

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

**«Моделі технічного обслуговування
складних систем»**

Затверджено на засіданні кафедри
матеріалознавства та прикладної
механіки
Протокол №2 від «4» вересня 2025 р.



УКЛАДАЧ(І):

- 1 Арустамян Артем, доктор філософських наук, доцент кафедри Матеріалознавства та прикладної механіки

УЗГОДЖЕНО:

Гарант освітньої програми
«Інжиніринг механічного
обладнання та систем»

Тетяна КУЛІК

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри
матеріалознавства і
прикладної механіки

Володимир ПАШИНСЬКИЙ

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Актуальність, теоретична та практична значущість вивчення навчальної дисципліни.

Дисципліна спрямована на підготовку майбутнього фахівця гірничо-металургійного комплексу, який технічно впевнено на основі техніко-економічного обґрунтування і з врахуванням прогресивної техніки і технологій зможе робити вибір раціональних схем і засобів моделей складних систем в конкретних умовах експлуатації. Здобути методичні та теоретичні знання, ознайомитись з моделями технічного обслуговування в гірничо-металургійному комплексі. Дисципліна належить до циклу самостійного вибору дисциплін за переліком програми Міністерства освіти і науки України. відноситься до фахових дисциплін. Являється необхідним фундаментом для вивчення подальших дисциплін, при виконанні магістерської роботи, та формує профільну підготовку студентів що спеціалізуються в галузі проєктування, виробництва та експлуатації спеціальної техніки.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен знати і вміти: основні принципи системної інженерії, етапи життєвого циклу технічного комплексу, методи аналізу вимог, критерії оптимізації та оцінки проєктних рішень.; теоретичні основи для обґрунтування вибору і експлуатаційних вимог; питання міцності елементів; питання продуктивності застосованих машин; вплив технологічних причин на працездатність гірничого-металургійного комплексу; Проводити аналіз вимог зацікавлених сторін, розробляти архітектуру технічного комплексу, використовувати програмні засоби для моделювання, оцінювати ризики та управляти проєктом.

Передбачено вивчення сучасних системи професійних знань, умінь та навичок в галузі машинобудування та здатності їх використовувати для створення нових та експлуатації існуючого гірничого обладнання.


Отримані знання будуть використані в професійній діяльності спеціаліста якій проєктує, моделює та експлуатує технічні комплекси складних систем.

Вимоги:

- наявність корпоративного облікового запису @mipolytech.education, Microsoft Teams, Word, Excel;
- наявність особистого логіну та пароллю в Moodle;
- базові шкільні знання із хімії, фізики, математики та інформатики;
- знання основ технологічних процесів металургії та гірництва, основних понять прикладної механіки та деталей машин, основних типів технологічного, вантажопідйомного та транспортного устаткування та машин.
- вивчення курсу «Надійність, монтаж та ремонт гірничого обладнання» в Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» відбувається паралельно або після вивчення інженерної математики та статистики та фізики, що дозволить Вам оновити необхідні математичні знання та навички.
- дисципліна не рекомендована до вивчення в якості вибіркової

Програмні результати навчання:

- Знати конструкції складного механічного обладнання, методики його вибору, розрахунку, технічного обслуговування та експлуатації, зокрема систем гірничодобувного та металургійного виробництва.
- Аналізувати технічний стан складних систем і обґрунтовувати вибір моделей технічного обслуговування, діагностування та ремонту з урахуванням показників надійності й ефективності.

- 
- Розуміти та застосовувати принципи роботи автоматизованих систем контролю й керування технічним станом обладнання, обирати оптимальні засоби автоматики для підтримання працездатності систем.
 - Використовувати сучасні методи та програмні засоби моделювання для оптимізації процесів обслуговування і безпечної експлуатації складних технічних систем.

Організація курсу, форми та методи навчання.

- Освітній процес будується як комбінація лекцій та самостійного вивчення навчального матеріалу на платформі Moodle – з одного боку, та відпрацювання практичних навичок на проблемно-орієнтованих практичних – 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 розв'язання задач різних рівнів складності з особливою увагою на завдання прикладної спрямованості в рамках спеціалізації та забезпечення міждисциплінарних зв'язків, в тому числі з використанням інформаційно-комунікаційних технологій; їх відвідування є бажаним.

