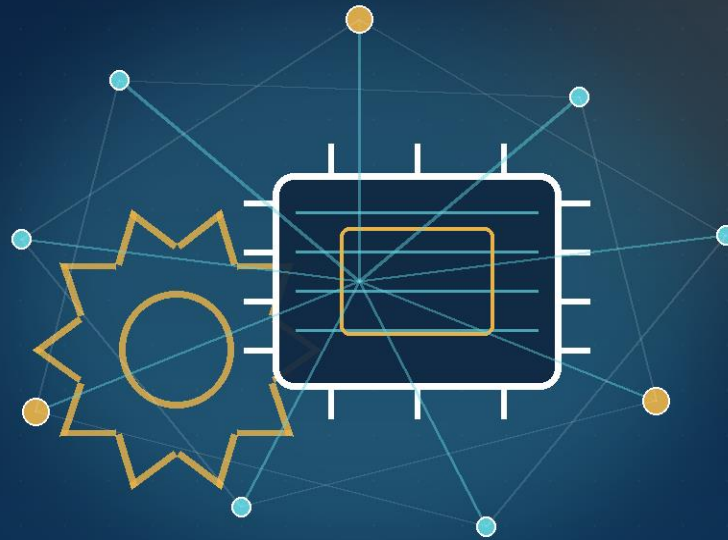




НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

ІНФОРМАЦІЙНІ ТА КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Ю. Г. Ковальов, О. В. Скрипник

ЗМІСТ

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. БАЗОВІ ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ	8
Тема 1. ВСТУП ДО КУРСУ; КОМП'ЮТЕР, ОПЕРАЦІЙНІ СИСТЕМИ, КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ — ОГЛЯД.....	8
1.1 Вступ. Роль інформаційних та комунікаційних технологій у професійній діяльності інженера та структура курсу	8
1.2 Апаратне забезпечення комп'ютера: архітектура та основні компоненти	10
1.3 Класифікація комп'ютерів.....	11
1.4 Програмне забезпечення комп'ютера	11
1.5 Операційні системи: призначення та функції.....	12
1.6 Файлова система	13
1.7 Основи роботи комп'ютерних мереж	13
1.7.1 Поняття мережі та каналу зв'язку. Сигнали й модуляція	13
1.7.2 Класифікація мереж за територіальною ознакою.....	14
1.7.3 Способи комутації: комутація каналів і комутація пакетів	14
1.7.4 Модель OSI	15
1.7.5 IP-адресація та основні протоколи.....	15
1.7.6 Мережеве обладнання	16
1.7.7 Бездротові мережі	16
1.8 Основи інформаційної безпеки користувача	16
Контрольні питання для самоперевірки	17
Рекомендована література до теми	17
Тема 2. ТЕКСТОВИЙ ПРОЦЕСОР WORD: ПРОФЕСІЙНЕ ОФОРМЛЕННЯ ДОКУМЕНТІВ.....	18
2.1 Призначення текстового процесора Word та основні елементи інтерфейсу	18
2.2 Символьне та абзацне форматування.....	19
2.3 Стили абзаців і символів	20
2.4 Структура документа: заголовки та автоматичне формування змісту	22
2.5 Робота з таблицями	22
2.6 Робота з рисунками, об'єктами та підписами	23
2.7 Колонтитули, нумерація сторінок, розриви розділів	24
2.8 Вимоги до оформлення технічної документації (звітів, пояснювальних записок)	25
2.9 Перевірка правопису та інструменти автоматизації набору тексту	26
2.10 Рецензування документа: запис змін і коментарі	26
Контрольні питання для самоперевірки	27
Рекомендована література до теми	27
Тема 3. ТАБЛИЧНИЙ ПРОЦЕСОР EXCEL: ОСНОВИ (ФОРМУЛИ, ФУНКЦІЇ)	27
3.1 Призначення табличного процесора Excel та основні елементи інтерфейсу	27

3.2 Структура книги Excel: аркуші, комірки, діапазони, адресація	28
3.3 Типи даних в Excel та формати комірок	29
3.4 Формули: синтаксис, порядок виконання операцій, відносні й абсолютні посилання	30
3.4.1 Відносні посилання	30
3.4.2 Абсолютні та мішані посилання.....	30
3.5 Основні вбудовані функції Excel	31
3.6 Умовне форматування	32
3.7 Типові помилки при роботі з формулами та способи їх усунення	33
3.8 Збереження, друк і практичні рекомендації щодо побудови таблиць	34
Контрольні питання для самоперевірки	34
Рекомендована література до теми	34
Тема 4. EXCEL: АНАЛІЗ ДАНИХ І ВІЗУАЛІЗАЦІЯ	35
4.1 Сортування даних у таблицях Excel.....	35
4.2 Фільтрація даних	35
4.3 Функції пошуку та умовного підсумовування даних	36
4.4 Зведені таблиці.....	38
4.5 Діаграми: типи та критерії вибору	39
4.6 Принципи візуалізації інженерних (матеріалознавчих) даних	40
4.7 Додаткові інструменти аналізу: таблиці Excel, перевірка даних, спарклайни	40
4.8 Підготовка даних до аналізу	41
4.9 Лінія тренду: наближений аналіз залежностей засобами Excel.....	42
Контрольні питання для самоперевірки	42
Рекомендована література до теми	43
Тема 5. ПОШУК ІНФОРМАЦІЇ ТА НАУКОВИХ ДЖЕРЕЛ В ІНТЕРНЕТІ	43
5.1 Стратегії пошуку інформації в інтернеті.....	43
5.2 Наукометричні бази даних.....	44
5.3 Критерії оцінки достовірності та якості наукового джерела	45
5.4 Індекс цитування та імпакт-фактор.....	46
5.5 Правила оформлення бібліографічних посилань і списку використаних джерел	46
5.6 Академічний плагіат і способи його уникнення	47
5.7 Спеціалізовані наукові пошукові сервіси та ідентифікатори дослідників.....	48
5.8 Приклади оформлення бібліографічного опису за ДСТУ 8302:2015	49
Контрольні питання для самоперевірки	49
Рекомендована література до теми	50
Тема 6. ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СПІЛЬНА РОБОТА З ДОКУМЕНТАМИ.....	50
6.1 Поняття хмарних обчислень та моделі надання хмарних послуг	50
6.2 Хмарне сховище даних	51
6.3 Інструменти спільної роботи над документами в реальному часі	52
6.4 Синхронізація даних між пристроями	53

6.5 Безпека та конфіденційність даних у хмарних сервісах	54
6.6 Хмарні технології в інженерній та науковій діяльності	55
6.7 Практичні рекомендації з організації хмарного робочого простору	55
6.8 Обмеження та ризики хмарних технологій	56
Контрольні питання для самоперевірки	56
Рекомендована література до теми	57
Тема 7. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ДІЯЛЬНОСТІ СУСПІЛЬСТВА ТА ПІДПРИЄМСТВА	57
7.1 Поняття інформаційної системи та її основні компоненти	57
7.2 Рівні управління підприємством і відповідні типи інформаційних систем	58
7.3 Класифікація сучасних корпоративних інформаційних систем	58
7.4 Роль інформаційних систем в управлінні виробничими процесами підприємства	59
7.5 Приклади автоматизації бізнес-процесів на промисловому підприємстві	60
7.6 Інтеграція інформаційних систем підприємства з іншими джерелами даних	61
7.7 Основні етапи впровадження інформаційної системи на підприємстві	61
7.8 Приклади поширених корпоративних інформаційних систем на ринку	62
7.9 Типові ризики та помилки при впровадженні інформаційних систем	62
7.10 Практичні поради інженеру-матеріалознавцю щодо роботи з корпоративними інформаційними системами	64
Контрольні питання для самоперевірки	64
Рекомендована література до теми	64
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ДАНІ ТА МЕТОДОЛОГІЯ	66
Тема 8. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ: ПОНЯТТЯ, ІСТОРІЯ, НАПРЯМИ ЗАСТОСУВАННЯ ..	66
8.1 Поняття штучного інтелекту	66
8.2 Основні етапи історичного розвитку штучного інтелекту	66
8.3 Вузкий та загальний штучний інтелект	67
8.4 Машинне навчання як складова штучного інтелекту	68
8.5 Основні напрями застосування штучного інтелекту в інженерії та матеріалознавстві	69
8.6 Приклади сучасних систем штучного інтелекту в промисловості	70
8.7 Обмеження застосування та відповідальне ставлення до систем штучного інтелекту	70
8.8 Штучний інтелект і традиційна автоматизація: у чому принципова відмінність	71
8.9 Практичні поради для початку самостійного вивчення штучного інтелекту	72
Контрольні питання для самоперевірки	72
Рекомендована література до теми	72
Тема 9. ТИПИ ТА АРХІТЕКТУРИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ: ЯК ВОНИ ПРАЦЮЮТЬ І ЧОМУ	73
9.1 Поняття штучного нейрона та найпростіша нейронна мережа	73
9.2 Основні типи архітектур нейронних мереж	74

9.3 Навчання нейронної мережі: навчальна вибірка, функція втрат, зворотне поширення помилки	75
9.4 Перенавчання (overfitting) та способи його уникнення	76
9.5 Приклади застосування нейронних мереж для аналізу матеріалознавчих даних.....	77
9.6 Нейронні мережі порівняно з класичними методами машинного навчання.....	77
9.7 Практичні інструменти для роботи з нейронними мережами	78
9.8 Основні гіперпараметри навчання нейронної мережі	78
9.9 Типові етапи проєкту навчання нейронної мережі на матеріалознавчих даних.....	79
Контрольні питання для самоперевірки	80
Рекомендована література до теми	80
Тема 10. ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ; ОСНОВИ ПРОМТ-ІНЖИНІРИНГУ	80
10.1 Поняття генеративного штучного інтелекту та великих мовних моделей	80
10.2 Загальний принцип роботи великих мовних моделей	81
10.3 Основні принципи складання ефективного промта (промт-інжиніринг)	82
10.4 Типові сфери застосування генеративного штучного інтелекту у навчанні та професійній діяльності	83
10.5 Обмеження генеративних мовних моделей	84
10.6 Етичні аспекти використання генеративного штучного інтелекту у навчанні та професійній діяльності	85
10.7 Приклади сучасних генеративних систем.....	86
10.8 Практичні поради для ефективного та відповідального використання генеративного ШІ.....	86
10.9 Часткове подолання застарілості даних: пошук в інтернеті та доповнення знань моделі.....	87
10.10 Підсумок: генеративний штучний інтелект як інструмент, а не заміна фахівця.....	88
Контрольні питання для самоперевірки	88
Рекомендована література до теми	89
Тема 11. АНАЛІЗ ДАНИХ; ПОБУДОВА ПРОГНОСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ШІ	89
11.1 Основні етапи процесу аналізу даних	89
11.2 Поняття прогностичної моделі та її відмінність від описової статистики	90
11.3 Залежна та незалежні змінні у задачі прогнозування.....	90
11.3.1 Поширені типи алгоритмів побудови прогностичних моделей	91
11.4 No-code та low-code інструменти для побудови прогностичних моделей.....	91
11.5 Показники оцінки якості прогностичної моделі	92
11.6 Наскрізний приклад побудови прогностичної моделі властивостей сплаву	93
11.7 Практичні застереження при побудові й використанні прогностичних моделей	94
Контрольні питання для самоперевірки	94
Рекомендована література до теми	95
Тема 12. ВЕРИФІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ; ОЦІНКА КОРЕКТНОСТІ РОЗРАХУНКІВ І ВИСНОВКІВ.....	95

12.1 Поняття верифікації та валідації результатів обчислень	95
12.2 Основні джерела похибок при використанні автоматизованих засобів аналізу даних	96
12.3 Методи перевірки коректності результатів, отриманих за допомогою штучного інтелекту	97
12.4 Роль критичного мислення інженера при оцінці автоматично згенерованих висновків	97
12.5 Типові помилки автоматизованих систем аналізу даних та способи їх виявлення ..	98
12.6 Наскрізний приклад верифікації результату прогностичної моделі	99
12.7 Практичний алгоритм верифікації автоматизованого результату	100
12.8 Документування перевірки та зв'язок із культурою якості на підприємстві	101
Контрольні питання для самоперевірки	102
Рекомендована література до теми	102
Тема 13. ОБМЕЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ШІ; ЕТИЧНІ АСПЕКТИ ТА АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ	102
13.1 Основні обмеження застосування штучного інтелекту в інженерній практиці	103
13.2 Поняття упередженості (bias) в даних і моделях штучного інтелекту	103
13.3 Академічна доброчесність при використанні штучного інтелекту у навчальному процесі	104
13.4 Відповідальність фахівця за рішення, прийняті на основі рекомендацій систем ШІ	105
13.5 Основні принципи етичного використання штучного інтелекту	106
13.6 Приклад етичної дилеми та її аналіз	107
13.7 Підсумок другого змістового модуля курсу	107
13.8 Практичний чекліст відповідального використання штучного інтелекту	108
Контрольні питання для самоперевірки	110
Рекомендована література до теми	110
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ВИРОБНИЧІ СИСТЕМИ ТА КІБЕРБЕЗПЕКА	111
Тема 14. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, CAD/CAE ТА КОРПОРАТИВНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ: ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ	111
14.1 Поняття систем автоматизованого проєктування (CAD)	111
14.2 Основні можливості CAD-систем для тривимірного моделювання деталей	111
14.3 Поняття інженерного аналізу (CAE) та скінченно-елементного методу	112
14.3.1 Основні типи інженерного аналізу	112
14.4 Сфери застосування CAE в матеріалознавстві та ливарному виробництві	113
14.5 Огляд поширених CAD/CAE-систем	113
14.6 Поняття та призначення ERP-систем на виробничому підприємстві	114
14.7 Основні функціональні модулі ERP-систем	114
14.8 Взаємозв'язок CAD/CAE-систем із корпоративними інформаційними системами ..	115
14.9 Практичні рекомендації щодо початку роботи з CAD/CAE-системами	116
14.10 Приклад: наскрізний інформаційний ланцюжок при проєктуванні литої деталі ..	117
Контрольні питання для самоперевірки	117

Рекомендована література до теми	117
Тема 15. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНОМУ ВИРОБНИЦТВІ ТА БІЗНЕСІ	118
15.1 Поняття цифровізації (цифрової трансформації) виробництва	118
15.2 Концепція «Індустрія 4.0»: основні складові та принципи	118
15.2.1 Принципи «Індустрії 4.0» на прикладі ливарного підприємства.....	119
15.3 Роль інтернету речей (IoT) у сучасному промисловому виробництві.....	120
15.3.1 Типова архітектура промислової IoT-системи.....	120
15.4 Технології моніторингу виробничих процесів у реальному часі	120
15.4.1 Приклад розрахунку показника ефективності обладнання (OEE)	121
15.5 Цифрові двійники як інструмент інтеграції проектування й виробництва	121
15.6 Адитивні технології (3D-друк) у сучасному виробництві	122
15.7 Вплив цифровізації на ефективність та конкурентоспроможність підприємства ...	122
15.8 Бар'єри впровадження цифровізації на підприємствах	123
15.9 Підсумок теми та перехід до питань кібербезпеки	124
15.10 Приклад: поетапний план цифровізації дільниці підприємства	125
15.11 Роль інженера-матеріалознавця в процесі цифровізації підприємства	125
Контрольні питання для самоперевірки	127
Рекомендована література до теми	127
Тема 16. КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ ДАНИХ: ЦИФРОВА ГІГІЄНА ІНЖЕНЕРА.....	127
16.1 Основні загрози інформаційній безпеці для окремого користувача та підприємства	127
16.2 Поняття шкідливого програмного забезпечення, його основні типи	128
16.3 Принципи створення надійних паролів і багатофакторна автентифікація	128
16.3.1 Багатофакторна автентифікація	129
16.4 Поняття фішингу та способи протидії йому	129
16.5 Основи цифрової гігієни	130
16.5.1 Резервне копіювання даних (backup).....	130
16.5.2 Регулярне оновлення програмного забезпечення	130
16.5.3 Обережність з посиланнями та вкладеннями	130
16.6 Кібербезпека виробничих і промислових систем	130
16.7 Кібербезпека та штучний інтелект: специфічні ризики	131
16.8 Практичний чеклист цифрової гігієни інженера	131
16.9 Підсумок курсу «Інформаційні та комунікаційні технології».....	132
16.9.1 Наскрізна карта компетентностей курсу	133
16.10 Куди звертатися в разі кіберінциденту	133
Контрольні питання для самоперевірки	134
Рекомендована література до теми	134
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО КУРСУ	135

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. БАЗОВІ ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ

Тема 1. ВСТУП ДО КУРСУ; КОМП'ЮТЕР, ОПЕРАЦІЙНІ СИСТЕМИ, КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ — ОГЛЯД

1.1 Вступ. Роль інформаційних та комунікаційних технологій у професійній діяльності інженера та структура курсу

Сучасне матеріалознавство та машинобудування неможливо уявити без інформаційних і комунікаційних технологій (ІКТ). Підбір і паспортизація матеріалів, обробка результатів механічних випробувань, комп'ютерне моделювання литва та термічної обробки (CAD/CAE), ведення технічної документації, пошук і аналіз наукових джерел, використання засобів штучного інтелекту для аналізу даних і прогнозування властивостей матеріалів, робота в корпоративних інформаційних системах підприємства (ERP, PLM) — усі ці задачі сьогодні виконуються за допомогою комп'ютера та мережесервісів. У межах концепції «Індустрія 4.0» цифрові технології дедалі глибше проникають у виробничі процеси: від датчиків на обладнанні, що передають дані в реальному часі, до автоматизованого аналізу якості продукції. Тому впевнене володіння базовими цифровими інструментами є такою ж професійною компетентністю інженера-матеріалознавця, як і володіння спеціальними інженерними методами, а роботодавці дедалі частіше висувають вимоги до цифрової грамотності випускників поряд із суто фаховими знаннями.

Метою дисципліни «Інформаційні та комунікаційні технології» є формування знань і практичних навичок, необхідних технічним спеціалістам для використання сучасних інформаційних технологій — засобів опрацювання документів, аналізу даних, штучного інтелекту та інформаційних систем — у професійній діяльності фахівця в галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво». Завдання дисципліни передбачають вивчення сучасних ІКТ і засобів їх практичного застосування, формування навичок роботи з офісним програмним забезпеченням, пошуку та опрацювання інформації, а також формування базових уявлень про застосування штучного інтелекту, аналізу даних та інформаційних систем у професійній діяльності інженера-матеріалознавця.

У результаті опанування дисципліни формуються, зокрема, такі програмні компетентності:

- КЗ.01 — здатність до системного мислення, аналізу та синтезу;
- КЗ.07 — здатність використання інформаційних і комунікаційних технологій;
- КС.01 — здатність застосовувати кількісні математичні, фізичні й технічні методи та комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних матеріалознавчих завдань;
- КС.05 — здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем;
- КС.12 — здатність виконувати дослідницькі роботи в галузі матеріалознавства, обробляти та аналізувати результати експериментів.

Дисципліна розрахована на 5 кредитів ЄКТС (150 годин): 32 години лекцій, 32 години практичних занять і 86 годин самостійної роботи студента. Формою підсумкового контролю є екзамен.

Курс складається з 16 тем, об'єднаних у три змістові модулі:

№ теми	Назва теми	Змістовий модуль
1	Вступ до курсу; комп'ютер, операційні системи, комп'ютерні мережі — огляд	Модуль 1
2	Текстовий процесор Word: професійне оформлення документів	Модуль 1
3	Табличний процесор Excel: основи (формули, функції)	Модуль 1
4	Excel: аналіз даних і візуалізація	Модуль 1
5	Пошук інформації та наукових джерел в інтернеті	Модуль 1
6	Хмарні технології та спільна робота з документами	Модуль 1
7	Інформаційні системи в діяльності суспільства та підприємства	Модуль 1
8	Штучний інтелект: поняття, історія, напрями застосування	Модуль 2
9	Типи та архітектури нейронних мереж: як вони працюють і чому	Модуль 2
10	Генеративний штучний інтелект; основи промт-інжинірингу	Модуль 2
11	Аналіз даних; побудова прогностичних моделей за допомогою ШІ	Модуль 2
12	Верифікація результатів; оцінка коректності розрахунків і висновків	Модуль 2
13	Обмеження застосування ШІ; етичні аспекти та академічна доброчесність	Модуль 2
14	Комп'ютерне моделювання, CAD/CAE та корпоративні інформаційні системи	Модуль 3
15	Інформаційні технології в сучасному виробництві та бізнесі	Модуль 3
16	Кібербезпека та захист даних: цифрова гігієна інженера	Модуль 3

Кожна тема лекційного курсу супроводжується практичним заняттям, на якому теоретичні положення закріплюються виконанням конкретних завдань; результати практичних занять формують особисте портфоліо студента, яке захищається на підсумковому практичному занятті. Розподіл балів: практичні заняття — максимум 40 балів (16 занять по 2,5 бала), захист портфоліо — 20 балів, екзамен — 40 балів; разом 100 балів.

Основні форми організації навчання з дисципліни:

- лекція — основна форма занять, призначена для засвоєння теоретичного матеріалу теми;
- практичне заняття — детальний розгляд окремих теоретичних положень і формування вмінь та навичок їх практичного застосування шляхом виконання індивідуальних завдань;
- консультації — проводяться за графіком кафедри протягом семестру та перед екзаменаційною сесією;
- самостійна робота — основний засіб опрацювання матеріалу поза аудиторними заняттями, що забезпечується підручниками, конспектами лекцій і методичними рекомендаціями.

1.2 Апаратне забезпечення комп'ютера: архітектура та основні компоненти

Комп'ютер — це електронний пристрій, призначений для автоматизованого приймання, зберігання, обробки та передавання інформації за заданою програмою. Більшість сучасних комп'ютерів побудована за принципами архітектури, запропонованої Джоном фон Нейманом: дані та програми зберігаються в спільній пам'яті у вигляді двійкового коду; обробку даних виконує центральний процесор, що складається з арифметико-логічного пристрою (виконує обчислення) і пристрою керування (керує послідовністю виконання команд); обмін даними між компонентами відбувається через спільну систему шин. Такий принцип «збереженої програми» дає змогу комп'ютеру виконувати різні задачі без зміни апаратної конструкції — достатньо завантажити іншу програму.

