

МОДЕЛІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

ОПИС КУРСУ

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 проектування, 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 проектних 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 проектом.

ВИМОГИ

Освітній рівень

- Базові знання з інженерної графіки, взаємозамінності стандартизації та технічних вимірювань, деталей машин, знання технології гірничорудних та металургійних виробництв, діагностики та аналізу обладнання;
- наявність корпоративного облікового запису @mipolytech.education, Microsoft Teams, Word, Excel;

Бакалавр

- наявність особистого логіну та паролю в Moodle (для отримання або поновлення слід звернутися до куратора групи).

Кількість кредитів

4,0

Назва кафедри, яка пропонує дисципліну

Матеріалознавства та прикладної механіки

АРУСТАМЯН Артем

artem.arustamian@mipolytech.education

Кандидат технічних наук, доцент, фахівець в галузі металургійного обладнання, матеріалознавства, механіки, композитних матеріалів.



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.

ТЕМАТИКА

Основні поняття: надійність, готовність, відмова, відновлення, складні системи. Класифікація моделей ТО: за стратегією (післявідмове, профілактичне, за станом), за структурою (одинарні, групові, багатоканальні). Життєвий цикл системи та роль ТО. Показники ефективності ТО: коефіцієнт готовності (Availability), середній час між відмовами (MTBF), середній час відновлення (MTTR). Потоки відмов: пуассонівський, відновлювальний, з напругою. Розподіли, що описують час безвідмовної роботи (експоненційний, Вейбулла, нормальний). Марківські та немарківські процеси відновлення. Системи масового обслуговування (СМО) як основа моделей ТО. Графи станів системи. Складання системи рівнянь Колмогорова для марківських моделей. Модель простої системи з одним відновлюваним елементом. Поняття циклу "відмова-відновлення". Моделі з резервуванням (навантажене, ненавантажене, полегшене). Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи (ЙБР) для різних схем. Моделі періодичного профілактичного ТО з фіксованим інтервалом. Оптимізація інтервалу ТО за критерієм максимальної готовності або мінімальних витрат. Стратегія ТО за станом (Condition-Based Maintenance - CBM). Методи контролю: вібродіагностика, термографія, аналіз мастила. Прогностичне обслуговування (PdM) як розвиток CBM. Роль Індустрії 4.0: IoT, великі дані, машинне навчання для прогнозу відмов. Марковські моделі з прогнозуючими відновленнями. Моделі з граничним станом. Моделі групового (пакетного) ТО. Критерії формування пакету робіт: за часом, за кількістю відмов. Багатоканальні системи з загальною чисельністю ремонтних бригад. Матриця станів. Аналіз втрат через очікування ремонту. Багаторівневі (ешелоновані) системи ТО: оперативний рівень, середній ремонт, капітальний ремонт на заводі-виробнику. Логістика запасних частин. Функції витрат у моделях ТО. Оптимізація стратегій за критерієм мінімуму сумарних витрат (капітальні + експлуатаційні + втрати). Управління ризиками в ТО. Аналіз критичності відмов (FMESCA). Сучасні концепції: реалізація цифрових двійників (Digital Twin) для моделювання ТО, обслуговування, орієнтоване на доступність (AoM), перехід від продукту до послуги (servitization).

ОРГАНІЗАЦІЯ КУРСУ, ФОРМИ ТА МЕТОДИ НАВЧАННЯ

- Освітній процес поєднує лекційні заняття та самостійне опрацювання матеріалів на платформі Moodle з одного боку, а також практичні заняття, спрямовані на розв'язання розрахункових і прикладних інженерних задач – з іншого.
- Відвідування лекцій є бажаним, хоча не обов'язковим. Студенти мають попередньо ознайомлюватися з матеріалами, що дозволяє будувати лекцію у форматі поєднання пояснень викладача з обговоренням прикладів використання обладнання та інженерних рішень.

- Практичні заняття передбачають відпрацювання навичок призначення посадок гладких циліндричних та типових машинобудівних з'єднань, нормування параметрів геометричної точності деталей, а також читання та коректного нанесення вимог до точності на креслениках відповідно до положень Єдиної системи допусків і посадок. У межах практичних занять формується вміння обирати засоби вимірювального контролю, виконувати обробку та аналіз результатів технічних вимірювань, а також застосовувати CAD/CAM/СФУ-систем для візуалізації, перевірки та уточнення прийнятих рішень.
- Від студентів очікується виконання індивідуальних завдань прикладного характеру, модульних контрольних робіт і розрахункових задач у терміни, визначені в розділі «Розподіл балів за контрольними точками та графік їх виконання».
- З огляду на поточну ситуацію учасники освітнього процесу повинні дотримуватися вимог безпеки під час сигналу «Повітряна тривога». Санкції за залишення заняття чи відсутність у цей час не застосовуються.
- Доступні індивідуальні та групові консультації. З викладачем можна зв'язатися через електронну пошту, у чаті чи за допомогою персональних дзвінків у MS Teams.

ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ

Розподіл балів за контрольними точками та графік їх виконання

Види контр. точок	Тижні										Всього
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
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 заняттях	<p>Оцінка за роботу на практичному занятті виставляється після перевірки виконаної студентом роботи, прикріпленої у відповідне завдання в Moodle.</p> <p>Практичні роботи максимально оцінюються в 1 бал або в 4 бала в залежності від складності роботи.</p> <p>Оцінка може бути оскаржена відповідно до Положення про організацію освітнього процесу.</p> <p>Максимальна оцінка виставляється у випадку правильного вирішення задачі, проведених в логічній послідовності розрахунків, відповідно до умов завдання, акуратно і вірно побудованій графічній частині, відсутності арифметичних помилок і оформленні роботи з дотриманням вимог, формування релевантних висновків по роботі.</p> <p>Оцінка 99-60% від максимального балу виставляється у випадку в цілому правильного вирішення задачі, проведених в логічній послідовності розрахунків, з невеликими неточностями, в цілому вірно побудованій графічній частині з незначними помилками, оформленні роботи з дотриманням вимог, формування логічних висновків по роботі.</p> <p>Оцінка 59-20% від максимального балу виставляється у випадку наявності значних помилок у вирішенні задачі, непослідовних, переплутаних, або не в повному обсязі виконаних розрахунках, більшою частиною невірно виконаній графічній частині або при її</p>

	<p>відсутності, оформленні роботи з значними відхиленнями від вимог, відсутності релевантних висновків по роботі.</p> <p>Оцінка 19-0% від максимального балу виставляється у випадку більшою частиною невірною рішенням, невірно виконаною графічною частиною, або її відсутності, недотриманням вимог з оформлення, відсутності висновків по роботі.</p>
Виконання індивідуального завдання	<p>Індивідуальне завдання представляє собою розрахункову (графічно-розрахункову) роботу. Виконана і оформлена згідно вимог робота у вигляді файлу *.docx, або *.pdf розміщується у відповідному розділі курсу в Moodle і перевіряється протягом тижня після завершення терміну подачі, визначеному графіком виконання робіт. Оскарження оцінки може бути здійснене на наступному практичному занятті після перевірки роботи.</p> <p>Максимальна оцінка за індивідуальну роботу становить 18 балів.</p> <p>Максимальна оцінка виставляється у випадку правильного проведення розрахунків в логічній послідовності, строго з дотриманням умов завдання, акуратно і вірно побудованій графічній частині, відсутності арифметичних помилок і оформленні роботи з дотриманням вимог, формування релевантних висновків по роботі.</p> <p>Оцінка 99-60% від максимального балу виставляється у випадку в цілому правильного проведених розрахунків, з невеликими неточностями, в цілому вірно побудованій графічній частині з незначними помилками (непринципового характеру), оформленні роботи з дотриманням вимог, формування логічних висновків по роботі.</p> <p>Оцінка 59-20% від максимального балу виставляється у випадку наявності значних помилок, непослідовних, переплутаних, або не в повному обсязі виконаних розрахунках, більшою частиною невірно виконаною графічною частиною або при її відсутності, оформленні роботи з значними відхиленнями від вимог, відсутності релевантних висновків по роботі.</p> <p>Оцінка 19-0% від максимального балу виставляється у випадку більшою частиною невірною рішенням, невірно виконаною графічною частиною, або її відсутності, відсутності висновків по роботі.</p>
Модульні контрольні роботи	<p>МКР виконуються в Moodle під час останнього практичного заняття в модулі за 1 годину 30 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.</p> <p>Кожна модульна контрольна робота включає теоретичне питання, що потребує розгорнутої відповіді у вигляді есе (max 20 балів). Теоретичне питання передбачає логічну і обґрунтовану відповідь з наведенням основних формул і креслень, за необхідністю.</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	письмовий екзамен за матеріалом семестру
Умови допуску до підсумкового контролю	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 підвищити власні результати поточного контролю до прийнятного рівня
Порядок визначення підсумкової оцінки	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:

	$\begin{cases} \text{ПО} = \frac{0 + I}{2}, & \text{якщо } I \geq 60 \\ I, & \text{якщо } I < 60 \end{cases}$
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		
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		

ОСОБЛИВІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

– В разі, якщо здобувач освіти засвоїв повністю або частково відповідні програмні результати навчання під час отримання освіти на попередньому або такому ж рівні, 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 з проблематики економічної теорії (наприклад, Coursera, Udemu 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 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 \(metinvest.university\)](#), 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 \(metinvest.university\)](#), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного або навіть підсумкового контролю

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

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. Пичурін 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.

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 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)