- Від студента потребується виконати індивідуальні завдання прикладної спрямованості із використанням комп'ютерно-інформаційних технологій та пакетів математичних прикладних програм, модульні контрольні роботи, завдання, винесені на практичні (семінарські) заняття 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, фактологічна та інша інформація).

2 НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

Для варіанту вивчення дисципліни як обов'язкового компоненту **Змістовий модуль 1**


Тема 1. Вступ до теорії надійності та обслуговування складних систем

Теорія надійності як міждисциплінарна галузь інженерних знань. Роль надійності в життєвому циклі технічних систем. Вплив відмов на безпеку, економічність та екологічність експлуатації обладнання. Надійність як властивість складної технічної системи зберігати працездатність у заданих умовах протягом визначеного часу.

Основні поняття: надійність, безвідмовність, ремонтпридатність, довговічність, збережуваність, готовність, відмова, деградація, граничний стан, відновлення. Типи відмов: раптові, поступові, приховані, катастрофічні, функціональні. Причини відмов: конструктивні, виробничі, експлуатаційні, організаційні.

Поняття складної системи. Ієрархічна структура технічних комплексів. Взаємодія елементів і підсистем. Надійність як системна властивість. Вплив структурної схеми на надійність.

Класифікація моделей технічного обслуговування (ТО): післявідмовне (reactive), профілактичне (preventive), за станом (condition-based), прогностичне (predictive). Переваги та обмеження кожної стратегії. Комбіновані стратегії ТО.



Життєвий цикл системи: проектування, виготовлення, експлуатація, модернізація, утилізація. Роль ТО на кожному етапі. Взаємозв'язок надійності та вартості життєвого циклу (LCC).

Показники ефективності ТО: коефіцієнт готовності (Availability), середній час безвідмовної роботи (MTBF), середній час відновлення (MTTR), інтенсивність відмов, коефіцієнт технічного використання. Інтерпретація показників у виробничій практиці.

Нормативні документи та міжнародні стандарти в галузі надійності й обслуговування (ISO 55000, IEC 60300). Інженерні приклади аналізу надійності в машинобудуванні.

Тема 2. Математичні основи моделювання ТО: потоки подій та процеси відновлення

Стохастичні процеси як математична база моделювання надійності. Випадкові події у технічних системах. Потоки відмов як випадкові процеси. Властивості пуассонівських потоків: ординарність, стаціонарність, відсутність післядії.

Відновлювальні процеси. Функції розподілу часу безвідмовної роботи. Експоненційний, нормальний, логнормальний, Вейбуллів розподіли. Фізична інтерпретація параметрів розподілів. Методи оцінювання параметрів на основі статистичних даних.

Інтенсивність відмов і функція ризику. Криві надійності типу "ванни". Моделі старіння обладнання.

Марківські процеси у моделях ТО. Безперервні та дискретні марківські ланцюги. Графи станів системи. Побудова матриці переходів. Складання та розв'язування рівнянь Колмогорова. Стаціонарні й перехідні режими.

Немарківські процеси відновлення. Напівмарківські моделі. Узагальнені процеси відновлення.

Системи масового обслуговування (СМО) як моделі ремонтних служб. Моделі типу M/M/1, M/M/n, M/G/1. Черги на ремонт. Ймовірність простою. Вплив кількості ремонтних каналів на ефективність системи.

Імітаційне моделювання процесів ТО. Монте-Карло. Комп'ютерні пакети для моделювання надійності.

Тема 3. Моделі післявідмовового (коригувального) та періодичного ТО

Модель циклу "відмова-відновлення". Часовий аналіз роботи відновлюваної системи. Середній коефіцієнт готовності. Баланс часу роботи і простою.

Моделі систем із резервуванням: активне (навантажене), пасивне (ненавантажене), полегшене резервування. Надійність структурних схем: послідовна, паралельна, змішана. Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи.

Моделі коригувального ТО з обмеженими ресурсами ремонту. Вплив затримок на показники готовності.

Періодичне профілактичне ТО. Моделі з фіксованим інтервалом обслуговування. Зношування елементів. Баланс між профілактикою і відмовами.


