Вінницький національний технічний університет
Інститут докторантури та аспірантури
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЕКТУВАННІ ТА ВИРОБНИЦТВІ МАШИН

Вибірковий освітній компонент

Рівень вищої освіти: **третій (освітньо-науковий)**

Спеціальність: **G9 Прикладна механіка; дисципліна відкрита для інших спеціальностей третього рівня**

Освітня програма: **Прикладна механіка (для здобувачів G9)**

Викладач / розробник: **Ковалевський С. В., професор**

Мова викладання: **українська**

Семестр: **3**

Кредитів ЄКТС: **3**

Загальна кількість годин: **90**

Лекцій: 16 год.

Практичні заняття: **16 год.**

Самостійна робота: **58 год.**

Вид контролю: Диф. залік

Передумови для вивчення дисципліни

Передумови: навички комп’ютерної роботи, інженерної математики, проєктування, аналізу даних і користування пошуковими науковими ресурсами.

Мета дисципліни

Сформувати вміння обирати та інтегрувати інформаційні технології для цифрового проєктування, інженерних розрахунків, виробництва й роботи з інженерними даними.

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач в результаті вивчення дисципліни:

- Здатність добирати та узгоджувати цифрові інструменти проєктування і виробництва з потребами конкретної інженерної задачі.
- Здатність створювати й перевіряти комп’ютерні моделі технічних об’єктів на основі достовірних вихідних даних.
- Здатність організовувати інформаційний обмін між компонентами цифрового середовища протягом життєвого циклу виробу.

- Здатність застосовувати засоби автоматизації аналізу даних і комп’ютерної оптимізації інженерних рішень.
- Здатність критично оцінювати обмеження цифрових технологій, достовірність результатів і доцільність їх упровадження.

За результатами вивчення дисципліни здобувачі вищої освіти набувають результатів навчання:

Знати:

- Призначення та можливості інформаційних технологій у проєктуванні, інженерному аналізі й виробництві машин;
- Принципи побудови цифрового двійника, організації інженерних даних та інформаційної взаємодії CAD/CAE і виробничих систем;
- Основні припущення та обмеження комп’ютерного моделювання й цифрової оптимізації.

Вміти:

- Порівнювати цифрові технології й вибирати засоби для заданого виробничого завдання.
- Створювати розрахункову модель, перевіряти вихідні дані та інтерпретувати результат.
- Проєктувати структуру цифрового двійника та інформаційні потоки.
- Автоматизувати обробку інженерних даних та обґрунтовувати варіант оптимізації конструкції.
- Будувати схему інтеграції інформаційних систем підприємства й оцінювати її обмеження.

Тематика

Модуль 1. Цифрові інформаційні технології проєктування та виробництва машин

Тема 1 (2 год.). Цифрова трансформація машинобудування та роль інформаційних технологій у сучасній інженерній діяльності. Сутність і рушійні чинники цифрової трансформації машинобудування. Еволюція інформаційних технологій у промисловості. Інформація як стратегічний ресурс сучасного підприємства. Цифровий інжиніринг як нова парадигма розвитку машинобудування. Концепції Industry 4.0 та Industry 5.0, Smart Manufacturing як основа цифрової трансформації виробництва. Значення цифрової трансформації для наукової діяльності здобувача третього рівня вищої освіти. Перспективи розвитку інформаційних технологій у машинобудуванні та прикладній механіці.

Тема 2 (2 год.). Інтегровані інформаційні технології проєктування та управління життєвим циклом виробу. Архітектура інтегрованих інформаційних систем машинобудівного підприємства. Призначення, функції та взаємодія CAD, CAM, CAE, CAPP, PDM та PLM-систем. Формування цифрової моделі виробу та єдиного цифрового середовища. Організація

інформаційних потоків між учасниками процесу проєктування, виробництва та експлуатації. Роль керування інженерними даними у забезпеченні цифрової безперервності виробу протягом життєвого циклу.

Тема 3 (2 год.). Цифрові двійники та інтелектуальні виробничі системи як засоби підтримки інженерних рішень. Формальне розмежування понять «цифрова модель», «цифрова тінь» і «цифровий двійник». Архітектура цифрового двійника та інформаційний зв'язок із фізичним об'єктом. Кіберфізичні виробничі системи як технологічна основа цифрового виробництва. Промисловий Інтернет речей (Industrial Internet of Things, IIoT) як джерело даних для цифрового двійника. Класифікація цифрових двійників за рівнем деталізації, функціональним призначенням та етапами життєвого циклу виробу. Віртуальне прототипування, верифікація, валідація та калібрування цифрових двійників. Перспективи розвитку та обмеження застосування цифрових двійників.

