

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗБАГАЧЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН

ОПИС КУРСУ

Дисципліна спеціальної підготовки спрямована на набуття компетентностей в сфері моделювання технологічних процесів, схем збагачення корисної копалини.

Об'єктами моделювання у галузі збагачення корисних копалин можуть бути збагачувальні машини і апарати, транспортні системи, технологічні операції і схеми, відділення, цехи і збагачувальна фабрика у цілому. Отримання моделі дозволяє пояснити властивості процесу, а також забезпечити подальшу роботу, яка полягає у відшукуванні найкращого результату або режиму.

Моделювання у галузі збагачення корисних копалин має на меті, по-перше, створення спрощених, але адекватних відображень-моделей технологічних процесів, по-друге, вивчення технологічних процесів збагачення за допомогою одержаних моделей і, по-третє, прогнозування їх результатів за різних умов, зміні характеристик перероблюваної сировини, що використовується як у практиці збагачення, так і при проектуванні збагачувальних фабрик, розробці раціональних та оптимальних технологічних режимів, автоматичному керуванні процесами тощо.

В результаті вивчення дисципліни здобувачі зможуть опанувати методики математичного та фізичного моделювання, що дозволить без суттєвих витрат імітувати на ЕОМ різноманітні варіанти технологічних процесів, схем збагачення, шихтовок корисної копалини, навантажень на апарати і таким чином, підвищувати їх ефективність роботи при переробці та збагачення корисних копалин.

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.

Дисципліна є обов'язковою для вивчення бакалаврами ОПП «Збагачення корисних копалин». Дисципліна не рекомендується як елемент індивідуальної освітньої траєкторії для інших освітніх програм.

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 до збагачення;
- знання про основні та допоміжні 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).

МЛАДЕЦЬКИЙ Ігор

ihor.mladetskyi@mipolytech.education
доктор технічних наук, професор, фахівець в
галузі збагачення корисних копалин



mip metinvest
polytechnic

Освітній рівень

Бакалавр

Кількість
кредитів

6,5

Назва кафедри,
яка пропонує
дисципліну

Гірничої справи

ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

- здійснювати системний аналіз гірничих систем і технологій;
- знати вимоги законодавства щодо безпечного ведення робіт і експлуатації обладнання у сфері професійної діяльності, вміти забезпечувати виконання цих вимог у практичних ситуаціях;
- застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для визначення технологічних параметрів і показників гірничих підприємств, оцінювати адекватність моделей, їх надійність і точність одержуваних оцінок;
- застосовувати розрахункові методи для визначення технологічних показників, таких як вміст корисних компонентів, виходи продукту, ефективність процесу, вилучення цінного компоненту у продукт.
- впроваджувати технологічні схеми збагачення корисних копалин, включаючи вибір та розміщення різних типів устаткування, розрахунок масштабів технологічних процесів та оптимізацію послідовності операцій;
- застосовувати оптимальні технологічні схеми та процеси збагачення корисних копалин з метою досягнення максимального вилучення цінного продукту у концентрат;
- впроваджувати методи та технології, спрямовані на зниження споживання енергії в процесах збагачення корисних копалин, такі як оптимізація енергоефективності устаткування, використання регенеративних джерел енергії та впровадження енергозберігаючих практик.