Оптимізація інтервалів ТО. Критерії: максимум готовності, мінімум витрат, мінімум ризику. Методи варіаційної оптимізації.

Надійність складних багатокомпонентних систем. Аналіз чутливості. Приклади розрахунків для промислових систем.

Змістовий модуль 2.

Тема 4. Моделі ТО з контролем стану (за технічним станом) та прогностичне обслуговування

Концепція технічного обслуговування за станом (Condition-Based Maintenance, CBM) як еволюція профілактичних стратегій. Порівняння реактивних, планових і станоорієнтованих підходів. Економічна доцільність CBM у високонавантажених технічних системах.



Моніторинг технічного стану як основа моделей CBM. Архітектура систем діагностики: сенсори, системи збору даних, обробка сигналів, аналітичні модулі. Онлайн та офлайн моніторинг. Безперервні й дискретні вимірювання.

Методи технічної діагностики: вібродіагностика та спектральний аналіз, термографія та теплові поля, аналіз мастильних матеріалів, акустична емісія, ультразвукова діагностика, електричні методи контролю.

Математичні моделі деградації. Стохастичні процеси зростання пошкоджень. Моделі накопичення зношування. Процеси гамма-типу, процеси Вінера, марківські моделі деградації.

Оцінка залишкового ресурсу (Remaining Useful Life, RUL). Методи регресійного прогнозування. Байєсівські моделі. Фільтр Калмана. Нейромережеві прогностичні моделі.

Прогностичне обслуговування (Predictive Maintenance, PdM) як розвиток CBM. Використання машинного навчання: класифікація станів, виявлення аномалій, часові ряди. Навчання на історичних даних відмов.

Індустрія 4.0 у системах ТО. Інтернет речей (IoT) для промислових систем. Хмарні платформи обробки даних. Великі дані в аналізі надійності. Кіберфізичні виробничі системи.

Марківські та напівмарківські моделі з прогнозуючими втручаннями. Моделі з граничним станом. Оптимальні політики обслуговування за станом.

Цифрові двійники обладнання. Онлайн-симуляція деградації. Інтеграція фізичних і математичних моделей. Адаптивне управління стратегією ТО.

Безпека даних і кіберзахист у системах моніторингу стану. Надійність інформаційної інфраструктури.

Тема 5. Моделі групового, багатоканального та багаторівневого обслуговування

Групове технічне обслуговування як метод зниження експлуатаційних витрат. Формування пакетів ремонтних робіт. Узгодження графіків ТО різних елементів системи.

Критерії групування: часові, ресурсні, ризикові, логістичні. Оптимізація пакетного ТО за критерієм мінімуму простою.

Стохастичні моделі групового відновлення. Залежні відмови. Синхронізація циклів обслуговування.

Багатоканальні ремонтні системи. Моделі черг із обмеженими ресурсами. Ремонтні бригади як канали обслуговування. Ймовірність втрат через перевантаження.

Системи масового обслуговування з пріоритетами. Обслуговування критичних вузлів. Теорія пріоритетних черг.

Матриця станів багатоканальної системи. Рівняння балансу. Стаціонарні розподіли. Ймовірність очікування ремонту.

Багаторівнева структура обслуговування: оперативне втручання на місці, середній ремонт у сервісному центрі, капітальний ремонт на заводі.

Ешелоновані моделі ТО. Перерозподіл ресурсів між рівнями. Оптимізація структури ремонтної мережі.


Логістика запасних частин. Моделі управління складом. Теорія запасів у системах ТО. Мінімізація ризику дефіциту.

Надійність ланцюгів постачання. Вплив затримок на готовність системи. Резервування запасів.

Імітаційне моделювання складних ремонтних систем. Комп'ютерні експерименти для вибору оптимальної структури ТО.

Тема 6. Економічні аспекти та оптимізація стратегій ТО. Сучасні тренди

Економіка надійності технічних систем. Вартість життєвого циклу (Life Cycle Cost, LCC). Структура витрат: капітальні, експлуатаційні, ремонтні, втрати від простою.



Моделі витрат у стратегіях ТО. Баланс між частотою обслуговування та ризиком відмов. Економічний ефект профілактики.