Тема 4 (2 год.). Штучний інтелект, великі мовні моделі (LLM), Prompt Engineering та академічна доброчесність у наукових дослідженнях. Роль штучного інтелекту в сучасних концепціях Industry 4.0 та Industry 5.0. Великі мовні моделі (Large Language Models) та генеративний штучний інтелект у машинобудуванні. Prompt Engineering як методологія розроблення структурованих запитів для ефективної взаємодії зі штучним інтелектом під час роботи з технічною документацією, CAD/CAE-системами та мовами програмування. Академічна доброчесність, етичне використання штучного інтелекту та його інтеграція у наукові дослідження.

Модуль 2. Інформаційні технології підтримки наукових досліджень

Тема 5 (2 год.). Інформаційні технології автоматизації інженерних розрахунків та аналізу даних. Фізико-математичні основи методу скінченних елементів, дискретизація розрахункової області, типи скінченних елементів та оцінювання якості сітки. Автоматизація підготовки даних і виконання інженерних розрахунків у CAE-системах. Верифікація та валідація чисельної моделі, оброблення й візуалізація результатів розрахунків і експериментальних даних.

Тема 6 (2 год.). Інформаційні технології підтримки комп'ютерного моделювання, оптимізації конструкцій та цифрових експериментів. Постановка розрахункових задач у ANSYS, SolidWorks Simulation та DEFORM; граничні умови, параметричні дослідження й аналіз чутливості. Цифровий експеримент для порівняння варіантів конструкції, параметрична й топологічна оптимізація, генеративне проєктування. Перевірка результатів та меж застосування обраної моделі.

Тема 7 (2 год.). Інформаційні технології цифрового виробництва та управління інженерними даними. Цифрове виробництво як складова сучасного машинобудування. Інженерні дані як основа цифрового підприємства. Системи управління інженерними даними (PDM). Управління життєвим циклом виробу (PLM). Інформаційні системи цифрового

виробництва (MES, ERP, SCADA) та їх інтеграція. Стандарти цифрового представлення та обміну інженерними даними. Організація інформаційного забезпечення наукової діяльності: електронні лабораторні журнали, репозитарії наукових даних, наукометричні бази Scopus, Web of Science, Google Scholar, ідентифікатори ORCID, DOI, менеджери бібліографії.

Тема 8 (2 год.). Інтегровані інформаційні технології цифрового проєктування, виробництва та експлуатації машин. Концепція інтегрованого цифрового середовища машинобудівного підприємства. Наскрізний цифровий інформаційний потік (Digital Thread) у життєвому циклі машини. Цифрові двійники в інтегрованому інформаційному середовищі підприємства. Інтелектуальні інформаційні технології підтримки прийняття інженерних рішень. Кібербезпека та захист інженерних даних у цифровому машинобудуванні. Комплексне використання інформаційних технологій у дисертаційному дослідженні: планування цифрового робочого процесу (Digital Workflow) та перспективи розвитку інтегрованих інформаційних технологій у машинобудуванні.

Теми семінарських занять - не передбачені

Теми практичних занять

№	Назва практичної роботи	Год.
1	Оцінювання рівня цифрової трансформації конкретного машинобудівного підприємства	2
2	Формування схеми цифрового середовища CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/PLM для виробу	2
3	Побудова й аналіз інженерної комп’ютерної моделі вибраного об’єкта	2
4	Розроблення концепції цифрового двійника об’єкта дослідження та обґрунтування застосування штучного інтелекту в інженерній діяльності	2
5	Автоматизація розрахунку і візуалізації набору інженерних або експериментальних даних	2
6	Порівняння варіантів оптимізації конструкції за заданими критеріями й обмеженнями	2
7	Побудова інформаційної архітектури цифрового машинобудівного підприємства	2
8	Топологічна оптимізація корпусної деталі та автоматизація аналізу результатів у CAE/Python-середовищі	2
	Усього	16

Теми лабораторних занять - не передбачені

Самостійна робота

№	Вид роботи	Год.
1	Аналіз концепцій цифрового виробництва	4
2	Огляд систем CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/PLM	4
3	Аналіз сучасних інструментів комп’ютерного моделювання	4
4	Концепція цифрового двійника об’єкта дослідження	5
5	Практичні приклади застосування цифрових інструментів	4
6	Порівняння програмних засобів моделювання та оптимізації	4
7	Порівняння PLM-платформ	5
8	Аналіз побудови Digital Thread у машинобудуванні	5
9	Опрацювання лекційного матеріалу	4
10	Підготовка до практичних занять	8
11	Підготовка до модульного контролю	8
12	Підготовка до диференційованого заліку	3
	Усього	58

Методи навчання

Лекційні заняття присвячено цифровим технологіям проєктування, виробництва й управління даними. На практичних здобувачі створюють моделі, схеми інформаційних потоків, виконують розрахунки та порівняння цифрових рішень. Самостійна робота передбачає аналіз публікацій і технічних матеріалів, підготовку даних, консультації та захист результатів.