ТЕМАТИКА

Основні поняття. Основна мета, принципи та етапи моделювання технологічних процесів. Особливості моделювання процесів збагачення корисних копалин. Фізичне моделювання процесів. Теорія подібності. Рух в'язкої рідини. Умови застосування теорії подібності. Гідродинамічна подібність. Теплова подібність. Дифузійна подібність. Подібність деяких часткових випадків переносу. Метод аналізу розмірностей. Моделювання на основі методу аналогій. Моделювання плоских потоків на основі електрогідродинамічної аналогії (ЕГДА). Статистична оцінка імовірності досліджень. Оцінка помилок вимірювань. Статистичні критерії розходження. Критерій Ст'юдента (t-критерій). Послідовний аналіз Вальда. Критерій Фішера (F-критерій), Кохрена (G-критерій), Пірсона (χ^2 -критерій). Моделювання із застосуванням «активних» і «пасивних» методів експерименту. «Пасивні» методи моделювання із застосуванням дисперсійного, регресійного і кореляційного аналізів. «Активний» метод оптимального планування експериментів. Техніка постановки «активного» експерименту. Визначення критерію процесу та незалежних факторів. Вибір структури моделі і плану експерименту. Факторне планування експериментів. Метод крутого сходження. Еволюційне планування експериментів. Симплексний метод планування експериментів. Ротатабельне центрально-композиційне планування експериментів. Аналітичні і комбіновані методи моделювання. Графічні методи. Факторні моделі. Феноменологічні моделі. Моделі-графи. Спеціальні методи моделювання. Моделювання на основі елементів прогнозування. Евристичне моделювання. Адаптаційне моделювання. Сепараційні характеристики збагачувальних процесів як математичні моделі. Опис вихідної мінеральної сировини. Математичний опис гранулометричного, фракційного складу сипкої мінеральної сировини. Моделювання підготовчих процесів збагачення корисних копалин. Моделювання процесів дезінтеграції (дроблення, подрібнення). Моделювання процесу грохочення, гравітаційної класифікації. Моделювання гравітаційних процесів (важкосередовищної сепарації, відсадки, гвинтової сепарації, концентрації на столах). Сепараційні характеристики як моделі процесів гравітаційного збагачення корисних копалин. Моделювання процесу флотації. Моделювання процесу магнітної сепарації. Структурно-функціональна схема процесу згущення у радіальному згущувачі. Моделювання процесу осадження дисперсної фази. Імовірнісна модель згущення. Факторна модель процесу фільтрування. Математичне моделювання процесів зневоднення. Постановка проблеми і загальні рішення. Аналіз сепараційних характеристик схем збагачення. Аналіз циркулюючих навантажень. Моделювання процесів збагачення корисних копалин із застосуванням комп'ютерних технологій. Практика чисельного (комп'ютерного)

модельовання. Вибір емпіричної формули. Метод вирівнювання. Визначення коефіцієнтів емпіричної формули.

ОРГАНІЗАЦІЯ КУРСУ, ФОРМИ ТА МЕТОДИ НАВЧАННЯ

- Освітній процес будується як комбінація лекцій та самостійного вивчення навчального матеріалу на платформі Moodle – з одного боку, та проблемно орієнтованих семінарських занять 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.
- Семінари і 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.

ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ

Розподіл балів за контрольними точками та графік їх виконання

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

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), або (шість):</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 (100% оцінки); – надано порядок розв'язання у письмовому вигляді, порядок розв'язання є логічно вірним, однак кінцевий результат є невірним (99-50% оцінки); – надано порядок розв'язання у письмовому вигляді, однак у логіці розв'язання, отримання чисельних результатах є помилки (49-1% оцінки);

	<ul style="list-style-type: none"> – 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 та захист 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 вірно, 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...10 балів); – індивідуальне завдання вирішувалося, але допущена груба помилка у виведенні, перетворенні формулі або її використанні (9...5 балів); – індивідуальне завдання вирішувалося, але в підсумку наведені лише самі загальні формули та міркування, або допущені грубі помилки у використанні формул (4...1 бали); <p>індивідуальне завдання не вирішувалося (0 балів).</p>
Модульні контрольні роботи	<p>МКР виконуються в Moodle під час останнього практичного заняття в модулі за 1 годину 10 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. 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.