Оптимізація стратегій ТО: мінімум сумарних витрат, максимум готовності, мінімум ризику, багатокритеріальна оптимізація.

Методи оптимізації: динамічне програмування, стохастичне моделювання, евристичні алгоритми.

Управління ризиками в технічному обслуговуванні. Ідентифікація небезпек. Оцінка наслідків відмов. Аналіз ризик-орієнтованого ТО (Risk-Based Maintenance).

Методологія FMECA. Визначення критичності елементів. Пріоритезація технічних втручань. Планування ресурсів за критичністю.

Надійність і безпека критичних інфраструктур. Людський фактор у ТО. Організаційна надійність.

Цифрові двійники як інструмент економічної оптимізації. Онлайн-аналіз витрат. Прогнозування ефективності стратегій ТО.

Обслуговування, орієнтоване на доступність (Availability-Oriented Maintenance). Контракти на гарантовану доступність обладнання.

Сервітизація промисловості. Перехід від продажу обладнання до продажу функції. Моделі "product-as-a-service".

Індустрія 5.0 і автономні системи ТО. Роботизовані ремонти. AI-управління ремонтними ресурсами. Самоорганізуючі ремонтні системи.

Екологічні аспекти технічного обслуговування. Стале виробництво. Мінімізація відходів і енергоспоживання.

3 ОБСЯГ І СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

3.1 Розподіл обсягу дисципліни за видами навчальних занять та темами для освітніх програм, в яких вивчення дисципліни є обов'язковим

№ з/п	Назви змістових модулів і тем	Усього	Кількість годин			
			Моделі технічного обслуговування складних систем			
			Л	П (С)	Лаб	СРС
Змістовий модуль 1						
1.	Тема 1. Вступ до теорії надійності та обслуговування складних систем.	16	2	2		12
2.	Тема 2. Математичні основи моделювання ТО: потоки подій та процеси відновлення.	20	4	2		14
3.	Тема 3. Моделі післявідмовового (коригувального) та періодичного ТО	24	4	6		14
Змістовий модуль 2						
4.	Тема 4. Моделі ТО з контролем стану (за технічним станом) та прогностичне обслуговування.	22	4	4		14
5.	Тема 5. Моделі групового, багатоканального та багаторівневого обслуговування.	22	4	4		14
6.	Тема 6. Економічні аспекти та оптимізація стратегій ТО. Сучасні тренди.	16	2	2		12
Усього годин		120	20	20		80

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

3.2 Перелік практичних робіт

№ з/п	Назва або опис змісту практичної роботи
1	Розрахунок базових показників надійності на прикладах реальних систем.
2	Аналіз впливу MTBF та MTTR на коефіцієнт готовності.
3	Моделювання потоків відмов та відновлень за допомогою програмного забезпечення (AnyLogic, Python з бібліотеками <code>simpy</code> , <code>pumpy</code>).
4	Розв'язання систем диференціальних/алгебраїчних рівнянь для знаходження фінальних ймовірностей станів.
5	Побудова простої моделі прогнозування залишкового ресурсу (RUL) за допомогою регресійних методів (Python, <code>scikit-learn</code>).
6	Моделювання багатоканальної системи ТО в середовищі імітаційного моделювання.

3.3 Перелік лабораторних робіт

Лабораторні роботи не передбачаються.

3.4 Перелік розрахункових, аналітичних, графічних та ін. індивідуальних завдань

№ з/п	Назва або опис змісту практичної роботи
1	Вибрати модель відповідно до специфіки вашої освітньої траєкторії. Крани спеціального призначення. Виймально-навантажувальну техніку. Навести особливості конструкції машини. Позначити вузли машини. Привести опис принципу роботи машини. Навести приклади де вона застосовується, в яких технологічних схемах.
2	До вибраної моделі або обладнання і індивідуальному завданні 1, навести розрахунок: базових показників надійності на прикладах реальних систем.

4. ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ

4.1 Розподіл балів за контрольними точками та графік їх виконання

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

Зміст та вимоги до контрольних точок

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
Робота на практичних/лабораторних заняттях	Максимальна накопичувальна оцінка за роботу на практичних/лабораторних заняттях за двома змістовними модулями становить 20 балів. Оцінка за роботу на практичному (лабораторному) занятті оголошується наприкінці заняття і може бути оскаржена одразу ж. На вказаному згідно розділу «Розподіл балів за контрольними точками та графік їх виконання» практичному занятті пропонуються завдання. Якщо студент дав пряму і релевантну відповідь на поставлене питання з використанням обґрунтованого посилання на теоретичний матеріал та варіації зміни відповідь на зміну вхідних умов, в т.ч. у вигляді додаткових запитань / зміг стисло формалізувати сутність проблеми за ситуацією, ідентифікувати ключові складові і пріоритети вирішення, запропонував логічне розв'язання він отримує 4 бали. Підготовлена практична робота завантажується у вигляді файлу звіту з розширенням .docx, pdf. або презентаційного модуля у MS PowerPoint у мудл.
Виконання та захист індивідуального завдання	Курсом передбачено виконання двох індивідуальних завдань. Індивідуальні завдання виконуються самостійно у зручний для студента час в межах терміну подачі роботи, передбачених у розділі «Розподіл балів за контрольними точками та графік їх виконання» та розміщується у відповідному розділі на платформі Moodle. Розв'язання кожного завдання завантажується у вигляді файлу звіту з розширенням .docx, pdf.

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
	<p>або презентаційного модуля у MS PowerPoint. Максимальна кількість балів за кожне окреме індивідуальне завдання - 18 балів та визначається в залежності від обґрунтування ходу розв'язання, рівня формалізації задачі, правильності отриманого розв'язку та аналізу результату з використанням можливості офісних систем. Максимальні 18 балів студент отримує якщо підготував відповідь за ситуаційним завданням, в якому: правильно визначив проблеми, комплекс факторів, які могли вплинути на їх виникнення, обґрунтував своє бачення теоретичними концепціями або моделями, виконав необхідні розрахунки в разі потреби, представив висновок або власне бачення виходу з проблеми і окреслив можливі перспективи і обмеженість такого рішення; відповідь структурована, викладена діловим, науковим або публіцистичним стилем української мови). Якщо відповідь отримана з використанням ШІ, але містить суттєві похибки або не є комплексною, або не відповідає за усталеним оформленням, термінологією, або іншим вимогам до завдання, то оцінка за виконання знижується. Перевірка індивідуального завдання виконується протягом тижня після завершення терміну подачі роботи. За побажання студента при наявності похибок або виконання індивідуального завдання не в повному обсязі допускається доопрацювання до передостаннього тижня навчання. Оскарження оцінки може бути здійснене на останньому практичному занятті модуля.</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. Кількість спроб не обмежується, однак обмеження по часу виконання МКР залишається. Кожна модульна контрольна робота включає блок відкритих питань та задач з матеріалу модуля (max 20 балів). Відкриті питання стосуються основних ключових моментів відповідного модулю. Задачі передбачають обґрунтування порядку розв'язання проблем, виконання розрахунків. Відповідь на питання оцінюється з точки зору правильності, повноти, залучення додаткової інформації, надання практичних прикладів. При розв'язанні задач оцінюється логіка і обґрунтованість розв'язання, правильність арифметичних розрахунків.</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.

Варіант вивчення як обов'язкової	
Форма підсумкового контролю	Письмовий екзамен за матеріалом семестру
Умови допуску до підсумкового	Не менше 35 балів; якщо здобувачі освіти в результаті самооцінки академічного прогресу не впевнені, що набравши 35 балів за поточну успішність, складуть іспит на 85 балів і вище, то вони мають

контролю	підвищити власні результати поточного контролю до прийняттого рівня
Порядок визначення підсумкової оцінки	<p>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:</p> $\begin{cases} \text{ПО} = \frac{O + I}{2}, & \text{якщо } I \geq 60 \\ I, & \text{якщо } I < 60 \end{cases}$
Порядок проходження екзамену	<p>Екзамен складається в Moodle у визначений розкладом екзаменаційної сесії період;</p> <p>До складу завдань екзамену (100 балів) входять: тестові завдання множинного вибору з однією вірною відповіддю (30 балів), та розрахункові завдання із внесенням числової відповіді, необхідна точність розрахунків яких вказані в умові завдання (40 балів), а також задачі, які передбачають наведення основних етапів розв'язку в прикріпленому студентом файлі формату *.jpg (30 балів).</p> <p>На складання екзамену надається 3 спроби. Порядок оскарження екзаменаційної оцінки визначений у розділі 10 Положення про організацію освітнього процесу Нормативні документи : Polytechnic (metinvest.university)</p>

Відповідність між прийнятими в університеті шкалами оцінки наведена в таблиці.