Апаратне забезпечення (hardware) — фізичні складові комп'ютера. Основні з них:

- центральний процесор (CPU) — виконує інструкції програм; головні характеристики — тактова частота (ГГц), кількість обчислювальних ядер і потоків, обсяг кеш-пам'яті (надшвидкої пам'яті процесора рівнів L1/L2/L3); провідні виробники — Intel, AMD (для персональних комп'ютерів), ARM (для мобільних і вбудованих пристроїв);
- оперативна пам'ять (RAM) — енергозалежна пам'ять для тимчасового зберігання даних і програм, що виконуються в поточний момент; вимірюється у гігабайтах (ГБ), сучасні стандарти — DDR4, DDR5; після вимкнення живлення вміст RAM втрачається;
- накопичувачі даних — енергонезалежна пам'ять для довготривалого зберігання інформації (жорсткі диски HDD, твердотільні накопичувачі SSD);
- материнська плата — об'єднує всі компоненти комп'ютера через набір мікросхем (чипсет), містить роз'єми (слоти) для процесора, пам'яті, плат розширення та зовнішні порти (USB, HDMI, Ethernet тощо);
- пристрої введення — клавіатура, миша, сканер, графічний планшет, а також вимірювальні прилади й випробувальні машини з цифровим інтерфейсом виведення даних на комп'ютер;
- пристрої виведення — монітор, принтер, плотер; окремий клас становлять комбіновані пристрої введення-виведення, як-от сенсорний екран.

Порівняння двох основних типів накопичувачів даних наведено в таблиці нижче.

Характеристика	HDD (жорсткий диск)	SSD (твердотільний накопичувач)
Принцип зберігання	Магнітний запис на пластинах, що обертаються	Флеш-пам'ять без рухомих частин
Швидкість роботи	Нижча (обмежена механікою)	Значно вища
Вартість за 1 ГБ	Нижча	Вища
Надійність при ударах/вібрації	Нижча (чутливий до механічних пошкоджень)	Вища
Типове застосування	Архівне зберігання великих обсягів даних	Системний диск, робота з великими файлами

У промислових і науково-дослідних лабораторіях, окрім типових персональних комп'ютерів, застосовують спеціалізовані периферійні пристрої: 3D-принтери для швидкого прототипування, верстати з числовим програмним керуванням (ЧПУ) із цифровим управлінням, а також вимірювальні комплекси (твердоміри, спектрометри,

електронні мікроскопи), що передають результати випробувань безпосередньо на комп'ютер для подальшої обробки.

1.3 Класифікація комп'ютерів

За призначенням і продуктивністю комп'ютери поділяють на кілька класів:

- настільні комп'ютери (desktop) — універсальні комп'ютери для офісної та навчальної роботи;
- портативні комп'ютери (ноутбуки, планшети) — компактні пристрої з автономним живленням;
- робочі станції (workstation) — потужні комп'ютери з підвищеною обчислювальною й графічною продуктивністю, призначені, зокрема, для ресурсомістких інженерних розрахунків і 3D-моделювання в CAD/CAE-системах;
- сервери — комп'ютери, що надають ресурси й послуги іншим комп'ютерам мережі (детальніше розглядаються в підрозділі 1.7);
- вбудовані (embedded) системи — спеціалізовані обчислювальні пристрої, інтегровані в інше обладнання (контролери верстатів із ЧПУ, вимірювальні прилади, промислові роботи);
- мобільні пристрої — смартфони й планшети на базі мобільних операційних систем.

1.4 Програмне забезпечення комп'ютера

Програмне забезпечення (software) — сукупність програм, що керують роботою комп'ютера та розв'язують прикладні задачі користувача. За призначенням розрізняють системне та прикладне програмне забезпечення.

Системне програмне забезпечення — забезпечує роботу самого комп'ютера: операційна система, драйвери пристроїв (програми, що забезпечують взаємодію ОС з конкретним апаратним пристроєм), службові утиліти (архіватори, антивіруси, засоби діагностики).

Прикладне програмне забезпечення — призначене для розв'язання конкретних задач користувача. У професійній діяльності інженера-матеріалознавця найпоширенішими категоріями є:

- офісні пакети — Microsoft Office, LibreOffice (текстові й табличні процесори, засоби підготовки презентацій);
- CAD-системи (Computer-Aided Design) для тривимірного проєктування деталей — AutoCAD, SolidWorks, КОМПАС-3D;
- CAE-системи (Computer-Aided Engineering) для інженерного аналізу — ANSYS, Abaqus (моделювання напружено-деформованого стану, теплових процесів тощо);
- спеціалізоване матеріалознавче програмне забезпечення для термодинамічного моделювання сплавів і прогнозування властивостей матеріалів (наприклад, засоби на основі методу CALPHAD);
- засоби аналізу даних і наукових розрахунків — Excel, Origin, MATLAB, мова програмування Python з бібліотеками аналізу даних;

- браузери для роботи з інтернет-ресурсами.

За умовами розповсюдження програмне забезпечення поділяють на:

- пропрієтарне (ліцензійне) — розповсюджується за платною ліцензією, вихідний код закритий (наприклад, Windows, AutoCAD, ANSYS);
- вільне програмне забезпечення з відкритим кодом (Open Source) — розповсюджується за ліцензіями на кшталт GPL чи MIT, які дозволяють вільно використовувати, вивчати й модифікувати вихідний код (наприклад, Linux, LibreOffice, FreeCAD);
- безкоштовне (freeware) — використовується без оплати, але вихідний код зазвичай закритий (наприклад, Adobe Acrobat Reader);
- умовно-безкоштовне (shareware/trial) — доступне безкоштовно на обмежений період або з обмеженим функціоналом, після чого потребує придбання ліцензії.

Використання неліцензійного програмного забезпечення в навчальній і професійній діяльності є порушенням законодавства про авторське право; у практичних заняттях курсу принципово застосовуються лише безкоштовні або вільно доступні для здобувачів засоби.

1.5 Операційні системи: призначення та функції

Операційна система (ОС) — комплекс програм, що керує апаратними ресурсами комп'ютера, забезпечує виконання прикладних програм і надає користувачу засоби взаємодії з комп'ютером. ОС виступає посередником між апаратним забезпеченням, з одного боку, і прикладними програмами та користувачем — з іншого. Після увімкнення живлення завантаження комп'ютера відбувається в кілька етапів: базова система введення-виведення (BIOS/UEFI) перевіряє справність обладнання, після чого завантажувач передає керування ядру операційної системи, яке ініціалізує решту служб і надає користувачу робоче середовище.

Основні функції операційної системи:

- управління процесами — розподіл процесорного часу між запущеними програмами (багатозадачність); окрема програма, що виконується, називається процесом, а найменша одиниця виконання в межах процесу — потоком (thread);
- управління пам'яттю — розподіл оперативної пам'яті між процесами, зокрема за допомогою механізму віртуальної пам'яті, який дає змогу виконувати програми, що потребують більше пам'яті, ніж фізично встановлено;
- управління файловою системою — організація зберігання, пошуку та захисту даних на накопичувачах (детальніше — у підрозділі 1.6);
- управління пристроями — взаємодія з апаратним забезпеченням через драйвери;
- інтерфейс користувача — текстовий (командний рядок) або графічний (GUI);
- забезпечення безпеки — розмежування прав доступу різних користувачів до даних і ресурсів комп'ютера.

Порівняння найпоширеніших операційних систем для персональних комп'ютерів наведено в таблиці нижче.

Операційна система	Ліцензування	Типове застосування
Windows	Пропрієтарна (платна)	Домашнє й офісне використання, більшість інженерного та CAD/CAE ПЗ
macOS	Пропрієтарна (постачається з обладнанням Apple)	Творчі індустрії, розробка програмного забезпечення
Linux (дистрибутиви)	Здебільшого вільне (Open Source)	Сервери, наукові обчислення, вбудовані та промислові системи

Для мобільних пристроїв основними операційними системами є Android (з відкритим ядром, вільно доступний виробникам пристроїв) та iOS (пропрієтарна ОС компанії Apple). Окремий клас становлять спеціалізовані операційні системи реального часу (RTOS), що керують промисловим обладнанням, верстатами з ЧПУ та вимірювальними комплексами — на відміну від звичайних ОС, вони гарантують виконання критично важливих команд у строго визначений час.

1.6 Файлова система

Файлова система — спосіб організації зберігання й іменування файлів на накопичувачі. Дані на диску структуровано ієрархічно: диск → папки (каталоги) → вкладені папки → файли. Розташування файлу описується шляхом доступу — абсолютним (повний шлях від кореня диска, наприклад C:\Робота\Звіти\Звіт.docx) або відносним (щодо поточної папки, наприклад ../Звіти\Звіт.docx). Тип файлу зазвичай визначається розширенням його імені і вказує, якою програмою файл має відкриватися.

Категорія файлів	Приклади розширень	Призначення
Текстові документи	.docx, .txt, .pdf	Оформлення текстової документації
Електронні таблиці	.xlsx, .csv	Табличні розрахунки, зберігання наборів даних
Зображення	.jpg, .png, .tiff	Фотографії, скановані документи, ілюстрації
Архіви	.zip, .rar, .7z	Стиснене зберігання та передавання групи файлів
Виконувані файли	.exe, .msi	Встановлення та запуск програм

Різні операційні системи використовують різні формати файлових систем накопичувачів: NTFS — основний формат внутрішніх дисків Windows (підтримує великі файли й розмежування прав доступу), exFAT — сумісний формат для зовнішніх флеш-накопичувачів, який читають і Windows, і macOS, ext4 — типовий формат для внутрішніх дисків Linux. Для розмежування доступу до файлів у багатокористувацьких системах застосовуються права доступу — читання, запис і виконання, які встановлюються окремо для власника файлу, групи користувачів і решти користувачів. Для компактного зберігання й пересилання групи файлів застосовується стиснення (архівування), яке зменшує обсяг даних без (або майже без) втрати інформації.

1.7 Основи роботи комп'ютерних мереж

1.7.1 Поняття мережі та каналу зв'язку. Сигнали й модуляція

Комп'ютерна (інфокомунікаційна) мережа — сукупність комп'ютерів та інших пристроїв, з'єднаних між собою каналами зв'язку для спільного використання ресурсів та обміну

інформацією. Канал зв'язку — сукупність технічних засобів і середовища передавання (кабель, оптоволокну, радіоефір), за допомогою яких дані передаються від джерела до отримувача. За напрямом передавання розрізняють канали симплексні (передавання лише в одному напрямі, наприклад радіотрансляція), напівдуплексні (передавання по черзі в обох напрямках, наприклад рація) і дуплексні (одночасне передавання в обох напрямках, наприклад телефонна лінія чи сучасна комп'ютерна мережа).

Дані в мережі передаються у вигляді сигналів — аналогових (неперервних) або цифрових (дискретних). Для передавання цифрових даних через аналогові канали (наприклад, стару телефонну лінію) застосовується модуляція — перетворення даних в електричний сигнал певної частоти, амплітуди чи фази; пристрій, що виконує модуляцію й обернене перетворення (демодуляцію), називається модемом. Сучасні мережі здебільшого передають дані у цифровому вигляді безпосередньо, без аналогової модуляції.

1.7.2 Класифікація мереж за територіальною ознакою

- PAN (Personal Area Network) — персональна мережа в межах кількох метрів (наприклад, Bluetooth-з'єднання пристроїв);
- LAN (Local Area Network) — локальна мережа в межах приміщення чи будівлі (мережа лабораторії, офісу, підприємства);
- MAN (Metropolitan Area Network) — мережа в межах міста, проміжна між локальними та глобальними мережами;
- WAN (Wide Area Network) — глобальна мережа, що охоплює значні території (регіон, країну, весь світ); найбільший приклад WAN — мережа Інтернет.

1.7.3 Способи комутації: комутація каналів і комутація пакетів

Процес з'єднання абонентів мережі через транзитні вузли називається комутацією. Історично першою була комутація каналів — утворення суцільного фізичного каналу зі з'єднаних каналних ділянок для прямої передачі даних (класичний приклад — традиційна телефонія): перед передаванням даних завжди виконується процедура встановлення з'єднання.

Переваги комутації каналів:

- постійна й наперед відома швидкість передачі;
- постійний, передбачуваний рівень затримок.

Недоліки:

- нерациональне використання каналу, якщо дані передаються не безперервно;
- обов'язкова затримка на встановлення з'єднання перед початком передавання.

Сучасні мережі, включно з Інтернетом, здебільшого організовано за принципом комутації пакетів: повідомлення розбивається на невеликі пакети даних, кожен з яких містить адресу отримувача й передається мережею незалежно від інших, а на приймальній стороні пакети збираються в початкове повідомлення.

Переваги комутації пакетів:

- висока загальна пропускна здатність мережі за рахунок динамічного розподілу каналу між абонентами;
- стійкість до часткових відмов обладнання, гнучка маршрутизація.

Недоліки:

- швидкість передачі даних між конкретними абонентами наперед не гарантована;
- затримка між пакетами може змінюватися, можливі втрати окремих пакетів.

1.7.4 Модель OSI

Щоб обладнання й програми різних виробників могли взаємодіяти в мережі, використовується еталонна модель взаємодії відкритих систем OSI (Open Systems Interconnection) — вона описує процес мережевої взаємодії як послідовність із семи рівнів, кожен з яких відповідає за свою частину завдання:

Рівень	Назва рівня	Основна функція
7	Прикладний	Взаємодія мережевих служб із прикладними програмами користувача
6	Представлення	Перетворення (кодування, стиснення, шифрування) даних для передавання
5	Сеансовий	Встановлення, підтримка та завершення сеансу зв'язку між пристроями
4	Транспортний	Надійне доставляння даних між кінцевими пристроями (розбиття/збирання пакетів)
3	Мережний	Адресація та маршрутизація пакетів між мережами (протокол IP)
2	Канальний	Доступ до фізичного середовища передавання, виявлення помилок
1	Фізичний	Передавання бітів даних фізичним каналом зв'язку

На практиці мережа Інтернет побудована на спрощеній чотирирівневій моделі TCP/IP, яка об'єднує деякі рівні моделі OSI (зокрема сеансовий, представлення й прикладний — в один прикладний рівень), проте виконує ті самі принципові функції: адресацію, маршрутизацію та надійне доставляння даних.

1.7.5 IP-адресація та основні протоколи

Кожен вузол мережі, що працює за протоколом IP, має унікальну числову IP-адресу, за якою мережеве обладнання визначає маршрут доставлення даних до нього. Адреса версії IPv4 записується у вигляді чотирьох чисел від 0 до 255, розділених крапками (наприклад, 192.168.0.1); через вичерпання простору таких адрес поступово впроваджується новіший протокол IPv6 зі значно більшим адресним простором. Розрізняють публічні IP-адреси (унікальні в межах усього Інтернету) та приватні (використовуються в межах локальної мережі, наприклад 192.168.x.x). Для зручності користувачів числові адреси серверів зіставляються з текстовими доменними іменами (наприклад, example.com) за допомогою служби доменних імен DNS (Domain Name System). Із-поміж прикладних протоколів найпоширенішими є HTTP/HTTPS (передавання веб-сторінок, HTTPS — захищена, зашифрована версія), FTP (передавання файлів) і SMTP (надсилання електронної пошти);

на транспортному рівні дані передаються протоколом TCP (з гарантією доставляння й порядку пакетів) або швидшим, але без такої гарантії, протоколом UDP.

1.7.6 Мережеве обладнання

- сервер — комп'ютер або програмний компонент, що надає іншим пристроям мережі доступ до певних ресурсів або послуг (файловий сервер, веб-сервер, поштовий сервер тощо);
- маршрутизатор (router) — пристрій, що визначає оптимальний шлях передавання пакетів між різними мережами (наприклад, з локальної мережі до Інтернету);
- комутатор (switch) — пристрій, що з'єднує кінцеві пристрої в межах однієї локальної мережі та передає дані безпосередньо адресату, підвищуючи ефективність мережі;
- концентратор (хаб) — застаріле мережеве обладнання, що просто повторює отриманий сигнал на всі свої порти, без «інтелектуальної» обробки; практично витіснене комутаторами;
- модем — пристрій для підключення локальної мережі чи окремого комп'ютера до мережі провайдера (кабельної, оптичної або мобільної).

1.7.7 Бездротові мережі

Дедалі більшу частку сучасних мереж становлять бездротові технології: Wi-Fi (стандарти сімейства IEEE 802.11) забезпечує бездротовий доступ до локальної мережі й Інтернету в межах приміщення чи невеликої території; Bluetooth використовується для з'єднання пристроїв на невеликій відстані (персональні мережі PAN); мобільний зв'язок пройшов еволюцію поколінь від 3G до сучасного 5G, забезпечуючи дедалі вищу швидкість передавання даних для мобільних пристроїв. Бездротові технології, зокрема, лежать в основі інтернету речей (IoT) — мереж датчиків і виробничого обладнання, про які докладніше йтиметься в темі 15.

1.8 Основи інформаційної безпеки користувача

Використання комп'ютера та мережевих сервісів супроводжується ризиками для безпеки даних. Значну частку цих ризиків становить шкідливе програмне забезпечення (malware) — програми, створені для несанкціонованого доступу до системи чи пошкодження даних:

- віруси — програми, що впроваджуються в інші файли та поширюються під час їх запуску чи копіювання;
- троянські програми — маскуються під легітимне програмне забезпечення, але виконують приховані шкідливі дії;
- програми-вимагачі (ransomware) — шифрують дані користувача та вимагають викуп за їх розшифрування;
- шпигунське програмне забезпечення (spyware) — приховано збирає інформацію про користувача та передає її третім особам.

Одним із найпоширеніших способів атаки залишається фішинг — розсилання листів або повідомлень, що маскуються під офіційні, з метою виманити паролі чи інші конфіденційні дані; ознаками фішингу зазвичай є підозрілі посилання, вимога терміново виконати дію та незвична адреса відправника.

Базові правила цифрової гігієни користувача:

- використовувати надійні, унікальні для кожного сервісу паролі та, за можливості, багатофакторну автентифікацію (підтвердження входу додатковим кодом, наприклад із застосунку на смартфоні);
- своєчасно оновлювати операційну систему та прикладне програмне забезпечення — оновлення часто усувають виявлені вразливості;
- регулярно створювати резервні копії важливих даних, бажано на окремому носії або в хмарному сховищі;
- використовувати антивірусне програмне забезпечення та не вимикати вбудований захист операційної системи;
- критично ставитися до листів, посилань і вкладень від невідомих відправників;
- блокувати доступ до пристрою, коли ним не користуються, і не передавати паролі третім особам.

Обробка персональних даних в Україні регулюється, зокрема, Законом України «Про захист персональних даних», який зобов'язує організації забезпечувати належний захист даних, що обробляються, зокрема під час використання інформаційних систем підприємства. Детальніше питання загроз інформаційній безпеці, шкідливого програмного забезпечення та захисту даних розглядаються в темі 16 «Кібербезпека та захист даних: цифрова гігієна інженера».

Контрольні питання для самоперевірки

- Роль інформаційних та комунікаційних технологій у професійній діяльності інженера-матеріалознавця.
- Апаратне та програмне забезпечення комп'ютера: основні складові та їх призначення.
- Операційна система: функції, основні типи операційних систем для персональних комп'ютерів і мобільних пристроїв.
- Файлова система: організація, ієрархія папок, типи файлів, шляхи доступу до файлів.
- Комп'ютерні мережі: поняття локальної (LAN) та глобальної (WAN) мережі, поняття IP-адреси.
- Основні принципи інформаційної безпеки на рівні окремого користувача комп'ютера.

Рекомендована література до теми

1. Інформаційно-комп'ютерні технології в машинобудуванні : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / В. В. Савуляк, О. В. Піонткевич, Н. С. Семічаснова. – Вінниця : ВНТУ, 2024. 133 с.

2. Павлиш В. А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.
3. Райковська Г. О. Шляхи вдосконалення підготовки фахівців машинобудівної галузі. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2019. № 2. С. 111–116. DOI: 10.31649/1997-9266-2019-143-2-111-116.
4. Ю. А. Бурсніков, Л. Г. Козлов, В. В. Савуляк, Д. О. Лозинський, Н. С. Семічаснова. Підвищення ефективності викладання дисциплін «Вступ до фаху» і дисциплін з інформаційних технологій на машинобудівних спеціальностях. Матеріали ЛІІ науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2023). Вінниця : ВНТУ, 2023. С. 2826–2829.

Тема 2. ТЕКСТОВИЙ ПРОЦЕСОР WORD: ПРОФЕСІЙНЕ ОФОРМЛЕННЯ ДОКУМЕНТІВ

2.1 Призначення текстового процесора Word та основні елементи інтерфейсу

Текстовий процесор — прикладна програма для створення, редагування та форматування текстових документів, яка, на відміну від простого текстового редактора (наприклад, «Блокнота»), дає змогу керувати шрифтами, абзацним і сторінковим форматуванням, вставляти таблиці, рисунки, формули та автоматизовані елементи (зміст, нумерацію, перехресні посилання) за принципом WYSIWYG («що бачиш, те й отримаєш») — вигляд документа на екрані відповідає вигляду при друку. Найпоширенішим текстовим процесором є Microsoft Word, який входить до складу пакета Microsoft Office; серед вільно доступних альтернатив — LibreOffice Writer (вільне програмне забезпечення з відкритим кодом) та онлайн-редактор Google Docs, що дає змогу редагувати документ спільно з іншими користувачами безпосередньо в браузері.

У професійній діяльності інженера-матеріалознавця текстовий процесор застосовується для підготовки звітів з випробувань, пояснювальних записок до курсових і кваліфікаційних робіт, технічних завдань, службових листів та іншої документації, де важливі не лише зміст, а й охайне, послідовне і відповідне стандартам оформлення.

Порівняння трьох найпоширеніших текстових процесорів наведено в таблиці нижче.

Текстовий процесор	Ліцензування	Особливості
Microsoft Word	Пропріетарне (платна підписка Microsoft 365 чи окрема ліцензія)	Найширші можливості форматування; галузевий стандарт документообігу
LibreOffice Writer	Вільне програмне забезпечення з відкритим кодом (безкоштовне)	Висока сумісність із форматом .docx; типово для Linux
Google Docs	Безкоштовний онлайн-сервіс (потрібен обліковий запис Google)	Робота в браузері без встановлення програми; вбудована спільна робота в реальному часі

Основні елементи інтерфейсу Word:

- стрічка (Ribbon) — панель інструментів, розділена на вкладки за функціональним призначенням;
- робоча область — власне текст документа, що редагується;

- лінійка — показує розміри полів, відступів і позицій табуляції;
- панель швидкого доступу — містить найчастіше вживані команди (зберегти, скасувати дію тощо);
- рядок стану — відображає номер поточної сторінки, кількість слів, мову перевірки правопису, масштаб перегляду.

Призначення основних вкладок стрічки наведено в таблиці нижче.

Вкладка стрічки	Призначення
Файл	Створення, збереження, друк документа, налаштування програми
Головна	Форматування шрифту й абзацу, стилі, буфер обміну
Вставлення	Таблиці, рисунки, діаграми, колонтитули, номери сторінок, формули
Макет	Параметри сторінки: поля, орієнтація, розміри, розриви розділів
Посилання	Автоматичний зміст, виноска, підписи до рисунків/таблиць, перехресні посилання
Рецензування	Перевірка правопису, запис виправлень (рецензування), коментарі
Вигляд	Режими перегляду документа, панель навігації, масштаб

Формат файлу, у якому зберігається документ, обирається залежно від подальшого призначення документа. Основні формати, з якими працює Word, наведено в таблиці нижче.