Індивідуальні завдання

Індивідуальне завдання виконують для обраного виробу або технологічного процесу в два взаємопов’язані етапи. За результатами практичної роботи 7 здобувач подає схему інформаційної архітектури, визначає потрібні інформаційні системи, потоки й джерела даних. За результатами практичної роботи 8 подає комп’ютерну модель або розрахунковий приклад, зіставляє два варіанти інженерного рішення, перевіряє вихідні дані та обґрунтовує вибір. Обидва результати входять до звітів відповідних практичних робіт і не утворюють окремого додаткового виду оцінювання.

Форми та методи контролю

Поточний контроль охоплює перевірку та захист практичних робіт, колоквіуми й інші оцінювані завдання, передбачені силабусом. Підсумковий

контроль - диференційований залік. Порядок проведення контрольних заходів, повторного складання й оскарження результатів визначають чинні документи ВНТУ.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти

Вид роботи	**Модуль 1**	**Модуль 2**	**Разом**
Практичні роботи	25	25	50
Колоквіуми	25	25	50
Разом за семестр	50	50	100
Диференційований залік	–	–	0
Усього	–	–	100

Шкала оцінювання

Бали	**ECTS**	**Національна оцінка**
90–100	A	відмінно
82–89	B	добре
75–81	C	добре
64–74	D	задовільно
60–63	E	задовільно
35–59	FX	незадовільно, можливе повторне складання
0–34	F	незадовільно, повторне вивчення

Критерії оцінювання знань, умінь та навичок здобувачів вищої освіти

Рівень	**Бали**	**ECTS**	**Критерії**
IV (високий)	90–100	A	Самостійно виконує завдання без суттєвих помилок, перевіряє результати, аргументовано пояснює рішення та його обмеження.
III (достатній)	82–89	B	Виконує всі основні завдання правильно, допускає поодинокі неточності в оформленні або висновках.
III (достатній)	75–81	C	Опановано основні методи; завдання виконані, проте окремі розрахунки або пояснення містять несуттєві помилки.
II (середній)	64–74	D	Виконано базові задачі; висновки неповні, є помилки, що не спотворюють основний результат.
II (середній)	60–63	E	Продемонстровано мінімальне знання методів; завдання виконано частково, з допомогою викладача виправлено основні помилки.

Рівень	Бали	ECTS	Критерії
I (низький)	35–59	FX	Виконано лише частину потрібних завдань, є суттєві помилки; необхідне повторне складання.
I (низький)	0–34	F	Основні методи не опановано, більшість завдань відсутня або виконана неправильно; необхідне повторне вивчення.

Рівні якості виконання окремих робіт подано як частку отриманих балів від максимальної оцінки за роботу. Під час оцінювання враховують відповідні змістові критерії; для невеликих робіт можуть нараховуватися дробові бали. Літерну оцінку ECTS визначають лише за підсумковою сумою балів за дисципліну, а не за окремою роботою.

ECTS	Виконання	Цифрові моделі, схеми та інженерні розрахунки	Колоквіуми й аналітичні задачі
A	90–100%	Виконано всі суттєві етапи роботи, результат перевірено; метод і висновки обґрунтовані.	Висока правильність відповідей і рішень; розрахунки, пояснення та захист повні.
B	82–89%	Основний результат правильний; є незначні неточності, що не впливають на висновок.	Переважно правильні відповіді й рішення; поодинокі неточності у поясненні.
C	75–81%	Основні етапи виконано; окремі недоліки в перевірці результату або аргументації.	Відповіді здебільшого правильні, але частина розрахунків або пояснень неповна.
D	64–74%	Отримано частковий результат; є помилки у виконанні або обґрунтуванні.	Виконано основні елементи контрольних завдань, але допущено помилки у застосуванні методів.
E	60–63%	Підтверджено лише мінімальні вміння; розрахунки, схема або висновки неповні.	Відтворено базові поняття і мінімум необхідних дій; обґрунтування недостатнє.
FX	35–59%	Частину роботи виконано, проте залишаються суттєві помилки; результат потребує повторного опрацювання.	Більшість суттєвих відповідей і перевірок неповна або помилкова; потрібне повторне виконання.
F	0–34%	Основні етапи не виконано або результат практично відсутній.	Правильних рішень або підтверджених відповідей майже немає.