Бальна шкала	Рівні	Характеристика	Традиційні шкали	
			Іспит	Залік
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	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	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		

Бальна шкала	Рівні	Характеристика	Традиційні шкали	
			Іспит	Залік
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	Незалік
0-34	F	Результати навчання відсутні або критично низькі		

4.2 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 «Гірничі механічні комплекси», «Металургійні механічні комплекси»), то кредити та оцінка з дисципліни може бути перезарахована в порядку, передбаченому Положенням про організацію освітнього процесу (Нормативні документи: (([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 хотів би самостійно вивчити певні курси з проблематики (наприклад, Coursera, UdeMy або інших платформ, в т.ч. платформ відкритих курсів вітчизняних та/або закордонних університетів), то 1) доцільно звернутися до списку рекомендованих вебресурсів або проконсультуватися з викладачем на предмет релевантності самостійно 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 \(metinvest.university\)](#)) 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, такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного або навіть підсумкового контролю. Нормативні документи : : [Студентам : Polytechnic \(metinvest.university\)](#).

4 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

Базові

1. IEC 60300-3-10:2025. Dependability management — Part 3-10: Application guide — Maintainability and maintenance. Geneva : International Electrotechnical Commission, 2025.
2. Singh C. D., Singh D., Singh K. J., Kaur H. *Condition-Based Maintenance and Residual Life Prediction*. Hoboken : Wiley, 2025.
3. Cao H. et al. Condition-based maintenance in complex degradation systems: decision-making methods and review // *Machines*. 2025.
4. Rozas H. *Advances in optimizing condition-based maintenance using predictive analytics*. 2024.
5. Azizi F. et al. A novel condition-based maintenance framework for continuously monitored production systems // *Reliability Engineering & System Safety*. 2023.
6. Пічугін С. Ф. *Сучасні проблеми надійності технічних систем*. Київ : [вид-во], 2023.
7. Panchal D., Chatterjee P., Pamucar D., Tyagi M. (eds.). *Reliability and Risk Modeling of Engineering Systems*. Cham : Springer, 2021.
8. Lughofer E., Sayed-Mouchaweh M. (eds.). *Predictive Maintenance in Dynamic Systems: Advanced Methods, Decision Support Tools and Real-World Applications*. Cham : Springer, 2019.

Додаткові

1. A. Arustamian, D. Kalisz The analysis of influence of compression forces on the strength of MM „Stahl 1018” composite with the use of SolidWorks software / // Archives of Foundry Engineering [Dokument elektroniczny].- Czasopismo elektroniczne. 2024 vol. 24 iss. 2, s. 25-34
2. Process Machinery Handbook 1st Edition Format: EPUB. eBook ISBN: 9781394214464 Print ISBN: 9781394214457. Бібліотека Kortext/Електронний ресурс. Режим доступу: <https://read.kortext.com/inventory/search/3448566>

Web-ресурси

1. Machineries for Heavy Lifting. Онлайн курс на ресурсі Coursera. Режим доступу: <https://www.coursera.org/learn/machineries-for-heavy-lifting>
2. Kortext : веб-сайт. URL: <https://kortext.com/> (дата звернення: 01.09.2025).
3. Research4life : веб-сайт. URL: <https://portal.research4life.org/> (дата звернення: 01.09.2025).
4. Інституційний репозитарій ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» : веб-сайт. URL: <https://dSPACE.mipolytech.education/home> (дата звернення: 01.09.2025).
5. ISO – International Organization for Standardization : веб-сайт. URL: <https://www.iso.org/> (дата звернення: 01.09.2025).



5 АКАДЕМІЧНІ ПОЛІТИКИ

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

- **Академічна недоброчесність** 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.

- 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/uk/academic-policies)