Формат	Призначення
.docx	Основний формат Word (відкритий XML); зберігає повне форматування й підтримує подальше редагування
.doc	Застарілий формат Word 97–2003; використовується для сумісності зі старими програмами
.pdf	Незмінний вигляд документа на будь-якому пристрої; для остаточної версії, що не редагується
.rtf	Універсальний текстовий формат зі спрощеним форматуванням, сумісний з різними редакторами
.odt	Відкритий стандарт документів пакета LibreOffice
.txt	Простий текст без жодного форматування

Сучасні версії Word (у складі Microsoft 365) також підтримують автозбереження та історію версій документа за умови його зберігання в хмарному сховищі OneDrive — детальніше про це йдеться в темі 6. Крім звичайного документа, Word дає змогу зберегти файл як шаблон (.dotx) — заготовку з наперед заданими стилями, полями та типовим текстом (наприклад, фірмовий бланк університету чи типова форма звіту), на основі якої надалі створюються нові документи однакового вигляду. Панель швидкого доступу у верхній частині вікна можна налаштувати під себе, додавши на неї команди, якими користувач послуговується найчастіше.

2.2 Символьне та абзацне форматування

Форматування тексту в Word поділяють на символічне (застосовується до окремих символів чи слів) та абзацне (застосовується до абзацу в цілому).

Символьне форматування визначає вигляд окремих символів: гарнітура та розмір шрифту, накреслення (напівжирний, курсив, підкреслений), колір тексту, а також спеціальні ефекти (закреслення, верхній/нижній індекс).

Абзацне форматування визначає вигляд абзацу як цілого: вирівнювання (за лівим краєм, за правим краєм, по центру, за шириною), відступи першого рядка та полів абзацу, міжрядковий інтервал, інтервали перед і після абзацу, а також маркований чи нумерований список.

Міжрядковий інтервал можна задати як фіксовану кратність (одинарний, 1,5 рядка, подвійний) або точним значенням у пунктах («Точно» чи «Мінімум»); для технічної документації, як правило, застосовується інтервал 1,5, рідше — точно заданий у пунктах. Окрему групу параметрів абзацу становить керування розбиттям на сторінки (діалогове вікно «Абзац» → вкладка «Положення на сторінці»): «не відривати від наступного» гарантує, що абзац (наприклад, заголовок) залишиться на одній сторінці з наступним за ним текстом; «не розривати абзац» забороняє розривати сам абзац між сторінками; «керування висячими рядками» запобігає ситуації, коли на сторінці залишається лише перший або лише останній рядок абзацу. Саме ці параметри, а не ручні розриви сторінок, є правильним інструментом для виконання вимоги, щоб заголовок розділу не опинявся сам унизу сторінки, відірваним від тексту свого розділу.

Важливе практичне правило професійного оформлення документів: структура абзаців і відступів має формуватися засобами форматування (відступи, інтервали), а не повторюваними натисканнями клавіш «Пробіл» чи «Enter» — такий «ручний» спосіб форматування унеможливорює коректну автоматичну обробку документа (зокрема побудову змісту) і призводить до «розповзання» оформлення при редагуванні. Побачити приховані символи форматування (пробіли, кінці абзаців, розриви) можна, увімкнувши відображення непокидних символів на вкладці «Головна».

Для швидкого перенесення форматування з одного фрагмента тексту на інший, без повторного налаштування кожного параметра окремо, застосовується інструмент «Формат за зразком» («Малярна кисть», Format Painter): достатньо виділити відформатований текст, натиснути цю кнопку й «пофарбувати» нею потрібний фрагмент.

Списки — окремий вид абзацного форматування для переліків. Word підтримує три типи списків: маркований (нумерація символами-маркерами, коли порядок елементів не важливий), нумерований (арабськими цифрами чи літерами, коли порядок принциповий) і багаторівневий список (поєднує кілька рівнів вкладеності, наприклад для нумерації пунктів і підпунктів технічного документа: 1, 1.1, 1.1.1). Формат списку обирається на вкладці «Головна» в групі «Абзац».

Основні комбінації клавіш, що прискорюють форматування тексту в Word, наведено в таблиці нижче.

Комбінація клавіш	Дія
Ctrl + B / I / U	Напівжирний / курсив / підкреслений шрифт
Ctrl + C / X / V	Копіювати / вирізати / вставити
Ctrl + Z / Y	Скасувати дію / повторити скасовану дію
Ctrl + S	Зберегти документ
Ctrl + F	Знайти текст у документі
Ctrl + Enter	Вставити розрив сторінки

2.3 Стили абзаців і символів

Стиль — іменований набір параметрів форматування (шрифт, розмір, колір, відступи, інтервали тощо), який можна застосувати до тексту одним натисканням, замість того щоб щоразу вручну повторювати ту саму комбінацію налаштувань. Використання стилів — ключова відмінність професійного оформлення документа від аматорського: якщо оформлення всіх заголовків чи абзаців тексту засноване на стилях, зміна одного параметра стилю (наприклад, розміру шрифту заголовків) автоматично застосовується до всього документа.

Основні категорії стилів у Word:

- стилі символів — застосовуються до виділеного фрагмента тексту в межах абзацу (наприклад, стиль «Виділення жирним»);
- стилі абзаців — застосовуються до абзацу в цілому й визначають одночасно шрифт, вирівнювання, відступи та інтервали (наприклад, стилі «Звичайний», «Заголовок 1», «Заголовок 2», «Цитата»);
- зв'язані стилі — поєднують властивості символічних і абзацних стилів;
- стилі таблиць — визначають оформлення меж, заливки та шрифту таблиці.

Стилі організовано ієрархічно: новий стиль може бути заснований на вже наявному («заснований на») і успадковувати частину його параметрів, а стиль наступного абзацу можна призначити автоматично (наприклад, після заголовка типово починається абзац зі стилем «Звичайний»). Готовий стиль можна змінити через контекстне меню в галереї стилів на вкладці «Головна»; після зміни стилю всі абзаци, оформлені цим стилем, оновлюються одночасно в усьому документі. Призначення основних вбудованих стилів наведено в таблиці нижче.

Стиль	Призначення
Звичайний (Normal)	Базовий стиль основного тексту документа
Заголовок 1–3 (Heading 1–3)	Назви розділів і підрозділів різного рівня вкладеності
Назва (Title)	Назва документа на титульній сторінці
Підзаголовок (Subtitle)	Уточнення чи підпис під назвою документа
Цитата (Quote)	Виділення цитованого фрагмента тексту
Абзац списку (List Paragraph)	Елементи маркованих і нумерованих списків
Назва об'єкта (Caption)	Підписи до рисунків і таблиць

Загальний вигляд документа (набір кольорів, шрифтів і ефектів, що застосовуються до всіх стилів одразу) визначає тема оформлення (вкладка «Конструктор» / Design), а набір взаємоузгоджених стилів у межах теми — набір стилів (Style Set). Використання тем і наборів стилів дає змогу швидко змінити цілісний вигляд документа, не редагуючи кожен стиль окремо.

Створити власний стиль можна двома способами: відформатувати фрагмент тексту вручну потрібним чином, а потім зберегти це форматування як новий стиль (у галереї стилів → «Створити стиль»), або одразу створити порожній стиль і задати всі його параметри в діалоговому вікні. Для документів, які готуються за єдиним шаблоном кафедри чи підприємства (звіти, пояснювальні записки), доцільно один раз створити й зберегти в шаблоні (.dotx) повний набір потрібних стилів — це гарантує, що всі співробітники чи студенти оформлюють документи однаково, без ручного підбору шрифтів і відступів.

2.4 Структура документа: заголовки та автоматичне формування змісту

Логічну структуру великого документа (звіту, пояснювальної записки, кваліфікаційної роботи) формують заголовки розділів і підрозділів, оформлені вбудованими стилями «Заголовок 1», «Заголовок 2», «Заголовок 3» тощо. Кожному стилю заголовка відповідає певний рівень структури (рівень контуру): «Заголовок 1» — назви розділів, «Заголовок 2» — підрозділів, і так далі.

Вимоги до структури заголовків у професійному документі:

- рівні заголовків мають послідовно відображати логічну структуру документа, без пропуску рівнів (наприклад, після «Заголовка 1» одразу «Заголовок 3»);
- формулювання заголовка має бути стислим і змістовним, без зайвих слів;
- у межах документа заголовки одного рівня оформлюються однаково (стиль, нумерація, вирівнювання);
- заголовок не повинен «висіти» останнім рядком унизу сторінки, відірваним від тексту свого розділу.

Якщо всі заголовки документа послідовно оформлені вбудованими стилями, Word може автоматично побудувати зміст (вкладка «Посилання» → «Зміст»): програма самостійно збирає всі заголовки з документа разом із номерами сторінок і формує на їх основі клікабельний список. Головна перевага такого підходу — зміст можна оновити одним натисканням («Оновити поле») після будь-яких змін у документі, без ризику помилки чи розбіжності з фактичним текстом, на відміну від змісту, набраного вручну. Для швидкого переміщення документом за структурою заголовків також зручно використовувати панель навігації (вкладка «Вигляд» → «Область навігації»).

У налаштуваннях автоматичного змісту («Посилання» → «Зміст» → «Настроюваний зміст») можна вказати, заголовки якого рівня включати до змісту (наприклад, лише «Заголовок 1» і «Заголовок 2», без глибшої деталізації), а також вигляд заповнювача між назвою заголовка та номером сторінки (крапки, пунктир або без заповнювача). Після редагування документа зміст потрібно оновити вручну — правою кнопкою миші по змісту → «Оновити поле» → «Оновити повністю» (якщо змінилися самі заголовки) або «Оновити тільки номери сторінок» (якщо змінився лише обсяг тексту). Забутий неоновлений зміст — одна з найпоширеніших помилок при здаванні технічної документації.

2.5 Робота з таблицями

Таблиці у Word використовуються для впорядкованого подання структурованих даних — числових результатів, порівняльних характеристик, специфікацій тощо. Таблицю вставляють через вкладку «Вставлення» → «Таблиця», вказавши потрібну кількість рядків і стовпців; надалі можна додавати або видаляти рядки й стовпці, об'єднувати та розбивати клітинки, змінювати ширину стовпців і застосовувати готові стилі оформлення таблиці (заливка, межі, чергування кольору рядків).

Практичні рекомендації щодо оформлення таблиць у технічному документі:

- заголовок (шапка) таблиці повинен повторюватися на кожній сторінці, якщо таблиця не вміщується на одній сторінці (властивість рядка «Повторювати як заголовок»);
- таблицю не варто розривати між сторінками посередині рядка — рядок має цілком переноситися на наступну сторінку;
- числові дані в стовпці доцільно вирівнювати за правим краєм або по центру, а не за лівим краєм, для зручного порівняння значень;
- кожна таблиця в технічному документі повинна мати підпис (назву) з наскрізним номером.

Підпис до таблиці додається через «Посилання» → «Вставити назву» і зазвичай розміщується над таблицею у форматі «Таблиця 1 — Назва таблиці»; номер таблиці нумерується автоматично й перенумеровується сама, якщо в документі додаються чи видаляються інші таблиці.

Додаткові можливості роботи з таблицями доступні на вкладці «Макет» (Layout), яка з'являється після клацання всередині таблиці: сортування рядків за значеннями одного зі стовпців (за зростанням чи спаданням), перетворення виділеного тексту на таблицю й навпаки — таблиці на текст (за роздільниками, наприклад комами чи табуляціями), а також обчислення найпростіших підсумків у клітинках за допомогою формул (наприклад, =SUM(ABOVE) для суми значень над клітинкою). У діалоговому вікні властивостей таблиці також налаштовується спосіб обтікання таблиці текстом і вирівнювання таблиці на сторінці.

2.6 Робота з рисунками, об'єктами та підписами

Окрім тексту й таблиць, документ може містити рисунки (фотографії, схеми, графіки, скановані зображення), формули, діаграми та графічні об'єкти (SmartArt, фігури). Зображення вставляється через «Вставлення» → «Малюнки»; для кожного рисунка можна налаштувати спосіб обтікання текстом (у тексті, навколо рамки, за текстом тощо), що визначає, як текст документа розташовується відносно зображення. Математичні формули зручно набирати вбудованим редактором формул («Вставлення» → «Рівняння»), який коректно відображає дроби, індекси, грецькі символи та математичні оператори.

Так само, як таблиці, кожен рисунок у технічному документі повинен мати підпис із наскрізним номером — за загальноприйнятою практикою у форматі «Рисунок 1 — Назва рисунка», розміщений під зображенням. У тексті документа на кожен рисунок і кожену таблицю має бути принаймні одне посилання (наприклад, «як показано на рисунку 1»); щоб таке посилання автоматично оновлювалося при зміні нумерації, застосовують перехресне посилання («Посилання» → «Перехресне посилання») замість набору номера вручну.

Для схем послідовності дій, організаційних структур чи циклів технологічного процесу зручно використовувати SmartArt-графіку («Вставлення» → «SmartArt») — набір готових шаблонів графічних схем, текст у яких редагується через звичайний список, а візуальне узгодження елементів (розміри, кольори, стрілки) Word виконує автоматично. Для зменшення розміру файлу документа з великою кількістю фотографій доцільно стискати зображення («Формат рисунка» → «Стиснути малюнки»); для документів, які поширюватимуться в електронному вигляді, також рекомендовано додавати альтернативний текст до рисунків («Формат рисунка» → «Змінити альтернативний текст»)

— короткий текстовий опис зображення, що робить документ доступнішим, зокрема для програм екранного читання.

2.7 Колонтитули, нумерація сторінок, розриви розділів

Колонтитули — області у верхній (верхній колонтитул) і нижній (нижній колонтитул) частині кожної сторінки документа, що повторюються на всіх сторінках і зазвичай містять номер сторінки, назву документа, назву поточного розділу чи логотип організації. Колонтитули налаштовуються через «Вставлення» → «Верхній колонтитул» / «Нижній колонтитул», де також можна вказати особливий (порожній) колонтитул для першої сторінки документа — це типово застосовується, щоб не виводити номер і колонтитул на титульній сторінці.

Нумерація сторінок вставляється через «Вставлення» → «Номер сторінки»; для документів, у частині яких нумерація повинна починатися заново (наприклад, у додатках) або мати інший формат, використовують розриви розділів (Section Break) — на відміну від звичайного розриву сторінки (Page Break), який лише переносить текст на нову сторінку без зміни її параметрів, розрив розділу дає змогу для кожної частини документа окремо задавати нумерацію сторінок, орієнтацію аркуша (книжкову чи альбомну), поля та зміст колонтитулів. Розриви розділів вставляються через «Макет» → «Розриви» → «Розриви розділів».

Типові практичні застосування розривів розділів у технічній документації:

- титульна сторінка та зміст без номера сторінки, тоді як основний текст нумерується, починаючи з першої сторінки вступу;
- окремих аркуш альбомної орієнтації для широкої таблиці чи креслення посеред документа з переважно книжковою орієнтацією;
- самостійна наскрізна нумерація сторінок додатків, відмінна від нумерації основної частини документа.

Відмінності між розривом сторінки та різними типами розриву розділу підсумовано в таблиці нижче.

Тип розриву	Що відбувається
Розрив сторінки (Page Break)	Переносить текст на нову сторінку; параметри сторінки (поля, орієнтація, колонтитули) залишаються спільними з попередньою частиною документа
Розрив розділу «Наступна сторінка»	Починає новий розділ з нової сторінки; для нього можна окремо задати нумерацію, орієнтацію, поля й колонтитули
Розрив розділу «Безперервний»	Починає новий розділ на тій самій сторінці (наприклад, для зміни кількості колонок тексту)
Розрив розділу «Із парної / непарної сторінки»	Починає новий розділ із наступної парної або непарної сторінки — застосовується для документів, що друкуються з двох боків аркуша

Для документів, які друкуватимуться на двох боках аркуша та зшиватимуться (наприклад, у палітурку), також можна налаштувати різні колонтитули для парних і непарних сторінок і додаткове дзеркальне поле під оправу — ці параметри задаються в діалоговому вікні «Параметри сторінки» на вкладці «Макет».

2.8 Вимоги до оформлення технічної документації (звітів, пояснювальних записок)

Оформлення звітів з науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, пояснювальних записок до курсових і кваліфікаційних робіт в Україні регламентується державними стандартами, зокрема ДСТУ 3008 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання». Хоча конкретні вимоги можуть уточнюватися методичними вказівками випускової кафедри, типовими залишаються такі загальні положення:

Параметр	Типова вимога
Шрифт основного тексту	Times New Roman, 14 пт
Міжрядковий інтервал	1,5
Поле ліве / праве	30 мм / 10–15 мм
Поле верхнє / нижнє	20 мм / 20 мм
Вирівнювання основного тексту	За шириною, з відступом першого рядка абзацу
Нумерація сторінок	Наскрізна, звичайно внизу по центру або праворуч

Типова структура звіту чи пояснювальної записки включає титульну сторінку, зміст, вступ, основну частину (розділи й підрозділи), висновки, список використаних джерел і додатки — саме ця структура природно узгоджується з ієрархією стилів заголовків, розглянутою в підрозділі 2.4. Призначення основних структурних елементів такого документа наведено в таблиці нижче.

Елемент структури	Призначення
Титульна сторінка	Назва документа, установа, автор, керівник, рік — без номера сторінки
Зміст	Автоматично сформований перелік заголовків з номерами сторінок
Вступ	Актуальність, мета й завдання роботи
Основна частина	Розділи й підрозділи з викладом змісту роботи, підкріплені таблицями, рисунками, формулами
Висновки	Стислі підсумки виконаної роботи відповідно до поставлених завдань
Список використаних джерел	Перелік літератури, оформлений за бібліографічним стандартом
Додатки	Допоміжні матеріали великого обсягу (таблиці, роздруківки, креслення), винесені за межі основного тексту

Практичні рекомендації з підготовки технічного документа у Word:

- з першого рядка документа використовувати стилі, а не формувати кожен абзац і заголовок вручну;
- нумерувати рисунки, таблиці та формули автоматичними засобами (підписи, перехресні посилання), а не вручну;
- перед здаванням роботи перевіряти правопис і граматику засобами вкладки «Рецензування» з увімкненою українською мовою перевірки;
- використовувати функцію запису виправлень (рецензування) та коментарів під час спільного редагування чи узгодження документа з керівником — детальніше про інструменти спільної роботи над документами йдеться в темі 6;
- перед фінальним друком чи здаванням документа перевіряти його вигляд через попередній перегляд друку та за потреби експортувати в PDF, щоб гарантувати незмінність оформлення на інших пристроях.

2.9 Перевірка правопису та інструменти автоматизації набору тексту

Word автоматично перевіряє правопис і граматику під час набору тексту, підкреслюючи можливі помилки хвилястою лінією; повну перевірку всього документа запускають на вкладці «Рецензування» → «Правопис». Якщо документ містить фрагменти різними мовами (наприклад, українською й англійською), для кожного фрагмента варто окремо вказати мову перевірки правопису («Рецензування» → «Мова» → «Установити мову перевірки правопису»), інакше текст іншою мовою буде або підкреслено як помилковий, або, навпаки, не перевірено взагалі.

Для масової заміни повторюваного фрагмента тексту в усьому документі (наприклад, зміни назви організації чи терміна) зручно користуватися функцією пошуку й заміни (Ctrl+H, «Знайти й замінити»), яка також дозволяє шукати текст за критеріями форматування чи з використанням спеціальних символів (шаблонів). Функція автозаміни (AutoCorrect) автоматично виправляє типові одруки під час набору тексту (наприклад, «Уркаїна» → «Україна») та може автоматично розгортати скорочення у повний текст; водночас при наборі спеціалізованих технічних термінів, формул чи позначень варто перевіряти, щоб автозаміна мимоволі не спотворила потрібний запис, і за потреби вимикати заміну для конкретного випадку.

Для повторного використання стандартних фрагментів тексту (наприклад, типового грифа затвердження чи стандартного застереження в документах кафедри) можна зберегти такий фрагмент як експрес-блок («Вставлення» → «Експрес-блоки») і надалі вставляти його одним натисканням в інші документи. Рядок стану у нижній частині вікна завжди показує поточну кількість слів у документі чи у виділеному фрагменті; повнішу статистику (кількість сторінок, слів, символів, абзаців і рядків) можна переглянути через «Рецензування» → «Число слів» — це зручно, зокрема, коли обсяг роботи заданий у кількості знаків чи сторінок.

Перед друком або здаванням готового документа варто скористатися попереднім переглядом друку («Файл» → «Друк»), де можна перевірити фактичний вигляд сторінок, обрати діапазон сторінок для друку, кількість копій і двосторонній друк. Якщо кінцевим результатом має бути файл, а не паперова копія, документ експортують у формат PDF («Файл» → «Експортувати» → «Створити документ PDF/XPS»), що гарантує незмінний вигляд документа на будь-якому пристрої користувача, який його відкриватиме.

2.10 Рецензування документа: запис змін і коментарі

Коли документ узгоджується з керівником чи колегами, зручно бачити не лише кінцевий текст, а й те, які саме правки були внесені. Для цього на вкладці «Рецензування» вмикають запис виправлень (Track Changes): після цього будь-яке додавання тексту позначається кольором і підкресленням, а видалений текст не зникає одразу, а показується закресленим — так рецензент бачить повну історію правок конкретного автора. Автор документа може переглядати правки в одному з кількох режимів відображення: «Розмітка» (усі правки видно з позначками), «Усі позначки приховано» (показано лише кінцевий вигляд тексту з правками) та «Оригінал» (текст до внесення правок).

Кожну окрему правку можна прийняти або відхилити («Прийняти» / «Відхилити» на вкладці «Рецензування»), а після завершення узгодження — прийняти або відхилити всі правки одразу. Окремо від запису правок, до конкретного фрагмента тексту можна додати

коментар («Вставлення» → «Коментар») — текстову примітку на полях, яка не змінює сам текст документа, а лише супроводжує його поясненням, запитанням чи зауваженням; на коментар можна відповісти або позначити його вирішеним. Якщо потрібно порівняти дві редакції документа, що редагувалися незалежно одна від одної (наприклад, без увімкненого запису правок), Word може автоматично побудувати порівняльну версію із позначеними відмінностями через «Рецензування» → «Порівняти». Ці інструменти особливо корисні під час спільної роботи над документом кількох користувачів одночасно — докладніше про хмарні сервіси для такої співпраці йдеться в темі 6.

Контрольні питання для самоперевірки

- Призначення текстового процесора Word, основні елементи його інтерфейсу.
- Стили абзаців і символів та їх роль у професійному оформленні документів.
- Автоматичне формування змісту документа; вимоги до структури заголовків.
- Робота з таблицями, рисунками та підписами до них у Word.
- Колонтитули, нумерація сторінок, розриви розділів у багатосторінкових документах.
- Вимоги до оформлення технічної документації (звітів, пояснювальних записок) засобами текстового процесора.