Бали за кожним показником нараховують у межах його максимуму; обґрунтованість рішень і перевірка результатів враховуються окремо від формального оформлення роботи.

Вид і конкретна робота	Макс. балів	Критерії нарахування балів
Практична робота 1. Оцінювання рівня цифрової трансформації конкретного машинобудівного підприємства	6	Обґрунтовано показники цифрової зрілості та джерела вихідних даних – 3 б.; виконано порівняльну оцінку – 2 б.; сформульовано висновок щодо пріоритетів цифровізації – 1 б.
Практична робота 2. Формування схеми цифрового середовища CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/PLM для виробу	6	Відображено функції CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/PLM – 3 б.; правильно визначено зв’язки й потоки даних – 2 б.; пояснено запропоновану архітектуру – 1 б.
Практична робота 3. Побудова й аналіз інженерної комп’ютерної моделі вибраного об’єкта	6	Побудовано модель із коректними вихідними параметрами – 3 б.; перевірено її поведінку й обмеження – 2 б.; пояснено придатність результату – 1 б.
Практична робота 4. Проєктування структури цифрового двійника та потоків його даних	7	Визначено необхідні компоненти цифрового двійника – 3 б.; побудовано схему потоків і зворотного зв’язку – 2 б.; обґрунтовано оновлення моделі та межі її застосування – 2 б.
Практична робота 5. Автоматизація розрахунку і візуалізації набору інженерних або експериментальних даних	6	Підготовлено відтворюваний алгоритм обробки даних – 3 б.; правильно виконано розрахунок і візуалізацію – 2 б.; пояснено результати перевірки – 1 б.
Практична робота 6. Порівняння варіантів оптимізації конструкції за заданими критеріями й обмеженнями	6	Коректно визначено критерії та обмеження оптимізації – 2 б.; виконано порівняння двох варіантів – 3 б.; обґрунтовано вибір – 1 б.
Практична робота 7. Побудова інформаційної архітектури цифрового машинобудівного підприємства	6	Для індивідуального завдання визначено склад інформаційної архітектури та джерела даних — 3 б.; показано зв’язок проєктування, виробництва й експлуатації — 2 б.; захищено схему з поясненням обмежень — 1 б.
Практична робота 8. Топологічна оптимізація корпусної деталі та автоматизація аналізу результатів у CAE/Python-середовищі	7	Для індивідуального завдання обґрунтовано постановку CAE-задачі й вихідні дані — 3 б.; виконано і перевірено модель або оптимізацію — 2 б.; зіставлено варіанти та захищено висновок — 2 б.
Колоквіум 1	25	Основні поняття цифрового виробництва та призначення інформаційних систем – 8 б.; аналіз інтеграції CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/PLM – 12 б.; обґрунтовані висновки – 5 б.

Вид і конкретна робота	Макс. балів	Критерії нарахування балів
Колоквіум 2	25	Методи комп’ютерного моделювання, аналізу даних й оптимізації – 8 б.; розрахунково-аналітичні завдання – 12 б.; перевірка та пояснення результатів – 5 б.

Результати індивідуального завдання оцінюють у межах практичної роботи 7 (6 балів: архітектура й джерела даних — 3; інформаційні зв’язки — 2; захист — 1) та практичної роботи 8 (7 балів: постановка задачі й вихідні дані — 3; виконання і перевірка моделі — 2; порівняльний висновок і захист — 2). Додаткових балів поза розподілом 100 балів не передбачено.

Академічні права та обов’язки здобувачів вищої освіти

Здобувачі вищої освіти, які навчаються у ВНТУ, мають дотримуватися норм забезпечення честі, гідності, взаємної поваги і довіри, рівноправності та толерантності всіх учасників освітнього процесу шляхом дотримання принципів академічної доброчесності, викладених у «Положенні про академічну доброчесність у ВНТУ».

З метою запобігання та виявлення плагіату в навчальних роботах, розвитку навичок коректної роботи із джерелами інформації та належного цитування, дотримання вимог наукової етики й поваги до інтелектуальних надбань слід виконувати вимоги «Положення про запобігання академічному плагіату та порядок його виявлення у навчальних, наукових, кваліфікаційних та науково-методичних роботах у ВНТУ».