Форма підсумкового контролю. Порядок визначення підсумкової оцінки

Форма підсумкового контролю	Іспит, який включає блок тестових завдань та задач з матеріалу модуля.
Умови допуску до підсумкового контролю	Якщо сума оцінок за поточний контроль не менше 35 балів; якщо здобувачі освіти в результаті самооцінки академічного прогресу не впевнені, що набрали 35 балів за поточну успішність, складуть іспит на 85 балів і вище, то вони мають підвищити власні результати поточного контролю до прийняттого рівня
Порядок визначення підсумкової оцінки	Для варіанту екзамену: підсумкова оцінка (ПО) визначається як середнє арифметичне поточної успішності з навчальної дисципліни (О) та оцінки, отриманої під час іспиту (І). В разі, якщо оцінка, отримана на іспиті, менше 60 балів, підсумкова оцінка дорівнює оцінці іспиту:

	$\begin{cases} \text{ПО} = \frac{0+1}{2}, & \text{якщо } I \geq 60 \\ I, & \text{якщо } I < 60 \end{cases}$
Порядок проходження екзамену	Екзамен складається в Moodle у визначений розкладом екзаменаційної сесії період; до складу завдань екзамену (100 балів) входять тестові завдання множинного вибору з однією вірною відповіддю (по 1 балу) та задачі, які передбачають обґрунтування порядку розв'язання, виконання розрахунків (по 20 балів). Екзамен оцінює ступінь володіння практичними питаннями та розуміння теоретичних аспектів із підготовки корисних копалин до збагачення за проблематикою всього курсу. На складання екзамену надається 1 спроба. Порядок оскарження екзаменаційної оцінки визначений у розділі 10 Положення про організацію освітнього процесу ((Нормативні документи : Polytechnic (metinvest.university)))

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	Відмінно
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	Добре
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	Задовільно
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	Незадовільно
0-34	F	Результати навчання відсутні або критично низькі	

ОСОБЛИВІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

– В разі, якщо дисципліна є обов'язковою для здобувача освіти, і він засвоїв повністю або частково відповідні програмні результати навчання під час отримання освіти на попередніх або такому ж рівні (дисципліни «Синтез технологій збагачення корисних копалин», або подібної), то кредити та оцінка з дисципліни може бути перезарахована в порядку, передбаченому Положенням про організацію освітнього процесу ([Нормативні документи: Polytechnic \(metinvest.university\)](#)). Консультацію з даного питання можна отримати у викладача, куратора або гаранта освітньої програми, завідувача кафедри, за якою закріплено цю дисципліну;

– 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 щодо дослідження збагачуваності корисних копалин (наприклад, Coursera, UdeMy 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 \(metinvest.university\)](https://metinvest.university), такі 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 \(metinvest.university\)](https://metinvest.university), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного або навіть підсумкового контролю; перелік таких осіб можна знайти за посиланням [Студентам: Polytechnic \(metinvest.university\)](https://metinvest.university)

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кравець В. Г., Білецький В. С., Смирнов В. О., Сергєєв П. В. Моделювання процесів збагачення корисних копалин : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 437с.
2. Младецький І. К., Пілов П. І. Технологічні розрахунки показників збагачення корисних копалин : навч. посібник. Дніпропетровськ : НГУ, 2005. 156 с.
3. Младецький І. К., Левченко К. А., Дрешпак О. С., Березняк О. О., Медяник В. Ю. Синтез технологій збагачення корисних копалин : навчальний посібник. Дніпро : НТУ «ДП», 2023. 137 с. URL: <https://dspace.mipolytech.edu/handle/mip/593>
4. Пілов П. І., Мильцин А. М., Олевський В. І. Математичне моделювання та структурно-екстраполярий аналіз в задачах збагачення : монографія. Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2011. 187 с.
5. Младецький І. К., Пілов П. І., Левченко К. А., Дрешпак О. С. Теорія сепараційних процесів : навчальний посібник / М-во освіти і науки України, ТОВ «Технічний університет «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». Дніпро : Журфонд, 2024. 204 с.

АКАДЕМІЧНІ ПОЛІТИКИ

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

– **Академічна недоброчесність** вигляді академічного плагіату; 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 із 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.
- Використання ШІ не заборонене, разом з тим, воно має здійснюватися відповідально і з урахуванням «живих» політик щодо використання ШІ в Університеті: студент відповідає за повноту, вірогідність інформації, яка була згенерована/знайдена з використанням великих мовних моделей, здатний ідентифікувати у відповіді, яка частина інформації отримана з використанням технологій ШІ, а що є його власним здобутком/позицією.
- 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)