Рекомендована література до теми

1. Word 2013-2016 : навчальний посібник / Укладач Дячук С. Ф. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 294 с.
2. Gookin Dan. Word 2019 For Dummies. John Wiley & Sons, Ltd., 2018. 450 p.
3. Онлайн-курс. Word та Excel: інструменти і лайфхаки: [сайт]. Режим доступу: <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/word-excel-instrumenty-lifhaky/>
4. Павлиш В.А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.

Тема 3. ТАБЛИЧНИЙ ПРОЦЕСОР EXCEL: ОСНОВИ (ФОРМУЛИ, ФУНКЦІЇ)

3.1 Призначення табличного процесора Excel та основні елементи інтерфейсу

Табличний процесор — прикладна програма для введення, зберігання, обчислення та візуалізації даних, організованих у вигляді таблиці. На відміну від текстового процесора, основною одиницею роботи в табличному процесорі є не абзац тексту, а комірка таблиці, яка може містити число, текст або формулу, що автоматично обчислюється на основі вмісту інших комірок. Найпоширенішим табличним процесором є Microsoft Excel, який входить до складу пакета Microsoft Office; серед вільно доступних альтернатив — LibreOffice Calc (вільне програмне забезпечення з відкритим кодом) та онлайн-редактор Google Таблиці (Google Sheets), що підтримує спільне редагування таблиці кількома користувачами одночасно в браузері.

У професійній діяльності інженера-матеріалознавця Excel застосовується для ведення таблиць властивостей матеріалів, обробки результатів механічних і технологічних випробувань, виконання інженерних розрахунків за формулами, побудови графіків залежностей і підготовки зведених звітів — саме ці задачі й становлять основу подальших тем курсу (тема 4 — аналіз даних і візуалізація).

Основні елементи інтерфейсу Excel:

- стрічка (Ribbon) — панель інструментів, розділена на вкладки за функціональним призначенням;
- рядок формул — показує повний вміст (текст або формулу) активної комірки та дає змогу його редагувати;
- поле імені (Name Box) — показує адресу активної комірки й дає змогу швидко перейти до потрібної комірки чи діапазону за адресою;
- робоча область — сітка комірок, організованих у стовпці (позначені літерами) і рядки (позначені числами);
- ярлики аркушів — розташовані внизу вікна, дають змогу перемикатися між аркушами однієї книги;
- рядок стану — відображає готовність програми, а також автоматичні підсумки (сума, середнє, кількість) для виділеного діапазону.

Призначення основних вкладок стрічки Excel наведено в таблиці нижче.

Вкладка стрічки	Призначення
Файл	Створення, збереження, друк книги, налаштування програми
Головна	Форматування комірок і шрифту, умовне форматування, стилі таблиць
Вставлення	Таблиці, діаграми, зведені таблиці, рисунки
Формули	Бібліотека функцій, диспетчер імен, засоби перевірки формул
Дані	Сортування, фільтрація, перевірка даних, імпорт зовнішніх джерел
Рецензування	Перевірка правопису, коментарі, захист аркуша
Вигляд	Режими перегляду, закріплення областей, масштаб

Основні комбінації клавіш, що прискорюють роботу в Excel, наведено в таблиці нижче.

Комбінація клавіш	Дія
Ctrl + стрілка	Перейти до межі суцільного діапазону даних у вказаному напрямі
Ctrl + Пробіл / Shift + Пробіл	Виділити весь стовпець / весь рядок
F2	Перейти в режим редагування вмісту активної комірки
F4	Перемкнути тип посилання (відносне / абсолютне / мішане) у формулі
Ctrl + ;	Вставити поточну дату
Alt + =	Автоматично вставити функцію СУМ для суміжного діапазону чисел

3.2 Структура книги Excel: аркуші, комірки, діапазони, адресація

Файл Excel називається книгою (workbook) і може містити декілька аркушів (worksheet) — окремих таблиць, об'єднаних в одному файлі (наприклад, окремий аркуш для вихідних даних і окремий — для підсумкових розрахунків). Аркуші можна додавати,

перейменовувати, видаляти, переміщувати чи копіювати за допомогою ярликів унизу вікна; змістовна назва аркуша (наприклад, «Вихідні дані» замість «Лист1») значно полегшує подальшу роботу з книгою, що містить кілька аркушів.

Кожен аркуш являє собою сітку з комірок, утворену перетином стовпців (позначаються латинськими літерами: A, B, C, ... AA, AB ...) і рядків (позначаються числами: 1, 2, 3, ...). Адреса комірки складається з позначення стовпця та номера рядка (наприклад, B5 — комірка на перетині стовпця B і рядка 5); саме за цією адресою на комірку посилаються у формулах. Група суміжних комірок називається діапазоном і позначається адресами лівої верхньої та правої нижньої комірок через двокрапку (наприклад, A1:C10 — прямокутний діапазон від A1 до C10). Комірку, яка редагується в поточний момент, називають активною; її адреса відображається в полі імені.

Якщо формула на одному аркуші має посилатися на комірку іншого аркуша тієї самої книги, перед адресою комірки вказують назву аркуша, відокремлену знаком оклику: наприклад, формула =Дані!B5 бере значення з комірки B5 аркуша «Дані». Такий підхід дає змогу розділити вихідні дані та розрахунки на різні аркуші, зберігаючи між ними обчислювальний зв'язок.

Замість адреси комірки в формулах можна використовувати іменовані діапазон — зручну текстову назву, присвоєну конкретній комірці чи діапазону (наприклад, назву «Густина_сталі» замість адреси \$B\$2). Ім'я надають через поле імені або «Формули» → «Диспетчер імен»; після цього формула на кшталт =Маса/Густина_сталі стає значно зрозумілішою за формулу =D2/\$B\$2, а саме ім'я, на відміну від звичайного відносного посилання, за замовчуванням залишається незмінним при копіюванні формули — це особливо зручно для сталих величин і коефіцієнтів, що використовуються в багатьох формулах книги.

3.3 Типи даних в Excel та формати комірок

Excel автоматично визначає тип введених до комірки даних за їх виглядом: числа й дати вирівнюються за правим краєм комірки, текст — за лівим краєм, а логічні значення ІСТИНА/ХИБНІСТЬ (TRUE/FALSE) — по центру. Основні типи даних — числові значення (цілі й дробові), текст, дата й час (внутрішньо зберігаються як число — кількість днів від певної початкової дати, що дає змогу виконувати над ними арифметичні дії, наприклад обчислювати різницю між двома датами), логічні значення та формули, що починаються зі знака «=».

Формат комірки визначає, як саме відображається її вміст, не змінюючи самого числового значення (наприклад, число 0,15 можна показати як «0,15», «15%» або «0,15 грн» — внутрішньо це те саме число). Основні формати комірок наведено в таблиці нижче.

Формат	Приклад відображення	Призначення
Загальний (General)	1500	Формат за замовчуванням без спеціального оформлення
Числовий	1 500,00	Числа з заданою кількістю десяткових знаків і роздільником розрядів
Грошовий	1 500,00 грн	Числа з позначенням валюти
Відсотковий	15%	Число, помножене на 100 і показане зі знаком відсотка

Формат	Приклад відображення	Призначення
Дата	02.09.2026	Дата у вибраному форматі відображення
Текстовий	045	Значення трактується як текст, а не число (наприклад, для кодів чи номерів партій, що починаються з нуля)

Правильний вибір формату комірки має принципове значення для коректності подальших обчислень: якщо число введено чи відформатовано як текст, Excel не зможе використати його у звичайних математичних формулах (наприклад, функція СУМ проігнорує таку комірку). Ця помилка — одна з найпоширеніших причин, коли сума в таблиці «не сходиться»; детальніше типові помилки розглянуто в підрозділі 3.7.

3.4 Формули: синтаксис, порядок виконання операцій, відносні й абсолютні посилання

Формула в Excel завжди починається зі знака «=» і може містити числа, посилання на комірки, арифметичні оператори (+ додавання, - віднімання, * множення, / ділення, ^ піднесення до степеня) та функції. Порядок виконання операцій відповідає звичайним правилам математики: спочатку обчислюються вирази в дужках, потім піднесення до степеня, далі множення й ділення (зліва направо), і насамкінець додавання й віднімання; для зміни природного порядку обчислень застосовують круглі дужки.

Головна перевага табличного процесора — можливість посилатися у формулі на адресу комірки замість того, щоб вписувати в формулу готове число: формула $=B2+B3$ автоматично перерахує результат, щойно зміниться вміст комірки B2 або B3, тоді як формула $=150+200$ залишиться незмінною назавжди. Саме тому в професійних розрахунках прийнято уникати «зашитих» у формулу готових чисел там, де це значення теоретично може змінитися.

3.4.1 Відносні посилання

За замовчуванням посилання на комірку у формулі є відносним: коли така формула копіюється в іншу комірку (наприклад, протягуванням за маркер заповнення в правому нижньому куті комірки), адреси в формулі автоматично зсуваються на стільки ж рядків і стовпців, на скільки перемістилася сама формула. Наприклад, якщо в комірці C2 записано формулу $=A2*B2$ і скопіювати її в комірку C3, вона автоматично перетвориться на $=A3*B3$. Відносні посилання зручні, коли та сама формула застосовується до кожного рядка однотипної таблиці (наприклад, обчислення маси зразка за його об'ємом і густиною в кожному рядку).

3.4.2 Абсолютні та мішані посилання

Якщо формула має завжди посилатися на ту саму комірку незалежно від того, куди її скопійовано (наприклад, на комірку із загальною сумою чи з коефіцієнтом перерахунку), стовпець і/або рядок посилання фіксують знаком долара: $\$A\$1$ — абсолютне посилання (при копіюванні не змінюється ні стовпець, ні рядок), $\$A1$ чи $A\$1$ — мішане посилання (фіксується лише стовпець або лише рядок). Перемкнути тип посилання для виділеної адреси в рядку формул можна клавішею F4.

Приклад: якщо в комірці E1 записано загальну масу партії, а в стовпці D — масу кожного окремого зразка, то частку зразка від загальної маси у відсотках обчислюють формулою $=D2/ \$E\$1$ у комірці C2; знак долара гарантує, що при копіюванні цієї формули вниз для інших зразків посилання на комірку D зсуватиметься (D3, D4, ...), а посилання на комірку із загальною сумою E1 залишиться незмінним для кожного рядка.

Результат такого копіювання показано в таблиці нижче: у стовпці «Формула в комірці» видно, як відносна частина посилання (D2, D3, D4) послідовно зсувається, тоді як абсолютна частина ($\$E\$1$) залишається незмінною в кожному рядку.

Комірка	Зразок	Маса, г (стовпець D)	Формула в комірці C
C2	Зразок 1	12,4	$=D2/ \$E\$1$
C3	Зразок 2	11,8	$=D3/ \$E\$1$
C4	Зразок 3	13,1	$=D4/ \$E\$1$

(Загальна маса партії за умовою прикладу зберігається в комірці E1 й однакова для всіх трьох формул.)

3.5 Основні вбудовані функції Excel

Функція — заздалегідь визначена формула для типової операції, яка приймає один або кілька аргументів у круглих дужках, відокремлених крапкою з комою: $=\text{НАЗВАФУНКЦІЇ}(\text{аргумент1}; \text{аргумент2}; \dots)$. Аргументом функції може бути число, адреса комірки, діапазон комірок або результат іншої функції (вкладена функція). Повний перелік доступних функцій, згрупованих за категоріями (математичні, статистичні, логічні, текстові, дата й час тощо), можна переглянути через кнопку «Вставити функцію» (fx) біля рядка формул — там же наведено підказку щодо аргументів кожної функції.

Функції Excel згруповано в категорії за призначенням; приклади функцій кожної категорії наведено в таблиці нижче.

Категорія	Приклади функцій	Призначення
Математичні	СУМ, ОКРУГЛ, КОРИНЬ, СТЕПІНЬ	Арифметичні й математичні обчислення
Статистичні	СРЗНАЧ, МАКС, МІН, РАХУНОК	Статистичне опрацювання числових рядів
Логічні	ЯКЩО, І, АБО, НЕ	Перевірка умов і побудова логічних висновків
Текстові	ЗЧЕПИТИ, ЛЕВСИМВ, ДЛСТР	Опрацювання й перетворення текстових значень
Дата й час	СЬОГОДНІ, РІК, РІЗНДАТ	Обчислення з датами та часовими інтервалами
Пошук і посилання	ВПР, ІНДЕКС, ПОШУКПОЗ	Пошук значень в інших таблицях і діапазонах

Найуживаніші базові функції та їх призначення:

- СУМ(діапазон) — обчислює суму значень у зазначеному діапазоні комірок; наприклад, $=\text{СУМ}(D2:D30)$ підсумовує масу всіх зразків партії;
- СРЗНАЧ(діапазон) — обчислює середнє арифметичне значень діапазону; наприклад, $=\text{СРЗНАЧ}(C2:C30)$ дає середню твердість партії зразків;
- МАКС(діапазон) і МІН(діапазон) — повертають найбільше й найменше значення в діапазоні; корисні для швидкого пошуку екстремальних значень серії випробувань;

- **РАХУНОК**(діапазон) — підраховує кількість комірок діапазону, що містять числові значення (наприклад, кількість проведених випробувань);
- **РАХУНОКЗ**(діапазон) — підраховує кількість непорожніх комірок незалежно від типу даних;
- **ЯКЩО**(умова; значення_якщо_істина; значення_якщо_хибність) — перевіряє логічну умову й повертає одне з двох значень залежно від результату перевірки; наприклад, **=ЯКЩО(C2>200;"Придатний";"Відбраковано")** класифікує зразок за значенням твердості;
- **РАХУНКОВІВ**(діапазон; критерій) — підраховує кількість комірок діапазону, що задовольняють задану умову; наприклад, **=РАХУНКОВІВ(C2:C30;">200")** підраховує кількість зразків із твердістю понад 200.

Функції можна вкладати одна в одну: наприклад, формула **=ЯКЩО(СРЗНАЧ(C2:C30)>200;"Партія відповідає вимогам";"Партія потребує перевірки")** спочатку обчислює середню твердість партії функцією **СРЗНАЧ**, а потім функція **ЯКЩО** перевіряє отримане число і повертає відповідний текстовий висновок. Під час набору формули Excel автоматично пропонує список відповідних функцій і підказує порядок та кількість аргументів, що значно знижує ризик синтаксичної помилки.

3.6 Умовне форматування

Умовне форматування — засіб автоматичної зміни вигляду комірки (кольору заливки, шрифту, значка) залежно від її значення чи результату заданої формули, без потреби вручну розфарбовувати комірки. Це дає змогу візуально виділити важливі значення в таблиці (наприклад, результати випробувань, що виходять за межі допустимого діапазону) без додаткового аналізу кожного рядка окремо.

Основні типи правил умовного форматування (вкладка «Головна» → «Умовне форматування»):

- правила виділення комірок — виділяють комірки, значення яких більше, менше чи дорівнює заданій межі, потрапляє в заданий діапазон, або містить задане текстове значення;
- гістограми (Data Bars) — зафарбовують частину комірки пропорційно до її значення відносно інших комірок діапазону, наочно показуючи відносну величину без додаткового стовпця чи графіка;
- кольорні шкали (Color Scales) — плавно змінюють колір заливки комірки залежно від її значення (наприклад, від зеленого до червоного);
- набори значків (Icon Sets) — додають до комірки значок (стрілку, прапорець тощо) залежно від того, до якої частини діапазону належить значення;
- правило на основі формули — дає змогу задати довільну логічну умову для форматування, коли готові типи правил не підходять.

Наприклад, щоб у стовпці з результатами вимірювання твердості автоматично виділити червоним усі значення, нижчі за нормативну межу, обирають «Правила виділення комірок» → «Менше» і вказують потрібне порогове значення; для комірок, значення яких залежить

від сусідньої комірки, використовують варіант «Використати формулу для визначення форматуваних комірок» із власною логічною формулою.

3.7 Типові помилки при роботі з формулами та способи їх усунення

Коли Excel не може обчислити формулу, замість результату в комірці з'являється код помилки, що починається зі знака «#». Значення основних кодів помилок наведено в таблиці нижче.

Код помилки	Причина	Як усунути
#DIV/0!	Ділення на нуль або на порожню комірку	Перевірити дільник; за потреби додати перевірку функцією ЯКЩО
#REF!	Формула посилається на видалену комірку чи діапазон	Відновити правильне посилання, уважно видаляти рядки/стовпці
#VALUE!	У формулі використано текст там, де очікується число	Перевірити формат і вміст комірок-аргументів
#NAME?	Помилка в назві функції або її написано без знання синтаксису	Перевірити правильність написання назви функції
#N/A	Значення, яке шукає функція (наприклад, ВПР), відсутнє в діапазоні пошуку	Перевірити, чи справді шукане значення є в таблиці

Значно небезпечнішою за видиму помилку з кодом «#» є прихована логічна помилка, коли формула обчислюється без жодного повідомлення про помилку, але дає невірний результат. Найпоширеніші причини таких помилок:

- переплутане відносне й абсолютне посилання — формула, скопійована в інші рядки, «зсуває» посилання на комірку, яка мала лишатися незмінною (наприклад, на комірку із загальною сумою), і кожен рядок обчислюється за неправильним знаменником;
- не включений у діапазон формули доданий пізніше рядок або стовпець даних — сума чи середнє обчислюються без урахування нових значень;
- числа, введені або відформатовані як текст, — такі значення мовчки ігноруються функціями СУМ і СРЗНАЧ, а підсумок виявляється заниженим;
- сплутані одиниці виміру в різних комірках, що беруть участь в одній формулі (наприклад, міліметри в одній комірці та метри в іншій).

Практичні поради, які допомагають уникнути й вчасно виявити такі помилки:

- перевіряти результат формули на кількох рядках вручну (наприклад, калькулятором) перш ніж поширювати її на всю таблицю;
- після копіювання формули клацнути на кількох випадкових комірках і переглянути її вміст у рядку формул, переконавшись, що посилання зсунулися саме так, як задумано;
- використовувати засоби аудиту формул на вкладці «Формули» — «Показати формули» (Ctrl+`) відображає в комірках самі формули замість результатів, а «Трасувати залежності» й «Трасувати впливові комірки» показують стрілками, які комірки пов'язані з поточною;
- чітко відокремлювати комірки з вихідними даними, які вводить користувач, від комірок із формулами, щоб випадково не переписати формулу вручну введенням числом.

3.8 Збереження, друк і практичні рекомендації щодо побудови таблиць

Книга Excel за замовчуванням зберігається у форматі .xlsx (відкритий XML-формат); формат .xls використовується для сумісності зі старими версіями програми, а формат .csv зберігає лише значення комірок як простий текст, розділений комами, без жодного форматування чи формул — цей формат зручний для обміну табличними даними з іншими програмами.

Практичні рекомендації щодо побудови таблиць у навчальних і робочих файлах:

- перший рядок таблиці варто відвести під заголовки стовпців і, за потреби, закріпити його на екрані під час прокручування довгої таблиці (вкладка «Вигляд» → «Закріпити області»), щоб заголовки залишалися видимими;
- для широкої таблиці, яка не вміщується на аркуші паперу за шириною, у параметрах друку задають «Область друку» та повторення заголовкових рядків/стовпців на кожній сторінці, а також перевіряють вигляд через «Попередній перегляд»;
- аркуш, що містить лише проміжні розрахунки, недоцільно виводити на друк — для цього в параметрах сторінки задають конкретну область друку;
- перед передаванням файлу іншим користувачам корисно захистити від випадкових змін комірки з формулами («Рецензування» → «Захистити аркуш»), залишивши редагованими лише комірки для введення вихідних даних.

Контрольні питання для самоперевірки

- Структура книги Excel: аркуші, комірки, діапазони, способи адресації комірок.
- Основні типи даних в Excel та формати комірок.
- Формули в Excel: синтаксис, порядок виконання операцій, відносні й абсолютні посилання.
- Основні вбудовані функції Excel (SUM, AVERAGE, IF, COUNT, MAX/MIN): призначення та застосування.
- Умовне форматування в Excel: призначення та приклади застосування.
- Типові помилки при роботі з формулами в Excel та способи їх усунення.

Рекомендована література до теми

1. Excel 2013–2016 : навчальний посібник / Укладач Дячук С.Ф. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 308 с.
2. Бишевец Н. Г., Омецинська Н. В., Юсипів Т. В. Теорія ймовірностей та математична статистика з використанням табличного процесора MS EXCEL : навчальний посібник. Одеса : Гельветика, 2021. 233 с.
3. Онлайн-курс. Word та Excel: інструменти і лайфхаки: [сайт]. Режим доступу: <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/word-excel-instrumenty-lifhaky/>
4. Павлиш В.А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.

Тема 4. EXCEL: АНАЛІЗ ДАНИХ І ВІЗУАЛІЗАЦІЯ

4.1 Сортування даних у таблицях Excel

Тема 3 розглядала Excel як засіб обчислень за формулами; ця тема присвячена наступному кроку роботи з даними — їх упорядкуванню, добору за умовами, узагальненню та наочному поданню, що є щоденною задачею під час обробки результатів випробувань матеріалів, порівняння партій продукції чи аналізу показників виробництва.

Сортування — впорядкування рядків таблиці за значеннями одного або кількох стовпців. Найпростіший варіант — сортування за одним стовпцем за зростанням або спаданням (вкладка «Дані» → кнопки «А→Я» / «Я→А», або відповідні кнопки для чисел). Якщо впорядкування потрібно виконати одразу за кількома критеріями (наприклад, спочатку за маркою матеріалу, а в межах кожної марки — за спаданням твердості), застосовують діалогове вікно «Сортування» («Дані» → «Сортування»), де можна додати кілька рівнів сортування, кожен зі своїм стовпцем, порядком і навіть власним переліком (наприклад, сортування місяців не за алфавітом, а за календарним порядком).

Перед сортуванням важливо переконатися, що виділено весь діапазон таблиці разом із заголовками (Excel зазвичай сам розпізнає межі таблиці й пропонує розширити виділення) — сортування лише частини стовпців без інших призводить до «розсипання» таблиці, коли значення одного рядка втрачають зв'язок між собою.

Приклад багаторівневого сортування журналу випробувань — спочатку за маркою матеріалу (за зростанням, алфавітно), а в межах кожної марки за спаданням твердості — наведено в таблиці нижче: до сортування рядки йшли в порядку внесення даних, після сортування — впорядковані за двома рівнями одночасно.

