційні процеси збагачення корисних копалин. Донецьк : Східний видавничий дім, 2005. 300 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/161786795.pdf>.

Додаткові

- 1 Пілов П. І. Проектування збагачувальних фабрик залізних руд : навч. посіб. Дніпро : Пороги, 2021. 239 с.
- 2 Смирнов В. О., Білецький В. С. Проектування збагачувальних фабрик. Донецьк : Східний видавничий дім, 2008. 269 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/332833611_Smirnov_VO_Bileckij_VS_Proektuvanna_zbagacuvalni_h_fabrik_vidanna_druge_-_Doneck_Shidnij_vidavnicij_dim_2008_-_269_s.
- 3 Розробка технології збагачення техногенного родовища Вільногірського ГМКа / П. І. Пілов, К. А. Левченко, В. Ю. Шутов та ін. *Збагачення корисних копалин*. 2019. № 74(115). С. 3-13. URL: <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/155493>.
- 4 Concha A, Bascur F., Osvaldo A. The Engineering Science of Mineral Processing. 1st Edition. Taylor and Francis, 2024. 546 p. URL: <https://read.kortext.com/inventory/search/2570962>.
- 5 Mineral Processing on the Verge of the 21st Century. 1st Edition. Taylor and Francis, 2017. 772 p. URL: <https://read.kortext.com/inventory/search/309410>.

Web-ресурси

1. Міністерство освіти і науки України : веб-сайт. URL: <https://mon.gov.ua/> (дата звернення: 16.09.2024).
2. Державна науково-технічна бібліотека України : веб-сайт. URL: <https://dntb.gov.ua/> (дата звернення: 16.09.2024).
3. Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського : веб-сайт. URL: <http://www.nbu.gov.ua/> (дата звернення: 16.09.2024).
4. Kortext : веб-сайт. URL: <https://kortext.com/> (дата звернення: 16.09.2024).
5. Інституційний репозитарій ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» : веб-сайт. URL:



<https://dspace.mipolytech.education/home> (дата звернення: 16.09.2024).

6. Центральна державна науково-технічна бібліотека гірничо-металургійного комплексу України : веб-сайт. URL: <http://cgntb.dp.ua/> (дата звернення: 16.09.2024).

6 АКАДЕМІЧНІ ПОЛІТИКИ


Як член спільноти Технічного університету «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» Ви маєте дотримуватися певних стандартів та академічної політики:

– **Академічна недоброчесність** у вигляді академічного плагиату; фабрикації; фальсифікації; списування обману; хабарництва; необ'єктивного оцінювання; надання здобувачам освіти під час проходження ними оцінювання результатів навчання допомоги чи створення перешкод, не передбачених умовами та/або процедурами проходження такого оцінювання; впливу у будь-якій формі (прохання, умовляння, вказівка, погроза, примушування тощо) на педагогічного (науково-педагогічного) працівника з метою здійснення ним необ'єктивного оцінювання результатів навчання – прямо заборонено (докладніше про це – у Положенні про академічну доброчесність здобувачів вищої освіти та науково-педагогічних працівників ТОВ ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»); і в разі виявлення – **відповідний захід контролю (контрольну точку) буде оцінено в 0 балів за з наступним повідомленням декану факультету та голові комісії з академічної доброчесності Університету.**

– В разі випадку надання здобувачам освіти під час проходження ними оцінювання результатів навчання допомоги чи створення перешкод, не передбачених умовами та/або процедурами проходження такого оцінювання; впливу у будь-якій формі (прохання, умовляння, вказівка, погроза, примушування тощо) на педагогічного (науково-педагогічного) працівника з метою здійснення ним необ'єктивного оцінювання результатів навчання студент може оскаржити процедури оцінювання за процедурами, передбаченими Положенням про організацію освітнього процесу (розділ 10).

– Матеріали в рамках курсу, захищені авторським правом, можуть бути використані лише тільки здобувачами освіти, яким призначено даний курс і для цілей, пов'язаних з цим курсом і не можуть поширюватися.

– Спілкування з однокурсниками та викладачем має бути професійним та ввічливим.



– Очікується, що Ви перевірятимете всі Ваші письмові повідомлення, включаючи поштові повідомлення та повідомлення у MS Teams на коректність змісту та мови.

– Університет прагне підтримувати середовище, вільне від дискримінації або дискримінаційних домагань, спрямованих на будь-яку людину або групу в межах своєї спільноти - здобувачів освіти, співробітників або відвідувачів.

Докладніше про академічні політики стосовно етичності поведінки, академічної доброчесності та протидію булінгу можна дізнатися за посиланням: [Академічні політики - Polytechnic \(metinvest.university\)](https://metinvest.university/uk/academic-policies)