Здобувачі вищої освіти можуть скористатися процедурами визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти, зокрема під час навчання за програмами, що не передбачають присудження визнаних державою освітніх кваліфікацій, або шляхом самоосвіти, відповідно до «Положення про порядок визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти у ВНТУ».

Здобувачі вищої освіти мають право оскаржити результати проміжних та підсумкових контрольних заходів на підставі аргументованих пояснень відповідно до «Порядку організації та проведення заліків, диференційованих заліків, екзаменів у ВНТУ», а також звернутися до освітнього омбудсмена згідно з «Положенням про освітнього омбудсмена з прав студентів ВНТУ».

Для запобігання конфліктним ситуаціям та їх розв’язання учасники освітнього процесу мають дотримуватися «Кодексу етики ВНТУ». Здобувачі вищої освіти ВНТУ керуються принципом «нульової толерантності» до будь-яких проявів корупції та дотримуються «Антикорупційної програми ВНТУ».

Наведені документи оприлюднені на офіційному сайті ВНТУ: https://vntu.edu.ua/uk/public-info/zag.html.

Рекомендована література

Основна

1. Ковалевський С. В. Інформаційні технології в проєктуванні та виробництві машин : підручник для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності G9 «Прикладна механіка». Вінниця : ВНТУ, 2026. 497 с.

2. Ковалевський С. В. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Інформаційні технології в проєктуванні та виробництві машин» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності G9 «Прикладна механіка». Вінниця : ВНТУ, 2026. 64 с.

3. Ковалевський С. В. Методичні вказівки до самостійних робіт з дисципліни «Інформаційні технології в проєктуванні та виробництві машин» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності G9 «Прикладна механіка». Вінниця : ВНТУ, 2026. 68 с.

4. Ковалевський С. В. Збірник практичних задач до практичних робіт з дисципліни «Інформаційні технології в проєктуванні та виробництві машин» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності G9 «Прикладна механіка». Вінниця : ВНТУ, 2026. 17 с.

5. Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote K.-H. Engineering Design: A Systematic Approach. 3rd ed. London : Springer, 2007. XXI, 617 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-84628-319-2.

6. Rao S. S. Engineering Optimization: Theory and Practice. 5th ed. Hoboken : Wiley, 2020. 833 p. DOI: https://doi.org/10.1002/9781119454816.

7. Stark J. Product Lifecycle Management. Vol. 1: 21st Century Paradigm for Product Realisation. 4th ed. Cham : Springer, 2020. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-28864-8.

Додаткова

1. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems / ed. J. Kahlen, S. Flumerfelt, A. Alves. Cham : Springer, 2017. P. 85–113. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4.

2. Kritzinger W., Karner M., Traar G., Henjes J., Sihn W. Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. IFAC-PapersOnLine. 2018. Vol. 51, no. 11. P. 1016–1022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474.

3. Lee J., Bagheri B., Kao H.-A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. Manufacturing Letters. 2015. Vol. 3. P. 18–23. DOI: https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001.

4. Monostori L. Cyber-physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges. Procedia CIRP. 2014. Vol. 17. P. 9–13. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.115.

5. Rosen R., von Wichert G., Lo G., Bettenhausen K. D. About the Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing. IFAC-PapersOnLine. 2015. Vol. 48, no. 3. P. 567–572. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.141.

6. Xu X. From cloud computing to cloud manufacturing. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2012. Vol. 28, no. 1. P. 75–86. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rcim.2011.07.002.

7. Mourtzis D., Doukas M., Bernidaki D. Simulation in Manufacturing: Review and Challenges. Procedia CIRP. 2014. Vol. 25. P. 213–229. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.10.032.

8. Wuest T., Weimer D., Irgens C., Thoben K.-D. Machine learning in manufacturing: advantages, challenges, and applications. Production & Manufacturing Research. 2016. Vol. 4, no. 1. P. 23–45. DOI: https://doi.org/10.1080/21693277.2016.1192517.

9. Napoleone A., Macchi M., Pozzetti A. A review on the characteristics of cyber-physical systems for the future smart factories. Journal of Manufacturing Systems. 2020. Vol. 54. P. 305–335. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.01.007.

10. Qi Q., Tao F. Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison. IEEE Access. 2018. Vol. 6. P. 3585–3593. DOI: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2793265.