Марка матеріалу	Твердість, НВ	Порядок сортування
Сталь 40Х	248	Рівень 1: марка (А → Я)
Сталь 40Х	210	Рівень 2: твердість (за спаданням у межах марки)
Сталь 45	197	Рівень 1: марка (А → Я)
Сталь 45	180	Рівень 2: твердість (за спаданням у межах марки)

Крім звичайного алфавітного чи числового порядку, Excel дає змогу сортувати за власним переліком («Дані» → «Сортування» → «Порядок» → «Настроюваний список»), наприклад щоб місяці впорядковувалися за календарем, а не за алфавітом, або щоб категорії якості йшли у змістовному порядку («Придатний» → «Умовно придатний» → «Відбраковано»), а не абетково.

4.2 Фільтрація даних

Фільтрація — тимчасове приховування рядків таблиці, які не відповідають заданій умові, без видалення самих даних. Найпоширеніший спосіб — автофільтр («Дані» → «Фільтр»), який додає до кожного заголовка стовпця кнопку зі списком: у ньому можна зняти позначки з непотрібних значень, задати числову умову («більше», «між», «перші 10») чи текстову

умову («містить», «починається з»). Для стовпця з датами автофільтр пропонує готове угруповання за роками, місяцями та днями.

Практичні застосування фільтрації під час опрацювання матеріалознавчих даних:

- показати лише зразки певної марки сплаву з усього загального журналу випробувань;
- відібрати результати, у яких значення твердості виходить за межі допустимого технічного діапазону;
- приховати рядки з певного періоду (наприклад, залишити лише випробування поточного місяця);
- відфільтрувати рядки за кількома умовами одночасно, застосувавши фільтр послідовно до кількох стовпців.

Якщо умови добору складніші за можливості автофільтра (наприклад, потрібно поєднати кілька умов через «або» для різних стовпців, або зберегти кілька готових наборів умов для повторного використання), застосовують розширений фільтр («Дані» → «Додатково»), у якому критерії задаються в окремому діапазоні комірок за спеціальними правилами, а результат фільтрації можна вивести в інше місце аркуша, не приховуючи вихідну таблицю.

Основні комбінації клавіш і команди для сортування та фільтрації наведено в таблиці нижче.

Дія	Спосіб виконання
Увімкнути / вимкнути автофільтр	Ctrl + Shift + L
Відсортувати за зростанням / спаданням	«Дані» → «А→Я» / «Я→А»
Багаторівневе сортування	«Дані» → «Сортування»
Показати лише перші/останні N значень	Автофільтр стовпця → «Числові фільтри» → «Перші 10»
Очистити всі застосовані фільтри	«Дані» → «Очистити»

4.3 Функції пошуку та умовного підсумовування даних

Окрім сортування й фільтрації, для аналізу великих таблиць застосовують функції, які самостійно шукають потрібні дані чи обчислюють підсумки за умовою, без ручного перегляду таблиці.

ВПР (VLOOKUP) — шукає задане значення в першому стовпці вказаного діапазону та повертає значення з того самого рядка, але з іншого стовпця цього діапазону. Синтаксис: =ВПР(шукане_значення; діапазон_таблиці; номер_стовпця; інтервальний_перегляд). Наприклад, формула =ВПР(A2;Довідник!A:C;3;ХИБНІСТЬ) шукає марку матеріалу з комірки A2 в першому стовпці таблиці «Довідник» і повертає значення з третього стовпця цієї таблиці (наприклад, довідкову густину матеріалу) — останній аргумент ХИБНІСТЬ вимагає точного, а не приблизного збігу, що для текстових значень (назв матеріалів) є обов'язковим.

Аргумент ВПР	Призначення
Шукане значення	Значення, яке потрібно знайти (наприклад, назва матеріалу з поточного рядка)
Діапазон таблиці	Діапазон, у першому стовпці якого відбувається пошук
Номер стовпця	Порядковий номер стовпця в діапазоні, звідки береться результат

Аргумент ВПР	Призначення
Інтервальний перегляд	ХИБНІСТЬ — точний збіг (типово для тексту); ІСТИНА — приблизний збіг (для впорядкованих числових меж)

Головне обмеження ВПР — стовпець пошуку обов'язково має бути першим (лівим) у зазначеному діапазоні, а сама функція шукає значення лише зліва направо. Більш гнучкою альтернативою є поєднання функцій ІНДЕКС і ПОШУКПОЗ: ПОШУКПОЗ визначає порядковий номер позиції шуканого значення в діапазоні, а ІНДЕКС повертає значення з потрібного стовпця за цим номером позиції — такий підхід дозволяє шукати результат ліворуч від стовпця пошуку і не залежить від того, першим чи останнім є потрібний стовпець.

СУММЕСЛИ (SUMIF) — підсумовує значення діапазону лише для тих рядків, які відповідають заданій умові. Синтаксис: =СУММЕСЛИ(діапазон_умови; умова; діапазон_підсумовування). Наприклад, формула =СУММЕСЛИ(B2:B100;"Сталь 45";D2:D100) підсумовує масу (стовпець D) лише для тих рядків, де в стовпці B зазначено марку «Сталь 45». Якщо умов декілька, застосовують функцію СУММЕСЛИМН (SUMIFS), яка перевіряє одразу кілька пар «діапазон – умова».

Аналогічно до СУММЕСЛИ побудовані функції СЕРЗНАЧЕСЛИ (умовне середнє значення) і вже розглянута в темі 3 РАХУНКОВІВ (умовний підрахунок кількості) — усі вони дають змогу отримати підсумок не для всієї таблиці, а лише для потрібної її частини, без попереднього ручного фільтрування рядків.

Приклад результату функції СУММЕСЛИ для журналу випробувань, що містить кілька марок матеріалу, наведено в таблиці нижче: підсумкова маса обчислюється окремо для кожної марки без попереднього сортування чи фільтрування вихідних даних.

Марка матеріалу (умова)	Формула	Результат, кг
Сталь 45	=СУММЕСЛИ(B2:B100;"Сталь 45";D2:D100)	312,4
Сталь 40X	=СУММЕСЛИ(B2:B100;"Сталь 40X";D2:D100)	187,9
Чавун СЧ20	=СУММЕСЛИ(B2:B100;"Чавун СЧ20";D2:D100)	245,6

Порівняння двох підходів до пошуку значень у таблиці — ВПР і поєднання ІНДЕКС/ПОШУКПОЗ — наведено в таблиці нижче.

Критерій	ВПР (VLOOKUP)	ІНДЕКС + ПОШУКПОЗ
Напрямок пошуку	Лише зліва направо	У будь-якому напрямі
Стійкість до вставлення нового стовпця	Номер стовпця «зсувається» — формула ламається	Не залежить від положення стовпців
Складність написання формули	Проста, один аргумент номера стовпця	Складніша, дві вкладені функції

Останній аргумент ВПР, «інтервальний перегляд», можна встановити рівним ІСТИНА для наближеного пошуку за впорядкованими числовими межами — наприклад, щоб за вимірним значенням твердості автоматично визначити категорію якості за таблицею меж. У такому режимі ВПР знаходить найбільше значення межі, яке не перевищує шукане число, тому стовпець меж у довідковій таблиці обов'язково має бути відсортований за зростанням.

Нижня межа твердості, НВ	Категорія якості
0	Не відповідає вимогам
180	Умовно придатний
220	Придатний
280	Підвищеної якості

4.4 Зведені таблиці

Зведена таблиця (PivotTable) — інтерактивний інструмент для швидкого узагальнення й перегрупування великого масиву вихідних даних без написання жодної формули. На основі однієї вихідної таблиці зведена таблиця може за лічені секунди показати, наприклад, середню твердість по кожній марці матеріалу, суму виготовленої продукції по місяцях або кількість випробувань по кожному лаборанту — і так само швидко перебудувати цей звіт за іншим розрізом даних.

Порядок побудови зведеної таблиці:

- виділити вихідну таблицю (або клацнути будь-яку її комірку) й обрати «Вставлення» → «Зведена таблиця»;
- вибрати місце розміщення зведеної таблиці (новий аркуш чи наявний);
- у панелі полів зведеної таблиці перетягнути потрібні стовпці вихідних даних у зони «Рядки», «Стовпці», «Значення» та, за потреби, «Фільтри»;
- для полів у зоні «Значення» обрати спосіб підсумовування (сума, середнє, кількість, максимум тощо) через «Параметри полів значень»;
- за потреби перебудувати звіт, просто перетягнувши поля між зонами — сама зведена таблиця перерахується автоматично.

Наприклад, маючи журнал випробувань із колонками «Марка матеріалу», «Дата», «Твердість» і «Оператор», можна перетягнути «Марка матеріалу» в зону «Рядки», а «Твердість» — у зону «Значення» з підсумовуванням «Середнє», щоб миттєво отримати таблицю середньої твердості по кожній марці; додавши «Оператор» у зону «Стовпці», можна так само швидко побачити середню твердість у розрізі кожного оператора для кожної марки матеріалу. Поряд зі зведеною таблицею часто будують зведену діаграму (PivotChart), яка так само автоматично перебудовується разом зі зведеною таблицею.

Вигляд такої зведеної таблиці (середня твердість по марках матеріалу в розрізі операторів) наведено нижче — зверніть увагу, що вихідний журнал випробувань міг містити сотні окремих рядків вимірювань, а зведена таблиця подає їх у вигляді компактного узагальнення.

Марка матеріалу	Лаборант 1	Лаборант 2	Загальний підсумок
Сталь 45	196,4	198,1	197,2
Сталь 40X	243,0	239,5	241,3
Чавун СЧ20	182,7	179,9	181,4

Якщо після побудови зведеної таблиці вихідні дані змінилися (додано нові рядки випробувань чи виправлено значення), зведена таблиця автоматично цього не помічає — її

потрібно оновити вручну через «Аналіз зведеної таблиці» → «Оновити» (або клавішею Alt+F5), інакше звіт буде показувати застарілі дані. Для зручної інтерактивної фільтрації зведеної таблиці (наприклад, щоб одним клацанням показувати дані лише за обраний місяць чи лише для обраної марки матеріалу) використовують слайсери («Вставлення» → «Слайсер») — наочні кнопкові фільтри, які можна одночасно приєднати до кількох зведених таблиць і діаграм на аркуші.

4.5 Діаграми: типи та критерії вибору

Діаграма — графічне подання числових даних, яке дає змогу побачити закономірність, тенденцію чи співвідношення величин значно швидше, ніж під час перегляду самих чисел у таблиці. Діаграма вставляється через вкладку «Вставлення» на основі попередньо виділеного діапазону даних; після створення її тип, кольори та підписи можна змінити на вкладках «Конструктор діаграм» та «Формат», які з'являються при виділенні діаграми.

Загальний порядок побудови діаграми:

- виділити діапазон вихідних даних разом із заголовками стовпців (заголовки Excel використовує як підписи ряду й категорій);
- на вкладці «Вставлення» обрати потрібний тип діаграми з групи «Діаграми» (або скористатися кнопкою «Рекомендовані діаграми», яка сама пропонує найбільш підхожі варіанти для виділених даних);
- додати чи відредагувати назву діаграми, підписи осей і легенду через «Елементи діаграми» (кнопка «+» біля діаграми);
- за потреби змінити ряди даних місцями (рядки/стовпці) або прибрати з діаграми зайвий ряд через «Вибрати дані»;
- перевірити остаточний вигляд діаграми відповідно до принципів візуалізації, розглянутих у підрозділі 4.6.

Правильний вибір типу діаграми залежить передусім від того, яке запитання про дані ставиться. Основні типи діаграм Excel і задачі, для яких вони підходять, наведено в таблиці нижче.

Тип діаграми	Коли застосовувати
Стовпчаста / гістограма	Порівняння значень кількох категорій між собою (наприклад, твердості кількох марок сплавів)
Лінійчата (графік)	Показ зміни величини в часі (наприклад, динаміка міцності партії протягом місяців)
Кругова	Частка кожної категорії у загальній сумі (наприклад, розподіл випробувань за марками матеріалів); застосовується лише коли категорій небагато (до 5–6)
Точкова (діаграма розсіювання)	Залежність однієї числової величини від іншої для пошуку кореляції (наприклад, залежність твердості від температури загартування)
З областями	Те саме, що лінійчата, але з акцентом на накопичений обсяг величини
Комбінована	Одночасне подання величин різної природи чи різного масштабу на одній діаграмі (наприклад, стовпці обсягу випуску та лінія відсотка браку)

Типова помилка початківців — використання кругової діаграми там, де категорій забагато (вона стає нечитабельною), або лінійчатої діаграми для даних, які не утворюють часового ряду (лінія між категоріями, що не мають природного порядку, вводять в оману, натякаючи на неіснуючу тенденцію). Кожна діаграма в технічному документі повинна мати підписані

осі з одиницями вимірювання, зрозумілу назву та, за потреби, легенду — без цих елементів діаграма може бути візуально привабливою, але марною для аналізу.

4.6 Принципи візуалізації інженерних (матеріалознавчих) даних

Побудова візуально коректної та інформативної діаграми — окреме вміння, що виходить за межі технічного натискання кнопок. Для інженерних і матеріалознавчих даних варто дотримуватися кількох принципів.

- діаграма повинна відповідати на конкретне запитання (порівняти, показати динаміку, знайти залежність), а не просто ілюструвати «якісь дані» — тип діаграми обирають виходячи з цього запитання (підрозділ 4.5);
- вісь значень зазвичай має починатися з нуля — «обрізана» вісь може візуально перебільшити різницю між значеннями, що є оманливим при поданні результатів випробувань;
- усі осі підписуються із зазначенням фізичної величини та одиниці вимірювання (наприклад, «Твердість, НВ», «Температура, °C»);
- для точкової діаграми залежності однієї величини від іншої (наприклад, твердості від вмісту вуглецю) корисно додати лінію тренду («Формат ряду даних» → «Додати лінію тренду»), яка наочно показує загальну тенденцію на тлі розкиду окремих точок;
- колірна гама діаграми повинна бути стриманою й послідовною: однаковий колір для одного й того самого ряду даних на всіх діаграмах документа, контрастні кольори для рядів, які потрібно розрізняти;
- надлишкові елементи оформлення (об'ємні 3D-ефекти, зайва заливка, надто багато ліній сітки) варто прибирати — вони ускладнюють зчитування даних, не додаючи інформації.

Дотримання цих принципів особливо важливо при підготовці графіків для звітів з випробувань і наукових публікацій, де діаграма має самостійно, без додаткових усних пояснень, точно передавати отриманий результат. Найпоширеніші помилки при побудові діаграм і способи їх уникнення підсумовано в таблиці нижче.

Типова помилка	Як уникнути
Кругова діаграма з великою кількістю категорій	Замінити на стовпчасту діаграму або об'єднати дрібні категорії в групу «Інше»
Вісь значень не починається з нуля	Явно встановити мінімум осі рівним нулю у форматі осі (якщо різниця значень не є самою суттю графіка)
Лінійна діаграма для категорій без природного порядку	Використати стовпчасту діаграму замість лінійної
Відсутні підписи осей чи одиниці вимірювання	Додати підписи через «Елементи діаграми» для кожної осі
Забгато рядів даних на одній діаграмі	Розбити на кілька окремих діаграм або використати зведену діаграму з фільтром

4.7 Додаткові інструменти аналізу: таблиці Excel, перевірка даних, спарклайни

Якщо діапазон даних оформити як «Таблицю» Excel («Вставлення» → «Таблиця» або Ctrl+T), а не залишити звичайним діапазоном комірок, вона отримує низку зручностей: автоматичне розширення при додаванні нових рядків, вбудовані кнопки фільтрації в заголовках без додаткового налаштування, автоматичне копіювання формул у нові рядки, а також можливість посилатися на стовпці таблиці за їхньою назвою в формулі (наприклад, =Таблиця1[Твердість]) замість адрес комірок, що робить формули зрозумілішими та стійкими до додавання нових рядків.

Перевірка даних («Дані» → «Перевірка даних») дає змогу обмежити, що саме можна ввести в комірку — це зменшує кількість помилок введення у великих таблицях, які заповнюють кілька людей. Основні типи умов перевірки даних наведено в таблиці нижче.

Тип умови	Приклад застосування
Список	Спадний список дозволених марок матеріалу — унеможливило одруки в назві марки
Ціле число / дійсне число	Обмеження діапазону допустимих значень (наприклад, твердість від 100 до 400 НВ)
Дата	Заборона вводити дату випробування пізніше поточної
Довжина тексту	Обмеження кількості символів у полі коду зразка

Спарклайни («Вставлення» → «Спарклайни») — мініатюрні графіки в межах однієї комірки, які показують тенденцію ряду значень (наприклад, зміну твердості партії за останні 10 випробувань) прямо поруч із числовими даними, не вимагаючи окремої великої діаграми.

4.8 Підготовка даних до аналізу

Перш ніж застосовувати сортування, фільтрацію, зведені таблиці чи діаграми, вихідні дані часто потребують «очищення» — усунення технічних дефектів, які виникають при перенесенні даних з інших джерел (з паперових журналів випробувань, експорту з вимірювального обладнання чи іншої бази даних) і заважають коректному аналізу.

Типові задачі підготовки даних та відповідні інструменти Excel:

- видалення дублікатів рядків — «Дані» → «Видалити дублікати», з можливістю вказати, за якими саме стовпцями визначати дублікат;
- розбиття тексту одного стовпця на кілька (наприклад, коли позначення зразка й дата випробування введені в одну комірку через пробіл) — «Дані» → «Текст за стовпцями»;
- видалення зайвих пробілів на початку, в кінці чи всередині текстових значень — функція СТРИМ (TRIM), яку застосовують у допоміжному стовпці, а потім замінюють нею вихідні дані;
- приведення тексту до єдиного регістру — функції ПРОПИСН, СТРОЧН, ПРОПНАЧ (усі великі, усі малі, з великої літери кожне слово);
- перетворення тексту, що виглядає як число (наприклад, отриманого з інших програм), на справжнє число — множення на 1 чи функція ЗНАЧЕННЯ (VALUE) у допоміжному стовпці;

- візуальне виявлення порожніх комірок і явних викидів у даних — за допомогою умовного форматування (підрозділ 3.6) ще до побудови діаграм чи зведених таблиць.

Час, витрачений на підготовку й перевірку вихідних даних перед аналізом, зазвичай багаторазово окупається: зведена таблиця чи діаграма, побудована на даних із прихованими дублікатами, зайвими пробілами чи текстовими «числами», дає результат, що виглядає правдоподібно, але є хибним, а помилка в таких випадках рідко впадає в очі без спеціальної перевірки.

4.9 Лінія тренду: наближений аналіз залежностей засобами Excel

Для точкової діаграми, що показує залежність однієї вимірної величини від іншої (наприклад, твердості від вмісту вуглецю в сталі чи міцності від температури відпуску), Excel може автоматично підібрати просту математичну криву, яка найкраще описує розташування точок — лінію тренду («Елементи діаграми» → «Лінія тренду», або правою кнопкою миші по ряду даних → «Додати лінію тренду»).

Excel пропонує кілька типів кривої для наближення; вибір типу залежить від характеру залежності, видимого на діаграмі розсіювання, а не підбирається навмання. Основні типи наведено в таблиці нижче.

Тип лінії тренду	Коли застосовувати
Лінійна	Точки приблизно вкладаються в пряму лінію (рівномірна залежність)
Поліноміальна	Залежність має один або кілька перегинів (наприклад, зростання й наступний спад)
Степенева	Залежність виду степеневого закону, типова для деяких фізичних співвідношень
Експоненціальна	Величина зростає чи спадає з прискоренням, пропорційним поточному значенню (процеси накопичення, розпаду)
Логарифмічна	Швидка зміна на початку з подальшим виходом на постійний рівень (насичення)

У параметрах лінії тренду можна також увімкнути показ на діаграмі рівняння кривої та коефіцієнта детермінації R^2 («Показати рівняння на діаграмі», «Показати величину достовірності апроксимації (R^2) на діаграмі»). Значення R^2 від 0 до 1 показує, наскільки добре обрана крива узгоджується з фактичними точками: чим ближче до 1, тим краще підібраний тип кривої пояснює розкид даних.

Варто пам'ятати, що лінія тренду в Excel — швидкий візуальний інструмент попереднього аналізу, а не повноцінна статистична модель: вона не враховує похибки вимірювання, кількість вихідних точок чи статистичну значущість отриманих коефіцієнтів. Для побудови обґрунтованої прогностичної моделі й коректної оцінки якості її результатів застосовують спеціалізовані засоби на основі штучного інтелекту — цьому присвячено тему 11 «Аналіз даних; побудова прогностичних моделей за допомогою ШІ» та тему 12 «Верифікація результатів; оцінка коректності розрахунків і висновків».

Контрольні питання для самоперевірки

- Сортування та фільтрація даних у таблицях Excel.

- Зведені таблиці в Excel: призначення, порядок побудови, застосування для аналізу даних.
- Типи діаграм в Excel і критерії вибору типу діаграми для конкретного набору даних.
- Функції пошуку та умовного підсумовування даних (ВПР/VLOOKUP, СУММЕСЛИ/SUMIF): призначення та застосування.
- Принципи візуалізації інженерних (матеріалознавчих) даних засобами Excel.

Рекомендована література до теми

1. Excel 2013–2016 : навчальний посібник / Укладач Дячук С.Ф. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 308 с.
2. Бишевец Н. Г., Омецинська Н. В., Юсипів Т. В. Теорія ймовірностей та математична статистика з використанням табличного процесора MS EXCEL : навчальний посібник. Одеса : Гельветика, 2021. 233 с.
3. Онлайн-курс. Word та Excel: інструменти і лайфхаки: [сайт]. Режим доступу: <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/word-excel-instrumenty-lifhaky/>
4. Павлиш В.А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.

Тема 5. ПОШУК ІНФОРМАЦІЇ ТА НАУКОВИХ ДЖЕРЕЛ В ІНТЕРНЕТІ

5.1 Стратегії пошуку інформації в інтернеті

Обсяг інформації, доступної в мережі Інтернет, настільки великий, що вміння швидко знаходити саме релевантну, якісну інформацію є окремою професійною навичкою, а не другорядним побутовим умінням. Пошукова система (Google, Bing та інші) працює у три етапи: спеціальні програми-роботи («павуки», crawlers) обходять сторінки в мережі, зміст сторінок заноситься до пошукового індексу, а після введення запиту користувачем система за секунди ранжує мільйони проіндексованих сторінок за релевантністю запиту, авторитетністю джерела та іншими критеріями, показуючи результат у вигляді впорядкованого списку посилань.

Якість результату пошуку значною мірою залежить від того, наскільки грамотно сформульовано сам запит. Загальні, розмиті запити (наприклад, «сталі») повертають величезну, малокорисну кількість результатів; натомість конкретні, точні формулювання (наприклад, «вплив вмісту вуглецю на твердість сталі 45») суттєво звужують і покращують добірку результатів. Крім вибору ключових слів, пошукові системи розуміють спеціальні оператори пошуку, що дають змогу додатково уточнити запит; основні з них наведено в таблиці нижче.

Оператор	Приклад запиту	Що робить
" " (лапки)	"термічна обробка сталі"	Шукає точну фразу в заданому порядку слів
- (мінус)	сталі -нержавіюча	Виключає результати зі словом після мінуса
site:	site:nbuv.gov.ua термообробка	Обмежує пошук конкретним сайтом чи доменом
filetype:	filetype:pdf діаграма стану залізо-вуглець	Обмежує пошук файлами заданого формату

Оператор	Приклад запиту	Що робить
OR	чавун OR сталь	Шукає сторінки, що містять хоча б одне зі слів
* (зірочка)	твердість * сплавів	Замінює невідоме слово чи частину фрази

Крім оператора site:, звузити пошук до надійніших джерел допомагає й сама структура веб-адреси: домени .edu та .ac.* належать навчальним закладам, .gov — державним установам, .org — здебільшого некомерційним і науковим організаціям; це не є абсолютною гарантією якості змісту, але часто корелює з більшою надійністю порівняно з довільним комерційним сайтом чи блогом. Для галузевого пошуку доцільно також користуватися спеціалізованими режимами пошукових систем — пошуком зображень, пошуком новин чи окремим академічним пошуком, розглянутим у підрозділі 5.2.

Формулювання запиту — навичка, яка виробляється практикою: одну й ту саму інформаційну потребу можна виразити запитом, що дає тисячі малокорисних результатів, або запитом, що одразу виводить кілька релевантних джерел. Загальне правило — починати з ширшого запиту, оцінити перші результати, а потім поступово звужувати формулювання, додаючи уточнювальні терміни (галузь, матеріал, метод, часовий період), доки видача не стане практично корисною. У таблиці нижче показано, як послідовне уточнення одного й того самого запиту змінює якість результату.

Варіант запиту	Проблема / результат
сталь	Занадто загальний запит: мільйони результатів різної тематики (метал, музична група, назви компаній), релевантну інформацію важко знайти
термообробка сталі	Звужено до теми, але результати все ще змішують популярні статті, рекламу послуг термообробки та наукові матеріали
"термічна обробка сталі 45" filetype:pdf	Точна фраза й обмеження форматом файлу відсікають рекламні сторінки, підвищують частку методичних і наукових матеріалів
site:nbuv.gov.ua термічна обробка сталі 45	Обмеження авторитетним науковим ресурсом дає компактну, релевантну й здебільшого перевірену вибірку

5.2 Наукометричні бази даних

Для пошуку саме наукових публікацій — статей, дисертацій, матеріалів конференцій — застосовують спеціалізовані наукометричні (бібліометричні) бази даних, які, на відміну від загального пошуку в інтернеті, індексують здебільшого рецензовані наукові видання та надають додаткові метадані: список авторів, дату публікації, кількість цитувань, посилання на джерела статті.

Google Scholar (Google Академія) — безкоштовна пошукова система наукових публікацій від Google: індексує статті, препринти, дисертації, патенти з переважною більшістю видавництв і репозитаріїв. Головні переваги — вільний доступ і надзвичайно широке охоплення; головний недолік — до індексу можуть потрапляти джерела різної якості, включно з непровереними репозитаріями, тому Google Scholar не замінює критичної оцінки джерела (підрозділ 5.3). Зручна функція «Цитовано в» (Cited by) під кожним результатом одразу показує кількість і перелік робіт, що посилаються на цю публікацію.

Scopus — багатогалузева наукометрична база видавництва Elsevier, доступ до якої зазвичай надається за передплатою (бібліотекою університету). Scopus застосовує суворіший відбір видань для індексації, тому вважається показником вищого академічного визнання; на

основі даних Scopus обчислюється показник CiteScore для оцінки впливовості наукового журналу.

Web of Science — наукометрична база компанії Clarivate, історично одна з найавторитетніших у світі, також здебільшого доступна за передплатою. Саме на основі Web of Science щорічно розраховується імпакт-фактор журналів (Journal Citation Reports) — показник, докладніше розглянутий у підрозділі 5.4.

Порівняння трьох баз наведено в таблиці нижче.

База даних	Доступ	Основний метричний показник
Google Scholar	Безкоштовний	Кількість цитувань, h-індекс автора
Scopus	За передплатою (зазвичай через бібліотеку)	CiteScore журналу
Web of Science	За передплатою (зазвичай через бібліотеку)	Імпакт-фактор журналу (Journal Citation Reports)

Для пошуку джерел українською мовою та наукових праць українських авторів корисним ресурсом є Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського (nbuv.gov.ua), яка надає доступ до електронних версій багатьох українських наукових журналів і дисертацій. Кожній науковій публікації, індексованій у поважному виданні, зазвичай присвоюється унікальний цифровий ідентифікатор DOI (Digital Object Identifier) — постійне посилання на публікацію, яке не залежить від зміни адреси сайту видавця й зазвичай наводиться в бібліографічному описі поряд зі звичайними вихідними даними.

5.3 Критерії оцінки достовірності та якості наукового джерела

Не кожне джерело, знайдене в інтернеті чи навіть у наукометричній базі, має однакову якість і надійність. Перш ніж використовувати джерело в науковій чи навчальній роботі, його варто критично оцінити за кількома ознаками.

Основні критерії оцінки джерела:

- авторство — чи вказано автора(ів), чи має він відповідну кваліфікацію й афіліацію (науковою установою, університетом);
- рецензування — чи опубліковано матеріал у рецензованому науковому журналі чи виданні, де перед публікацією стаття перевіряється незалежними фахівцями;
- актуальність — наскільки давно опубліковано джерело; для швидкозмінних галузей застарілі дані можуть уже не відповідати сучасному стану питання;
- наявність посилань — чи наводить джерело власний список використаної літератури, що дає змогу простежити походження наведених фактів;
- об'єктивність — чи не містить джерело явно упередженого викладу, комерційної зацікавленості чи маніпулятивних тверджень без доказів;
- можливість перевірки — чи можна підтвердити наведені в джерелі факти чи дані з інших незалежних джерел.

Зручним практичним інструментом для швидкої перевірки джерела є перевірка CRAAP (за першими літерами англійських критеріїв): Currency (актуальність), Relevance (доречність

темі), Authority (авторитетність автора чи видання), Accuracy (точність і перевірюваність фактів), Purpose (мета публікації — інформувати, переконати чи продати).

Критерій CRAAP	Запитання для перевірки
Currency (актуальність)	Коли опубліковано чи востаннє оновлено джерело? Чи актуальні дані для теми?
Relevance (доречність)	Чи справді джерело стосується теми дослідження і відповідає рівню роботи?
Authority (авторитетність)	Хто автор і видавець? Яка їхня кваліфікація в цій галузі?
Accuracy (точність)	Чи підтверджуються факти іншими джерелами? Чи наведено докази й посилання?
Purpose (мета)	З якою метою створено джерело — поінформувати, переконати, продати, розважити?

5.4 Індекс цитування та імпакт-фактор

Кількісну оцінку впливовості наукової публікації, автора чи журналу дають бібліометричні показники, побудовані на підрахунку цитувань — посилань інших наукових робіт на дану публікацію.

Індекс цитування публікації — просто кількість робіт, які на неї посилаються; що вище це число, то більшого впливу на подальші дослідження набула робота (хоча висока цитованість може пояснюватися й критикою роботи, тому саме число варто тлумачити з обережністю).

h-індекс автора — комбінований показник продуктивності й впливовості: автор має h-індекс, що дорівнює h, якщо серед його публікацій є щонайменше h робіт, кожна з яких процитована щонайменше h разів. Наприклад, h-індекс 10 означає, що автор має принаймні 10 статей, кожна з яких процитована щонайменше 10 разів; на відміну від простого підрахунку всіх цитувань, h-індекс менш чутливий до однієї випадкової надзвичайно популярної статті.

Імпакт-фактор журналу (Journal Impact Factor) — показник Web of Science, що обчислюється як середня кількість цитувань, отриманих статтями цього журналу за попередні два роки, поділена на загальну кількість статей, опублікованих журналом за той самий період. Аналогічний за призначенням показник у базі Scopus називається CiteScore.

Важливо розуміти обмеження цих показників: рівень типової цитованості суттєво відрізняється між науковими галузями (наприклад, у біомедицині цитують значно частіше, ніж у деяких інженерних напрямках), тому порівнювати імпакт-фактори журналів із різних галузей на пряму некоректно; крім того, високий імпакт-фактор журналу не гарантує високої якості кожної окремої статті, опублікованої в ньому. Ці показники варто розглядати як один із допоміжних орієнтирів при оцінці джерела поряд із критеріями, розглянутими в підрозділі 5.3, а не як єдиний остаточний критерій якості.

5.5 Правила оформлення бібліографічних посилань і списку використаних джерел

Посилання на джерело в науковій чи навчальній роботі виконує кілька функцій: віддає належне авторам ідей і даних, якими скористався автор роботи, дає змогу читачеві

перевірити наведену інформацію самостійно, і відрізняє власний внесок автора від запозиченого матеріалу — тобто прямо запобігає звинуваченню в академічному плагіаті (докладніше — у підрозділі 5.6).

У світі існує кілька усталених стилів бібліографічного оформлення; вибір стилю зазвичай визначає видавництво журналу, вимоги ЗВО чи наукового керівника. Основні стилі наведено в таблиці нижче.

Стиль	Де переважно застосовується
ДСТУ 8302:2015	Українські наукові видання, кваліфікаційні роботи в закладах вищої освіти України
APA (American Psychological Association)	Соціальні та поведінкові науки, багато міжнародних журналів
IEEE	Технічні науки, інженерія, публікації IEEE
Vancouver	Медичні та природничі науки

Незалежно від конкретного стилю, бібліографічний опис джерела зазвичай містить однакові за суттю елементи: прізвище та ініціали автора (авторів), назву роботи, вихідні дані видання (назва журналу чи видавництва, рік, том, номер, сторінки), а для електронних ресурсів — адресу доступу й дату звернення. У тексті роботи посилання на джерело оформлюють або порядковим номером у квадратних дужках (наприклад, [5]), що відповідає позиції джерела у списку літератури, або у форматі «автор, рік» (наприклад, Коваленко, 2023) — залежно від прийнятого стилю оформлення.

Вести список використаних джерел і формувати посилання вручну для роботи з великою кількістю джерел незручно й ризиковано щодо помилок; для цього застосовують спеціалізовані менеджери бібліографічних посилань — безкоштовні програми Zotero чи Mendeley, які дають змогу зберігати знайдені джерела (автоматично зчитуючи їхні метадані просто зі сторінки бази даних чи видавця), впорядковувати їх у власній бібліотеці та автоматично вставляти правильно відформатовані посилання й повний список літератури безпосередньо в текстовий процесор.

5.6 Академічний плагіат і способи його уникнення

Академічний плагіат — використання чужих ідей, тексту, даних чи результатів роботи без належного посилання на першоджерело, представлене як власний внесок автора. Плагіат є порушенням академічної доброчесності незалежно від того, чи скопійовано текст навмисно, чи через недбалість при оформленні джерел.

Основні форми плагіату:

- пряме копіювання тексту без лапок і посилання на джерело;
- перефразування чужого тексту своїми словами без зазначення першоджерела ідеї (сама ідея запозичена, навіть якщо формулювання інше);
- мозаїчний плагіат — компонування власного тексту з фрагментів кількох чужих джерел без належного оформлення запозичень;
- самоплагіат — повторне використання значних фрагментів власної раніше опублікованої роботи як нової, без зазначення першої публікації;

- видавання чужого перекладу чи чужої роботи іншою мовою за власний оригінальний текст.

Практичні способи уникнути плагіату:

- завжди фіксувати джерело одразу під час пошуку інформації (за допомогою менеджера посилань чи власних нотаток), а не намагатися відновити його вже після написання тексту;
- чітко відрізняти пряме цитування (дослівний уривок береться в лапки з точним посиланням на сторінку джерела) від переказу своїми словами (перефразована думка все одно супроводжується посиланням на автора ідеї);
- перевіряти готовий текст роботи спеціалізованими системами виявлення текстових збігів (наприклад, Unicheck, Turnitin), які застосовуються більшістю закладів вищої освіти України перед захистом кваліфікаційних робіт;
- з обережністю ставитися до використання згенерованого штучним інтелектом тексту без належної перевірки й зазначення — детальніше етичні аспекти застосування ШІ, зокрема щодо академічної доброчесності, розглянуто в темі 13.

Дотримання цих правил — не формальність, а основа наукової культури: вони гарантують, що читач роботи точно розуміє, які твердження є усталеним знанням із зазначених джерел, а які — власним внеском автора роботи.

Найпоширенішою причиною ненавмисного плагіату є нечітка межа між прямим цитуванням і переказом чужої думки власними словами. Обидва способи запозичення є законними за умови коректного посилання на першоджерело, проте оформлюються по-різному: пряма цитата зберігає дослівне формулювання автора в лапках, тоді як переказ (парафраз) передає ту саму думку іншими словами, без лапок, але з обов'язковим посиланням, оскільки запозиченою є сама ідея, а не тільки її словесне вираження. У таблиці нижче наведено приклад коректного й некоректного оформлення того самого запозичення.

Спосіб оформлення	Приклад
Коректна пряма цитата	За визначенням автора, «твердість сталі після гартування зростає в 2–3 рази порівняно з відпаленим станом» [7, с. 45].
Коректний переказ (парафраз)	Автор [7] встановив, що гартування підвищує твердість сталі в кілька разів порівняно зі станом після відпалу.
Некоректно — плагіат	Твердість сталі після гартування зростає в 2–3 рази порівняно з відпаленим станом. (текст скопійовано дослівно, без лапок і без посилання на джерело)

5.7 Спеціалізовані наукові пошукові сервіси та ідентифікатори дослідників

Окрім трьох основних наукометричних баз, розглянутих у підрозділі 5.2, існує низка додаткових спеціалізованих сервісів, корисних на різних етапах наукового пошуку — від першого ознайомлення з темою до перевірки коректності власного бібліографічного опису.

Semantic Scholar — безкоштовна пошукова система наукових публікацій (проект інституту Allen Institute for AI), яка, окрім звичайного пошуку, автоматично будує короткий смисловий витяг (highlight) ключової тези статті та візуалізує мережу пов'язаних цитувань, що зручно для швидкого огляду нової теми.

CrossRef — реєстр цифрових ідентифікаторів DOI, що дає змогу перевірити коректність DOI-посилання чи знайти повні бібліографічні дані публікації лише за її DOI; більшість академічних видавництв реєструють свої публікації саме в CrossRef.

ResearchGate та Academia.edu — соціальні мережі для науковців, де автори самостійно розміщують тексти власних публікацій (часто препринти чи авторські версії статей); зручні для прямого звернення до автора з проханням надати повний текст статті, недоступної у відкритому доступі, але не є рецензованими науковими базами й не замінюють Scopus чи Web of Science.

ORCID (Open Researcher and Contributor ID) — унікальний, довічний ідентифікатор дослідника у форматі 16-значного номера, що вирішує проблему однакових прізвищ авторів і об'єднує всі публікації однієї особи під одним стабільним профілем незалежно від зміни місця роботи чи транслітерації прізвища; наразі більшість наукових журналів і систем подання статей вимагають вказувати ORCID автора під час публікації.

Використання цих сервісів у сукупності з критеріями, розглянутими в підрозділі 5.3, дає змогу не лише швидко знайти потрібну публікацію, а й перевірити її автора, коректність вихідних даних і місце в загальній мережі наукових посилань за темою дослідження.

5.8 Приклади оформлення бібліографічного опису за ДСТУ 8302:2015

Розглянуті в підрозділі 5.5 загальні елементи бібліографічного опису на практиці мають дещо різний формат запису залежно від типу джерела (книга, стаття в журналі, електронний ресурс). Нижче наведено спрощені приклади оформлення трьох найпоширеніших типів джерел за українським стандартом ДСТУ 8302:2015, якими можна користуватися як зразком під час підготовки курсових, кваліфікаційних робіт і звітів з практики.

Тип джерела	Приклад оформлення
Книга (монографія, посібник)	Павлиш В. А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2018. 619 с.
Стаття в науковому журналі	Коваленко І. П. Вплив режимів термічної обробки на структуру та властивості сталі 45. Метали та лиття України. 2023. № 2. С. 34–41.
Електронний ресурс (сайт)	Національна бібліотека України імені академіка В. І. Вернадського : сайт. URL: http://nbuv.gov.ua/ (дата звернення: 15.03.2026).
Матеріали конференції (тези)	Петренко О. М. Застосування хмарних технологій у підготовці інженерів-матеріалознавців. Матеріали II Всеукр. наук.-практ. конф. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. С. 112–114.

Незалежно від типу джерела важливо дотримуватися однакового оформлення в усьому списку літератури: єдиного порядку елементів, однакового скорочення слів («навч. посібник», «С.» перед номерами сторінок тощо) та наскрізної нумерації джерел, яка відповідає порядку посилань на них у тексті роботи (або алфавітному порядку прізвищ авторів — залежно від прийнятої в закладі освіти практики).

Контрольні питання для самоперевірки

- Стратегії пошуку інформації в інтернеті: формулювання запитів, оператори пошуку.

- Наукометричні бази даних (Google Scholar, Scopus, Web of Science): призначення та відмінності.
- Критерії оцінки достовірності та якості наукового джерела.
- Поняття індексу цитування та імпакт-фактора наукового видання.
- Правила оформлення бібліографічних посилань і списку використаних джерел.
- Поняття академічного плагіату та способи його уникнення при роботі з джерелами.

Рекомендована література до теми

1. Павлиш В. А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.
2. Національна бібліотека України імені академіка В. І. Вернадського: [сайт]. Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>
3. Інформаційно-комп'ютерні технології в машинобудуванні : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / В. В. Савуляк, О. В. Піонткевич, Н. С. Семічаснова. – Вінниця : ВНТУ, 2024. 133 с.

Тема 6. ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СПІЛЬНА РОБОТА З ДОКУМЕНТАМИ

6.1 Поняття хмарних обчислень та моделі надання хмарних послуг

Хмарні обчислення (cloud computing) — це модель надання обчислювальних ресурсів (серверів, сховищ даних, програмного забезпечення, мережевої інфраструктури) через інтернет за принципом «за потребою», коли користувач отримує доступ до ресурсу без необхідності купувати, встановлювати й самостійно обслуговувати відповідне обладнання чи програмне забезпечення. Постачальник хмарних послуг (наприклад, Google, Microsoft, Amazon) розміщує обладнання у власних дата-центрах і надає до нього доступ великій кількості користувачів одночасно, розподіляючи витрати на інфраструктуру між ними — саме тому хмарні рішення часто виявляються економічно вигіднішими за утримання власної серверної інфраструктури, особливо для невеликих організацій і окремих користувачів.

Основну ознаку хмарних обчислень — оплату лише за фактично використаний ресурс (модель «плати стільки, скільки використав», pay-as-you-go) — часто протиставляють традиційній моделі, коли організація одноразово купує обладнання та програмне забезпечення «в постійну власність» і повністю відповідає за його подальше обслуговування, оновлення й заміну. Залежно від того, який саме рівень інфраструктури бере на себе постачальник хмарних послуг, розрізняють три основні моделі надання хмарних послуг, наведені в таблиці нижче.

Модель	Що надається користувачу	Приклади сервісів
IaaS (Infrastructure as a Service)	Віртуальні сервери, сховища даних, мережева інфраструктура «в чистому вигляді»; користувач сам встановлює операційну систему та все прикладне програмне забезпечення	Amazon Web Services (EC2), Microsoft Azure, Google Compute Engine

Модель	Що надається користувачу	Приклади сервісів
PaaS (Platform as a Service)	Готова платформа для розробки й запуску власних застосунків (операційна система, середовище виконання, бази даних уже налаштовані постачальником)	Microsoft Azure App Service, Google App Engine, Heroku
SaaS (Software as a Service)	Готовий до використання прикладний програмний продукт, доступний через браузер чи клієнтський застосунок, без потреби щось встановлювати чи налаштовувати	Google Workspace (Docs, Sheets), Microsoft 365, Zoom, Dropbox

Для переважної більшості завдань, із якими стикається інженер чи науковець у щоденній роботі — підготовка документів, зберігання файлів, відеозв'язок, спільна робота над проєктом, — використовується саме модель SaaS: користувачу не потрібно розуміти, на якому саме обладнанні працює сервіс, достатньо мати доступ до інтернету та обліковий запис. Саме моделі SaaS присвячено основну частину цієї теми.

Окрім моделі надання послуги, хмарні рішення також класифікують за моделлю розгортання — тобто за тим, хто саме має доступ до відповідної хмарної інфраструктури і де вона фізично розміщена.

Модель розгортання	Опис
Публічна хмара (public cloud)	Інфраструктура належить постачальнику послуг і спільно використовується багатьма організаціями та приватними користувачами (Google Workspace, Microsoft 365 у звичайному режимі)
Приватна хмара (private cloud)	Інфраструктура призначена для виключного використання однією організацією; може розміщуватися як у власному дата-центрі організації, так і орендованою в постачальника
Гібридна хмара (hybrid cloud)	Поєднання публічної та приватної хмари з можливістю переносити навантаження чи дані між ними залежно від вимог безпеки чи вартості
Спільнотна хмара (community cloud)	Інфраструктура спільно використовується кількома організаціями зі спільними вимогами (наприклад, групою закладів вищої освіти)

6.2 Хмарне сховище даних

Хмарне сховище даних (cloud storage) — сервіс, що дає змогу зберігати файли на віддалених серверах постачальника й отримувати до них доступ із будь-якого пристрою, підключеного до інтернету, без прив'язки до конкретного комп'ютера. Найпоширеніші сервіси хмарного зберігання даних для приватних користувачів і невеликих організацій — Google Drive, Microsoft OneDrive, Dropbox та Apple iCloud.

Google Drive — інтегрований із обліковим записом Google сервіс, що надає базовий безкоштовний обсяг (зазвичай 15 ГБ, спільний з поштою Gmail і фотографіями) та безпосередню інтеграцію з онлайн-редакторами Google Docs, Sheets і Slides.

Microsoft OneDrive — хмарне сховище, вбудоване в екосистему Microsoft 365 та Windows, з тісною інтеграцією з класичними настільними застосунками Word, Excel, PowerPoint.

Dropbox — один із перших масових сервісів хмарного зберігання, відомий стабільною синхронізацією та гнучкими налаштуваннями спільного доступу до окремих папок.

Порівняно з локальним зберіганням файлів лише на жорсткому диску одного комп'ютера, хмарне сховище має і переваги, і суттєві обмеження, зведені в таблиці нижче.

Критерій	Хмарне сховище	Локальне зберігання
Доступ з різних пристроїв	Доступ з будь-якого пристрою з інтернетом	Лише з того пристрою, де збережено файл (або через ручне копіювання)
Захист від втрати обладнання	Дані зберігаються незалежно від фізичного стану комп'ютера користувача	Пошкодження чи крадіжка диска означає повну втрату даних без окремого резервного копіювання
Залежність від інтернету	Потрібне підключення до інтернету (хоча можливий і офлайн-режим — див. підрозділ 6.4)	Доступ не залежить від наявності інтернету
Обсяг безкоштовного простору	Обмежений (зазвичай кілька–15 ГБ), розширення — платне	Обмежений лише фізичним обсягом власного диска
Контроль над даними	Дані фізично розміщені на серверах стороннього постачальника	Повний фізичний контроль користувача над носієм даних

На практиці найнадійнішим підходом вважається поєднання обох способів зберігання — так зване правило «3-2-1»: зберігати щонайменше три копії важливих даних, на двох різних типах носіїв, причому одну копію — поза основним місцем роботи (зокрема, саме в хмарному сховищі). Такий підхід одночасно захищає і від фізичного пошкодження обладнання, і від можливих технічних збоїв на боці постачальника хмарних послуг.

Сервіс	Безкоштовний обсяг	Ключова особливість
Google Drive	15 ГБ (спільно з Gmail і Google Фото)	Найглибша інтеграція з Google Docs/Sheets/Slides
Microsoft OneDrive	5 ГБ (до 1 ТБ у складі підписки Microsoft 365)	Найглибша інтеграція з настільними Word/Excel/PowerPoint
Dropbox	2 ГБ (розширюється за реферальною програмою)	Найстабільніша фонові синхронізація великих файлів
Apple iCloud	5 ГБ	Найглибша інтеграція з пристроями Apple (macOS, iOS)

Вибір конкретного сервісу на практиці здебільшого визначається тим, яку екосистему облікових записів (Google чи Microsoft) уже використовує заклад освіти або підприємство, а не принциповою технічною перевагою одного сервісу над іншим — базовий функціонал зберігання файлів у всіх перелічених сервісів подібний.

6.3 Інструменти спільної роботи над документами в реальному часі

Однією з ключових переваг хмарних офісних пакетів (Google Workspace, Microsoft 365) є можливість спільного редагування (co-authoring) — кілька користувачів можуть одночасно відкрити той самий документ, таблицю чи презентацію та вносити зміни в реальному часі, бачачи курсори й правки одне одного без необхідності по черзі надсилати файл електронною поштою. Це принципово відрізняється від роботи з локальним файлом Word чи Excel, розглянутої в темі 2, де редагувати документ одночасно з кількома людьми без спеціальних засобів неможливо.

Основні можливості інструментів спільної роботи в реальному часі:

- одночасне редагування одного документа кількома користувачами з видимістю курсору та імені кожного співавтора;
- автоматичне збереження кожної зміни без потреби натискати кнопку «Зберегти»;

- історія версій документа — можливість переглянути та за потреби відновити будь-яку попередню версію документа, включно з переглядом того, хто саме і коли вносив конкретну зміну;
- коментарі та згадування (@ім'я) конкретного співавтора з автоматичним сповіщенням;
- гнучке налаштування прав доступу — перегляд, коментування чи повне редагування — для кожного окремого користувача чи посилання;
- одночасна робота з того самого документа з різних типів пристроїв — комп'ютера, планшета, смартфона.

Найпоширеніші реалізації такого підходу — Google Docs / Sheets / Slides (повністю хмарні, працюють у браузері) та Word / Excel / PowerPoint для Web чи настільні версії Microsoft 365 із увімкненою хмарною співавторською роботою через OneDrive чи SharePoint. Функціонально обидві екосистеми надають подібний набір можливостей; вибір здебільшого визначається тим, яку екосистему облікових записів використовує організація чи заклад освіти.

Можливість	Google Workspace	Microsoft 365 (хмарний режим)
Середовище роботи	Виключно у браузері (Google Docs, Sheets, Slides)	У браузері (Office для Web) або в настільному застосунку з хмарною синхронізацією
Історія версій	Детальна, з іменами авторів кожної правки, необмежений період	Детальна через OneDrive/SharePoint, глибина залежить від тарифного плану
Офлайн-режим	Обмежений, потребує попереднього налаштування розширення браузера	Повноцінний у настільному застосунку з подальшою автоматичною синхронізацією
Типовий сценарій використання	Швидка спільна робота, навчальні групові проекти	Корпоративне середовище, документи зі складним форматуванням за ДСТУ

Практичний приклад використання історії версій: студентська група готує спільний звіт із практики у форматі Google Docs. Один зі студентів помилково видаляє великий розділ тексту, а зміну автоматично збережено (окремої кнопки «Скасувати збереження» в хмарних редакторах немає, оскільки збереження відбувається безперервно). Керівник групи відкриває пункт меню «Історія версій», знаходить у хронологічному переліку версію документа, збережену безпосередньо перед помилковим видаленням (підписану іменем автора та точним часом зміни), і відновлює саме цю версію одним натисканням — жодна інформація не втрачається, і немає потреби просити учасників пригадувати видалений текст з пам'яті чи зі старих резервних копій.

6.4 Синхронізація даних між пристроями

Синхронізація — це процес автоматичного узгодження вмісту файлів чи папок між кількома пристроями користувача (наприклад, робочим комп'ютером, ноутбуком і смартфоном) через хмарне сховище: щойно файл змінено на одному пристрої, за наявності інтернет-з'єднання зміна автоматично поширюється на решту пристроїв, підключених до того самого облікового запису, без ручного перенесення файлів через flash-накопичувач чи електронну пошту.

Клієнт синхронізації — спеціальна програма (наприклад, Google Drive для комп'ютера, OneDrive, Dropbox), яка встановлюється на пристрій і у фоновому режимі відстежує зміни у визначеній папці, автоматично завантажуючи їх у хмару та завантажуючи звідти зміни, внесені на інших пристроях.

Режим «файли на вимогу» (Files On-Demand) — сучасний підхід, за якого на локальному диску відображається повний перелік файлів хмарного сховища, але реальний вміст файлу завантажується на пристрій лише в момент, коли користувач його відкриває; це дає змогу «бачити» весь обсяг хмарних даних, не витрачаючи місце на локальному диску заздалегідь.

Особливу увагу варто приділяти ситуації конфлікту версій — коли той самий файл було змінено на двох пристроях одночасно, доки один із них перебував офлайн. У такому разі більшість сервісів не втрачають жодної з версій автоматично, а зберігають обидві: основний файл оновлюється версією, синхронізованою останньою, а паралельно створюється додаткова копія з приміткою на кшталт «конфліктна копія» чи «версія від [ім'я користувача]», яку потрібно потім вручну порівняти й об'єднати вручну.

Практична рекомендація: під час роботи над спільним документом у групі краще користуватися хмарними інструментами реального часу (підрозділ 6.3), де конфлікту версій в принципі не виникає, оскільки всі учасники редагують один і той самий примірник файлу, а не окремі синхронізовані копії.

6.5 Безпека та конфіденційність даних у хмарних сервісах

Передача особистих, навчальних чи виробничих даних на сервери стороннього постачальника хмарних послуг породжує окремі питання безпеки, яких не існує при суто локальному зберіганні інформації. Основою розуміння відповідальності за безпеку в хмарі є так звана модель спільної відповідальності (shared responsibility model): постачальник хмарних послуг відповідає за безпеку самої інфраструктури (фізичний захист дата-центрів, захист від збоїв обладнання, шифрування каналів передачі даних), тоді як користувач відповідає за безпеку в межах свого облікового запису — вибір надійного пароля, правильне налаштування прав доступу до файлів і папок, обережність із посиланнями спільного доступу.

Основні практичні заходи безпеки при роботі з хмарними сервісами:

- використання надійного унікального пароля для облікового запису та обов'язкове увімкнення багатофакторної автентифікації (додатковий код із застосунку чи SMS при вході);
- регулярна перевірка й обмеження списку користувачів, яким надано доступ до спільних папок і документів, видалення застарілих прав доступу;
- надання посилань спільного доступу лише в необхідному режимі (перегляд замість повного редагування) і лише конкретним особам, а не «будь-кому за посиланням», коли це можливо;
- перевірка того, що дані шифруються як під час передачі каналом зв'язку (in transit), так і під час зберігання на сервері (at rest) — це стандартна практика провідних постачальників хмарних послуг;

- розуміння того, у якій юрисдикції фізично розміщено дата-центри постачальника, і які нормативні вимоги (зокрема, Закон України «Про захист персональних даних») застосовуються до збереження там персональних чи корпоративних даних.

Окремої обережності потребує використання безкоштовних хмарних сервісів для зберігання даних, що містять комерційну таємницю підприємства, результати незавершених наукових досліджень чи персональні дані інших осіб: перед завантаженням такої інформації варто ознайомитися з умовами використання сервісу (зокрема з тим, чи має постачальник право аналізувати вміст файлів для навчання власних моделей) і, за потреби, використовувати корпоративні (платні) тарифні плани з розширеними гарантіями конфіденційності замість персональних безкоштовних облікових записів.

6.6 Хмарні технології в інженерній та науковій діяльності

Окрім офісних документів, хмарні технології дедалі активніше застосовуються безпосередньо в інженерній та науковій роботі матеріалознавця.

Хмарні обчислювальні потужності — деякі задачі матеріалознавства (наприклад, скінченно-елементне моделювання складних конструкцій чи навчання моделей машинного навчання на великих масивах експериментальних даних, розглянутих докладніше в темі 11) потребують значних обчислювальних ресурсів, недоступних на звичайному робочому комп'ютері; хмарні платформи (Amazon Web Services, Google Cloud, Microsoft Azure) дають змогу тимчасово орендувати потужний віддалений сервер (за моделлю IaaS) лише на час виконання розрахунку, після чого оплата припиняється.

Хмарні CAD/CAE-платформи — окремі системи автоматизованого проєктування й інженерного аналізу (докладніше розглянуті в темі 14) вже пропонують хмарні версії, що дають змогу групі інженерів одночасно працювати над тією самою 3D-моделлю деталі чи вузла, аналогічно спільній роботі над текстовим документом, розглянутій у підрозділі 6.3.

Хмарні бази наукових даних і публікацій — наукометричні бази даних, розглянуті в темі 5 (Google Scholar, Scopus, Web of Science), а також спеціалізовані хмарні репозитарії експериментальних даних (наприклад, бази даних властивостей матеріалів) є, по суті, тим самим прикладом моделі SaaS, застосованим до наукової інформації, а не до офісних документів.

Таким чином, хмарні технології в сучасній інженерній практиці виходять далеко за межі простого зберігання файлів і стають основою для розподіленої командної роботи, доступу до обчислювальних потужностей та обміну науковими даними в масштабах, недосяжних для окремого локального робочого місця.

6.7 Практичні рекомендації з організації хмарного робочого простору

Ефективне й безпечне використання хмарних технологій у навчальній та професійній діяльності спирається на кілька практичних звичок, які варто виробити з самого початку роботи з хмарними сервісами.

Рекомендація	Пояснення
Логічна структура папок	Заздалегідь продумана й послідовна структура папок (за курсами, темами, проектами) економить час на пошук файлів і полегшує надання доступу лише до потрібної частини даних
Єдиний обліковий запис для навчання/роботи	Використання окремого, чітко визначеного облікового запису для навчальних чи робочих матеріалів запобігає плутанині з особистими файлами та спрощує передачу прав доступу після завершення проекту
Регулярний перегляд прав доступу	Періодична перевірка списку користувачів, які мають доступ до спільних папок, і видалення застарілих прав (наприклад, після завершення групового проекту)
Іменування версій і файлів	Навіть за наявності автоматичної історії версій корисно використовувати зрозумілі назви файлів, що полегшує орієнтацію у великому спільному сховищі
Резервна копія критично важливих даних	Для даних, втрата яких є критичною (наприклад, дані кваліфікаційної роботи), доцільно мати додаткову резервну копію поза основним хмарним сервісом, згідно з правилом «3-2-1» (підрозділ 6.2)

6.8 Обмеження та ризики хмарних технологій

Попри численні переваги, розглянуті у попередніх підрозділах, хмарні технології мають і суттєві обмеження, які варто враховувати, обираючи хмарне рішення для конкретного завдання, а не сприймати хмару як універсальну заміну будь-якого локального інструмента.

Основні обмеження та ризики хмарних сервісів:

- залежність від якості й наявності інтернет-з'єднання — без стабільного доступу до мережі повноцінна робота з більшістю хмарних сервісів неможлива або суттєво ускладнена;
- «прив'язка до постачальника» (vendor lock-in) — перехід з однієї хмарної екосистеми на іншу (наприклад, з Google Workspace на Microsoft 365) часто вимагає значних зусиль з перенесення даних і перенавчання користувачів;
- довгострокова вартість — оплата за передплатою (щомісячна чи щорічна) за розширений обсяг сховища чи додаткові функції з часом може перевищити вартість одноразової покупки еквівалентного локального обладнання;
- залежність від безперервної роботи постачальника — технічний збій на боці постачальника хмарних послуг (нечасто, але траплялося з усіма великими постачальниками) тимчасово позбавляє доступу до даних усіх користувачів одночасно;
- потенційні питання конфіденційності, розглянуті в підрозділі 6.5, особливо актуальні для даних із обмеженим доступом чи персональних даних третіх осіб.

Практичний висновок: рішення про використання хмарного сервісу для конкретного завдання варто приймати свідомо, зважуючи зручність і доступність хмарних інструментів проти вимог до безпеки, вартості та надійності доступу, притаманних конкретній задачі — а не застосовувати хмарні рішення автоматично для будь-яких даних без розбору.

Контрольні питання для самоперевірки

- Поняття хмарних технологій, моделі надання хмарних послуг (SaaS, PaaS, IaaS).

- Хмарне сховище даних: переваги та недоліки порівняно з локальним зберіганням.
- Інструменти спільної роботи над документами в реальному часі та їх можливості.
- Синхронізація даних між різними пристроями користувача.
- Питання безпеки та конфіденційності даних при використанні хмарних сервісів.

Рекомендована література до теми

1. Павлиш В. А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.
2. Прометеус: онлайн-курс «Основи роботи з хмарними сервісами». Режим доступу: <https://prometheus.org.ua/>
3. Інформаційно-комп'ютерні технології в машинобудуванні : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / В. В. Савуляк, О. В. Піонткевич, Н. С. Семічаснова. – Вінниця : ВНТУ, 2024. 133 с.

Тема 7. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ДІЯЛЬНОСТІ СУСПІЛЬСТВА ТА ПІДПРИЄМСТВА

7.1 Поняття інформаційної системи та її основні компоненти

Інформаційна система (ІС) — це організована сукупність технічних засобів, програмного забезпечення, даних, персоналу та встановлених процедур, призначена для збирання, зберігання, опрацювання, передавання та подання інформації, необхідної для підтримки діяльності організації чи прийняття управлінських рішень. Важливо розуміти, що інформаційна система — це не лише комп'ютерна програма: та сама програма, встановлена на комп'ютерах підприємства, стає повноцінною інформаційною системою лише в поєднанні з даними, які в ній обробляються, працівниками, які з нею взаємодіють, і регламентами (порядком дій), за якими ця взаємодія відбувається.

П'ять основних компонентів будь-якої інформаційної системи:

- апаратне забезпечення (hardware) — комп'ютери, сервери, мережеве обладнання, периферійні пристрої, на яких фізично функціонує система;
- програмне забезпечення (software) — прикладні програми та системне програмне забезпечення, що реалізують логіку обробки інформації;
- дані (data) — впорядкована інформація, яку система зберігає, обробляє й видає користувачам (записи в базах даних, документи, довідники);
- персонал (people) — користувачі системи (від рядових операторів до керівників, які приймають рішення на основі отриманих даних) та фахівці, що обслуговують систему (адміністратори, розробники);
- процедури (procedures) — встановлені правила й порядок дій під час роботи з системою: хто, коли і як вводить дані, як обробляються виключні ситуації, як розмежовано права доступу.

Відсутність або недосконалість хоча б одного з цих компонентів — наприклад, потужне програмне забезпечення без чітких процедур внесення даних чи без навченого персоналу — суттєво знижує практичну цінність усієї інформаційної системи, навіть якщо технічна її частина бездоганна. Розглянемо застосування цих п'яти компонентів на прикладі, близькому до профілю підготовки матеріалознавця — системи обліку результатів лабораторних випробувань матеріалів на ливарному підприємстві.

Компонент	Приклад у системі обліку випробувань матеріалів
Апаратне забезпечення	Комп'ютер лабораторії, підключений до нього вимірний твердомір, сервер бази даних підприємства
Програмне забезпечення	Спеціалізований модуль обліку результатів випробувань (частина PLM- чи MES-системи, розглянутих у підрозділі 7.3)
Дані	Протоколи випробувань, значення твердості й механічних властивостей зразків, номери партій сировини
Персонал	Лаборант, що вносить результати вимірювань; інженер-матеріалознавець, що аналізує зведені дані
Процедури	Регламент: коли й ким вносяться дані, як позначається брак, хто має право коригувати вже внесений результат

7.2 Рівні управління підприємством і відповідні типи інформаційних систем

Інформаційні потреби на підприємстві суттєво відрізняються залежно від рівня управління, на якому працює конкретний користувач системи. Традиційно виокремлюють три рівні управління, кожному з яких відповідає власний клас інформаційних систем, узагальнених у таблиці нижче.

Рівень управління	Тип задач	Відповідний клас систем
Операційний (виконавчий)	Обробка окремих господарських операцій: реєстрація замовлення, видача накладної, облік робочого часу	TPS (Transaction Processing System) — системи обробки транзакцій
Тактичний (середня ланка управління)	Аналіз зведених даних для планування, контролю виконання планів, підготовки звітів	MIS / DSS (Management Information System, Decision Support System) — управлінські інформаційні системи та системи підтримки прийняття рішень
Стратегічний (вище керівництво)	Довгострокове планування, аналіз тенденцій, оцінка стратегічних альтернатив розвитку підприємства	EIS (Executive Information System) — інформаційні системи керівника

Дані, зібрані на операційному рівні (наприклад, кожна окрема операція видачі матеріалу зі складу), на тактичному рівні узагальнюються у вигляді зведених звітів (наприклад, місячні витрати матеріалу за цехом), а на стратегічному рівні використовуються вже у вигляді ключових показників і тенденцій (наприклад, динаміка собівартості продукції за кілька років). Таким чином, три рівні систем не є ізольованими — вони утворюють єдину інформаційну піраміду підприємства, в якій дані послідовно узагальнюються від найнижчого до найвищого рівня управління.

7.3 Класифікація сучасних корпоративних інформаційних систем

Окрім класифікації за рівнем управління, сучасні корпоративні інформаційні системи прийнято класифікувати за функціональним призначенням — тобто за тим, яку саме сферу

діяльності підприємства вони автоматизують. Найпоширеніші класи таких систем позначаються усталеними англомовними аббревіатурами, наведеними в таблиці нижче.

Абревіатура	Повна назва	Призначення
ERP	Enterprise Resource Planning (планування ресурсів підприємства)	Комплексне управління всіма основними ресурсами підприємства (фінанси, закупівлі, склад, виробництво, персонал) в єдиній системі
CRM	Customer Relationship Management (управління взаємовідносинами з клієнтами)	Облік клієнтів, історії замовлень, комунікацій, підтримка продажів і післяпродажного обслуговування
MES	Manufacturing Execution System (система управління виробничими процесами)	Оперативне управління й моніторинг виробництва в реальному часі безпосередньо в цеху: облік виготовленої продукції, простоїв, якості
PLM	Product Lifecycle Management (управління життєвим циклом виробу)	Централізоване управління всіма даними про виріб від концепції та проектування (CAD/CAE) до виробництва, обслуговування й утилізації
SCM	Supply Chain Management (управління ланцюгами постачання)	Планування й координація руху матеріалів, комплектуючих і готової продукції між постачальниками, виробником і споживачами
HRM	Human Resource Management (управління персоналом)	Облік кадрів, розрахунок заробітної плати, планування навчання й підвищення кваліфікації персоналу

На практиці межі між цими класами систем часто розмиті: сучасні комплексні ERP-системи здебільшого включають вбудовані модулі CRM, SCM і HRM як складові частини єдиної платформи, тоді як MES і PLM частіше залишаються окремими спеціалізованими системами, що інтегруються з ERP через відповідні інтерфейси обміну даними (докладніше про інтеграцію — у підрозділі 7.6). Системи класу PLM особливо тісно пов'язані з CAD/CAE-платформами для тривимірного проектування й інженерного аналізу, розглянутими докладніше в темі 14.

7.4 Роль інформаційних систем в управлінні виробничими процесами підприємства

Безпосередньо у виробничому цеху ключову роль відіграють системи класу MES, що заповнюють інформаційний розрив між рівнем оперативного управління підприємством (ERP, що оперує плановими показниками — тижневими чи місячними) та рівнем безпосереднього обладнання й контролерів (що працюють у режимі реального часу — секунди й хвилини).

Основні функції MES-системи на виробництві:

- формування детального оперативного графіка виробництва на основі планових завдань, отриманих від ERP-системи, з урахуванням реальної завантаженості конкретного обладнання;
- збір даних безпосередньо з виробничого обладнання (кількість виготовлених деталей, тривалість циклу, простої) у реальному часі, часто через давачі та контролери, пов'язані з концепцією інтернету речей (докладніше — у темі 15);
- відстеження якості продукції на кожному етапі виробництва та фіксація відхилень від технологічного процесу безпосередньо в момент їх виникнення;

- простежуваність (traceability) — можливість для кожної одиниці готової продукції встановити, з якої партії сировини вона виготовлена, на якому обладнанні, у яку зміну та за якими параметрами процесу;
- передавання узагальнених фактичних показників виробництва назад до ERP-системи для порівняння план-факт і коригування подальшого планування.

Для галузі матеріалознавства й ливарного виробництва особливого значення набуває саме функція простежуваності: у разі виявлення браку чи невідповідності властивостей матеріалу вимогам MES-система дає змогу швидко встановити, яка саме партія сировини, режим термічної обробки чи конкретна плавка спричинили відхилення, істотно скорочуючи час на розслідування причин дефекту порівняно з паперовим веденням виробничої документації.

Наскрізний приклад взаємодії трьох класів систем на ливарному підприємстві: конструктор розробляє тривимірну модель виливка й креслення в CAD-системі, дані про виріб (геометрія, матеріал, допуски) передаються в PLM-систему як єдине джерело істини про виріб протягом усього його життєвого циклу. На основі даних PLM відділ планування формує в ERP-системі виробничі замовлення з плановими термінами й нормами витрати матеріалів. ERP передає ці замовлення в цех, де MES-система деталізує його до конкретного графіка завантаження плавильного та формувального обладнання, збирає фактичні дані виконання (час плавки, температура заливання, результати контролю якості) і передає узагальнені фактичні показники назад в ERP для розрахунку собівартості й порівняння з плановими показниками. Такий наскрізний потік даних без ручного дублювання інформації на кожному етапі й називають цифровою інтеграцією виробничого циклу.

7.5 Приклади автоматизації бізнес-процесів на промисловому підприємстві

Практичну користь від впровадження корпоративних інформаційних систем найкраще ілюструють конкретні приклади бізнес-процесів, які традиційно виконувалися вручну (на паперових бланках чи в розрізних електронних таблицях), а нині повністю чи частково автоматизовані.

Бізнес-процес	Спосіб автоматизації	Практичний ефект
Обробка замовлень клієнтів	Замовлення автоматично потрапляє з CRM у виробничий модуль ERP одразу після підтвердження оплати, без ручного перенесення даних	Скорочення часу від отримання замовлення до початку його виконання, зменшення кількості помилок ручного введення
Складський облік	Автоматичне списання матеріалів з обліку одразу при видачі зі складу (зокрема через сканування штрихкоду чи RFID-мітки)	Актуальні залишки на складі в реальному часі, своєчасне виявлення потреби в поповненні запасів
Контроль якості продукції	Результати вимірювань з вимірювального обладнання автоматично записуються в MES/PLM-систему замість паперового протоколу	Миттєве виявлення відхилень від технологічного допуску, повна історія якості кожної партії
Документообіг та узгодження	Електронне узгодження документів (креслень, технологічних карт, договорів) через систему електронного документообігу замість паперового маршруту підписів	Прискорення проходження документів, наявність повної електронної історії всіх узгоджень

Бізнес-процес	Спосіб автоматизації	Практичний ефект
Технічне обслуговування обладнання	Автоматичне формування завдання на планове технічне обслуговування за напрацюванням обладнання, зафіксованим MES-системою	Зниження кількості позапланових простоїв обладнання через своєчасне обслуговування

7.6 Інтеграція інформаційних систем підприємства з іншими джерелами даних

Жодна з розглянутих у підрозділі 7.3 систем не працює повністю ізольовано: практична цінність корпоративних інформаційних систем значною мірою залежить від того, наскільки ефективно вони обмінюються даними між собою та із зовнішніми джерелами інформації.

Основні способи інтеграції інформаційних систем:

- програмні інтерфейси (API, Application Programming Interface) — стандартизований спосіб, за допомогою якого одна система програмно звертається до іншої для обміну даними в реальному чи майже реальному часі;
- електронний обмін даними (EDI, Electronic Data Interchange) — стандартизований формат обміну комерційними документами (замовленнями, накладними, рахунками) безпосередньо між інформаційними системами підприємства й контрагентів, без участі людини;
- інтеграція з давачами та обладнанням (промисловий інтернет речей, IIoT) — автоматичне надходження даних від виробничого обладнання й вимірювальних приладів безпосередньо в MES/ERP-систему, докладніше розглянуте в темі 15;
- інтеграційні платформи та шини даних (Enterprise Service Bus) — проміжне програмне забезпечення, що централізовано узгоджує обмін даними між багатьма різнорідними системами підприємства, замінюючи набір окремих прямих з'єднань «кожна система з кожною» єдиною уніфікованою точкою обміну;
- процеси ETL (Extract, Transform, Load) — вилучення даних з однієї системи, їх перетворення до потрібного формату та завантаження в іншу систему чи в централізоване сховище даних для подальшого аналізу.

Відсутність належної інтеграції призводить до так званих «інформаційних острівців» — розрізнених систем, дані в яких доводиться синхронізувати вручну (повторним введенням чи копіюванням через електронні таблиці), що є джерелом затримок, розбіжностей і додаткових помилок. Тому під час проектування інформаційної інфраструктури сучасного підприємства питання інтеграції систем розглядають як один із головних критеріїв вибору конкретного програмного рішення, а не як другорядну технічну деталь.

7.7 Основні етапи впровадження інформаційної системи на підприємстві

Впровадження будь-якої корпоративної інформаційної системи (особливо повноцінної ERP-системи) є тривалим і ресурсомістким проектом, а не одноразовим встановленням програмного забезпечення. Типовий проєкт впровадження проходить кілька послідовних етапів, узагальнених у таблиці нижче.

Етап	Основний зміст
Аналіз потреб	Обстеження наявних бізнес-процесів підприємства, визначення вимог до майбутньої системи, виявлення проблемних місць
Вибір системи	Порівняння готових рішень на ринку (чи ухвалення рішення про розробку власної системи) за критеріями функціональності, вартості, можливості інтеграції з наявними системами
Налаштування та адаптація	Приведення обраної системи у відповідність до специфіки конкретного підприємства: налаштування довідників, форм звітів, прав доступу
Перенесення даних	Перенесення (міграція) наявних даних зі старих систем чи паперових архівів у нову систему з перевіркою їх коректності
Тестування	Перевірка коректності роботи системи на реальних, але контрольованих сценаріях перед переходом до промислової експлуатації
Навчання персоналу	Підготовка користувачів усіх рівнів до роботи в новій системі, розроблення внутрішніх інструкцій
Промислова експлуатація та супровід	Перехід до постійного використання системи, технічна підтримка, подальше вдосконалення за результатами реальної експлуатації

Практика показує, що переважна більшість невдалих впроваджень інформаційних систем пояснюється не технічними недоліками самого програмного забезпечення, а недостатньою увагою до організаційних аспектів — неповним аналізом потреб на початковому етапі, недостатнім навчанням персоналу чи опором працівників зміні звичного порядку роботи. Тому успішне впровадження інформаційної системи вимагає активної участі не лише IT-фахівців, а й керівників і рядових працівників тих підрозділів, робота яких автоматизується.

7.8 Приклади поширених корпоративних інформаційних систем на ринку

На українському та світовому ринку представлено широкий вибір готових програмних рішень класів, розглянутих у підрозділі 7.3, — від масштабних міжнародних платформ до рішень, орієнтованих на малий і середній бізнес. Вибір конкретного продукту зазвичай залежить від масштабу підприємства, галузевої специфіки та бюджету на впровадження й подальший супровід.

Система	Клас / виробник	Особливість
SAP S/4HANA	ERP, компанія SAP (Німеччина)	Один із найпоширеніших у світі комплексних ERP-продуктів для великих промислових підприємств
Microsoft Dynamics 365	ERP/CRM, Microsoft	Глибока інтеграція з іншими продуктами екосистеми Microsoft (Office 365, Azure)
1C:Підприємство / BAS	ERP-платформа, поширена на пострадянському просторі	Висока гнучкість налаштування під специфіку конкретного підприємства, значна поширеність в Україні
Odoo	ERP з відкритим кодом	Модульна структура, можливість використовувати лише окремі потрібні модулі, нижчий поріг входу для малого бізнесу
Siemens Teamcenter	PLM, компанія Siemens	Одна з провідних PLM-платформ, тісно інтегрована з CAD-системами для машинобудування

7.9 Типові ризики та помилки при впровадженні інформаційних систем

Розуміння типових причин невдалих впроваджень корпоративних інформаційних систем є важливою частиною загальної інформаційної культури майбутнього інженера, оскільки саме інженерно-технічний персонал найчастіше бере участь у формулюванні вимог до таких систем на своєму підприємстві.

Типова помилка	Наслідок	Спосіб уникнення
Недостатній аналіз наявних бізнес-процесів перед вибором системи	Обрана система не відповідає реальним потребам підприємства, потребує дорогих доопрацювань	Ретельне обстеження й документування процесів на етапі аналізу потреб (підрозділ 7.7)
Спроба одночасно впровадити систему на всьому підприємстві	Висока складність, значні ризики збою в роботі всіх підрозділів одночасно	Поетапне (пілотне) впровадження — спочатку в одному підрозділі, потім поширення досвіду
Недостатнє навчання персоналу	Працівники обходять систему звичними неформальними способами (паралельний облік в Excel), дані втрачають достовірність	Планування навчання як окремого повноцінного етапу проєкту, а не формальності
Недооцінка вартості супроводу системи	Бюджет на проєкт вичерпується вже на етапі впровадження, немає ресурсу на подальшу підтримку й розвиток	Планування повного бюджету проєкту, включно з очікуваними витратами на подальші роки експлуатації

7.10 Практичні поради інженеру-матеріалознавцю щодо роботи з корпоративними інформаційними системами

Навіть не будучи фахівцем з інформаційних технологій, інженер-матеріалознавець на сучасному підприємстві регулярно взаємодіє з корпоративними інформаційними системами — вносить дані про результати випробувань, отримує виробничі завдання, формує звіти про якість продукції. Кілька простих практичних правил допомагають зробити цю взаємодію ефективнішою.

Практичні рекомендації:

- вносити первинні дані (результати вимірювань, параметри процесу) в систему одразу після їх отримання, а не накопичувати «на потім» у чернетках — це зменшує ризик втрати чи спотворення даних;
- перед початком роботи з новою системою уважно вивчати внутрішні інструкції та регламенти підприємства щодо порядку внесення даних — навіть технічно проста дія, виконана не за встановленим регламентом, може порушити цілісність спільних даних;
- за виявлення явно помилкових чи суперечливих даних у системі (наприклад, нереалістичного значення вимірюваної властивості) — повідомляти відповідального адміністратора системи, а не самостійно й без пояснень виправляти запис;
- розуміти, які саме дані, внесені інженером, використовуються на наступних етапах (наприклад, іншими підрозділами через інтеграцію, розглянуту в підрозділі 7.6) — це підвищує відповідальне ставлення до точності первинного введення інформації.

Такий свідомий підхід до роботи з корпоративними інформаційними системами є частиною загальної інформаційної культури сучасного інженера, поряд із навичками роботи з офісними програмами, хмарними сервісами та інструментами наукового пошуку, розглянутими в попередніх темах курсу.

Контрольні питання для самоперевірки

- Поняття інформаційної системи, її основні компоненти.
- Класифікація інформаційних систем на підприємстві (ERP, CRM, MES, PLM): призначення кожного класу.
- Роль інформаційних систем в управлінні виробничими процесами підприємства.
- Приклади автоматизації бізнес-процесів на промисловому підприємстві.
- Інтеграція інформаційних систем підприємства з іншими джерелами даних.

Рекомендована література до теми

1. Павлиш В. А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.
2. Проєктування інформаційних систем – 1: Бази даних : лабораторний практикум: [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л. Д. Ярощук, Є. О. Тюріна. Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського, 2022. 92 с.

3. Інформаційно-комп'ютерні технології в машинобудуванні : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / В. В. Савуляк, О. В. Піонткевич, Н. С. Семічаснова. – Вінниця : ВНТУ, 2024. 133 с.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ДАНІ ТА МЕТОДОЛОГІЯ

Тема 8. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ: ПОНЯТТЯ, ІСТОРІЯ, НАПРЯМИ ЗАСТОСУВАННЯ

Із цієї теми розпочинається другий змістовий модуль курсу, присвячений штучному інтелекту, роботі з даними та методології їх аналізу. Перший модуль курсу (теми 1–7) був присвячений базовим цифровим інструментам — комп'ютером, офісними програмами, хмарними сервісами й корпоративними інформаційними системами; другий модуль переходить до технологій, що дедалі активніше змінюють інженерну й наукову діяльність, зокрема в галузі матеріалознавства.

8.1 Поняття штучного інтелекту

Штучний інтелект (ШІ, англ. Artificial Intelligence, AI) — це галузь інформатики, що вивчає створення комп'ютерних систем, здатних виконувати завдання, які традиційно вважалися такими, що вимагають людського інтелекту: розпізнавання образів, розуміння природної мови, прийняття рішень в умовах невизначеності, навчання на основі досвіду. Важливо розуміти, що єдиного загальноприйнятого визначення штучного інтелекту не існує — сам термін охоплює як науковий напрям досліджень, так і клас конкретних програмних систем і технологій, а межа того, що вважати «інтелектом», з часом зміщується (задачі, які ще кілька десятиліть тому вважали проявом штучного інтелекту — наприклад, гра в шахи на рівні гросмейстера, — сьогодні багатьма сприймаються як звичайна прикладна програма).

На практиці зручно розрізняти сам штучний інтелект як широку галузь і машинне навчання (machine learning) як один із підходів до його реалізації, а глибоке навчання (deep learning) — як підмножину методів машинного навчання, що ґрунтуються на багатошарових нейронних мережах. Співвідношення цих понять показано в таблиці нижче.

Поняття	Обсяг	Коротка характеристика
Штучний інтелект (ШІ)	Найширше поняття	Будь-які методи, що надають комп'ютерній системі здатність виконувати «інтелектуальні» завдання — включно з класичними експертними системами на основі жорстко заданих правил
Машинне навчання	Підмножина ШІ	Методи, за яких система сама «навчається» закономірностям на основі даних, а не отримує готові правила від розробника (докладніше — у підрозділі 8.4)
Глибоке навчання	Підмножина машинного навчання	Методи машинного навчання на основі багатошарових (глибоких) штучних нейронних мереж, докладно розглянутих у темі 9

8.2 Основні етапи історичного розвитку штучного інтелекту

Історія штучного інтелекту як наукового напрямку налічує вже понад сімдесят років і характеризується чергуванням періодів піднесення інтересу й фінансування досліджень із періодами розчарування, коли заявлені очікування не справджувалися (так звані «зими штучного інтелекту», AI winters).

Період	Ключова подія / напрям
1950 р.	Алан Тюрінг публікує статтю з так званим «тестом Тюрінга» — критерієм оцінки, чи здатна машина мислити невідрізнено від людини
1956 р.	Дартмутський семінар — подія, на якій вперше офіційно введено сам термін «штучний інтелект» і започатковано ШІ як окремий науковий напрям
1960–70-ті рр.	Перші оптимістичні прогнози та перші розчарування; обмеженість обчислювальних потужностей призводить до першої «зими штучного інтелекту»
1980-ті рр.	Розквіт експертних систем — програм, що моделюють рішення людини-експерта на основі великих наборів заздалегідь заданих правил «якщо – то»
Кінець 1980-х – 1990-ті рр.	Друга «зима штучного інтелекту» через обмежену практичну ефективність експертних систем поза вузькою предметною областю
2000-ті – початок 2010-х рр.	Поступове відродження інтересу завдяки зростанню обчислювальних потужностей і накопиченню великих обсягів даних; розвиток класичного машинного навчання
2012 р.	Перемога згорткової нейронної мережі AlexNet у змаганні з розпізнавання зображень ImageNet — умовна точка відліку сучасної ери глибокого навчання
2020-ті рр.	Поява й масове поширення генеративних моделей і великих мовних моделей (ChatGPT та подібні), розглянутих докладніше в темі 10

Показовим є те, що прогрес у розвитку штучного інтелекту в різні періоди визначався не лише новими математичними ідеями (багато з ключових алгоритмів навчання нейронних мереж було запропоновано ще в 1980-х роках), а насамперед доступністю обчислювальних потужностей і, особливо в останнє десятиліття, наявністю величезних обсягів даних для навчання моделей.

Сам «тест Тюрінга», згаданий у таблиці вище, влаштований так: людина-суддя листується текстом одночасно з іншою людиною й з комп'ютерною програмою, не знаючи заздалегідь, хто є хто, і повинна визначити, хто зі співрозмовників — людина. Якщо суддя не може надійно відрізнити програму від людини, тест вважається пройденим. Попри свою історичну значущість як перший формальний критерій «машинного мислення», сучасні дослідники штучного інтелекту здебільшого критично ставляться до тесту Тюрінга як до остаточного мірила інтелекту: сучасні мовні моделі (тема 10) можуть переконливо імітувати людське мовлення в короткій розмові, не володіючи при цьому справжнім розумінням змісту чи здатністю мислити в широкому сенсі цього слова.

8.3 Вузький та загальний штучний інтелект

За широтою розв'язуваних завдань прийнято розрізняти два принципово різні рівні штучного інтелекту.

Вузький (слабкий) штучний інтелект (Narrow AI, ANI — Artificial Narrow Intelligence) — система, здатна ефективно розв'язувати одну конкретну задачу чи вузьке коло завдань, для яких вона була спеціально розроблена й навчена, але не здатна перенести цю здатність на принципово інші задачі. Абсолютна більшість реально працюючих сьогодні систем штучного інтелекту — включно з системами розпізнавання зображень, мовними моделями, рекомендаційними системами інтернет-магазинів — є прикладами саме вузького штучного інтелекту.

Загальний (сильний) штучний інтелект (AGI — Artificial General Intelligence) — гіпотетична на сьогодні система, здатна розуміти, навчатися й застосовувати знання в такому ж широкому спектрі завдань, як і людина, включно з перенесенням досвіду з однієї сфери в принципово іншу. Станом на середину 2020-х років загального штучного інтелекту в цьому строгому сенсі не створено; питання про терміни (і принципову можливість) його появи залишається предметом активних наукових дискусій.

Іноді додатково згадують і третю, ще більш гіпотетичну категорію — штучний суперінтелект (ASI, Artificial Superintelligence), тобто систему, що перевершує людину практично в усіх інтелектуальних видах діяльності; на сьогодні це поняття залишається виключно теоретичним і належить радше до сфери футурології, ніж до практичної інженерії.

Ознака	Вузький ШІ (ANI)	Загальний ШІ (AGI)
Поточний статус	Реально існує й широко застосовується	Гіпотетичний, не створений
Діапазон завдань	Одна задача чи вузьке коло споріднених задач	Будь-яка інтелектуальна задача, як у людини
Приклади	Розпізнавання дефектів на зображенні, мовна модель, рекомендаційна система	На сьогодні відсутні
Перенесення досвіду на нову задачу	Практично відсутнє без повторного навчання	Передбачається як ключова властивість

Наочною ілюстрацією можливостей і водночас обмеженості саме вузького штучного інтелекту слугують знакові перемоги комп'ютерних систем над найсильнішими людьми-гравцями в інтелектуальних іграх — показові події, що часто помилково сприймаються як доказ появи «справжнього», загального інтелекту в машини, хоча насправді щоразу йшлося про систему, здатну винятково добре розв'язувати одну конкретну гру й нездатну застосувати цей же алгоритм до жодної іншої задачі без істотної переробки.

Рік	Подія
1997	Система Deep Blue (IBM) перемагає чинного чемпіона світу з шахів Гаррі Каспарова — перша знакова перемога комп'ютера над людиною найвищого рівня в складній інтелектуальній грі
2011	Система Watson (IBM) перемагає найсильніших гравців-людей в американській телевікторині Jeopardy!, що вимагає розуміння запитань природною мовою
2016	Система AlphaGo (DeepMind) перемагає одного з найсильніших гравців світу в го — гру, що довгий час вважали занадто складною для комп'ютерного розв'язання через астрономічну кількість можливих партій

8.4 Машинне навчання як складова штучного інтелекту

Машинне навчання (machine learning) — підхід до побудови систем штучного інтелекту, за якого система не отримує від розробника явно прописаний алгоритм розв'язання задачі, а самостійно виявляє закономірності на основі великого обсягу прикладів (даних) і використовує ці закономірності для обробки нових, раніше не бачених даних.

Принципову відмінність машинного навчання від класичного програмування зручно проілюструвати на прикладі задачі визначення марки сталі за хімічним складом.

Підхід	Що на вході	Що на виході	Хто визначає правило
Класичне програмування	Дані (хімічний склад) + явно запрограмований алгоритм-правило	Результат (марка сталі)	Розробник заздалегідь прописує всі умовні правила
Машинне навчання	Дані (хімічний склад) + приклади правильних відповідей (відомі марки)	Модель, що виявляє закономірність сама	Алгоритм навчання виводить правило (закономірність) із даних автоматично

Після завершення такого навчання отримана модель здатна класифікувати нові, раніше не бачені зразки за хімічним складом, навіть якщо жоден розробник явно не формулював правило класифікації — модель вивела його самостійно із сотень чи тисяч навчальних прикладів. Спрощений (умовний) приклад невеликого навчального набору даних для такої задачі показано в таблиці нижче.

Вміст вуглецю, %	Вміст марганцю, %	Марка сталі (відома відповідь)
0,45	0,65	Сталь 45
0,20	0,50	Сталь 20
0,47	0,70	Сталь 45
0,18	0,45	Сталь 20
0,44	0,68	Сталь 45

Навіть на такому невеликому наборі прикладів алгоритм машинного навчання самостійно виявить, що вміст вуглецю приблизно на рівні 0,44–0,47 % відповідає марці «Сталь 45», а на рівні 0,18–0,20 % — марці «Сталь 20», і зможе застосувати цю виявлену закономірність до нового зразка з проміжним чи близьким значенням складу. На реальних задачах навчальний набір даних, звісно, налічує не п'ять, а тисячі чи десятки тисяч прикладів, а сама залежність — набагато складніша й включає значно більше вхідних параметрів одночасно. Три основні підходи до організації такого навчання (навчання з учителем, навчання без учителя, навчання з підкріпленням), а також практична побудова прогностичних моделей на основі даних, детально розглядаються далі в темах 9 і 11.

8.5 Основні напрями застосування штучного інтелекту в інженерії та матеріалознавстві

Штучний інтелект дедалі активніше проникає в інженерну практику, зокрема безпосередньо в галузь матеріалознавства й ливарного виробництва. Основні напрями застосування узагальнено в таблиці нижче.

Напрямок застосування	Приклад використання в матеріалознавстві
Комп'ютерний зір (computer vision)	Автоматичне виявлення дефектів (пор, тріщин, включень) на зображеннях мікроструктури чи готових виробів
Прогностичне моделювання властивостей	Прогнозування механічних властивостей сплаву (твердість, міцність) за хімічним складом і режимом термічної обробки без проведення повного циклу натурних випробувань
Оптимізація технологічних процесів	Підбір оптимальних параметрів плавлення, лиття чи термічної обробки для досягнення заданих властивостей матеріалу за мінімальних витрат
Прогнозне (предиктивне) обслуговування обладнання	Прогнозування ймовірності відмови виробничого обладнання на основі даних давачів для планування технічного обслуговування до настання поломки

Напрямок застосування	Приклад використання в матеріалознавстві
Прискорений пошук нових матеріалів	Використання моделей штучного інтелекту для звуження простору пошуку нових сплавів із заданим комплексом властивостей серед мільйонів теоретично можливих комбінацій складу
Автоматизація контролю якості	Класифікація готової продукції за категоріями якості на основі комплексу вимірюваних параметрів без участі оператора

8.6 Приклади сучасних систем штучного інтелекту в промисловості

Розглянемо кілька узагальнених прикладів, що ілюструють, як напрями застосування, перелічені в підрозділі 8.5, реалізуються на практиці на реальних промислових підприємствах.

Системи машинного зору на конвеєрних лініях — камери, встановлені безпосередньо на виробничій лінії, у поєднанні з моделлю комп'ютерного зору автоматично виявляють браковані вироби (наприклад, виливки з поверхневими дефектами) зі швидкістю, недосяжною для людини-контролера, і без втоми, властивої тривалій одноманітній роботі оператора.

Системи предиктивного обслуговування — на основі даних вібраційних датчиків, встановлених на критично важливому обладнанні (наприклад, плавильних печах чи ковальсько-пресовому обладнанні), модель штучного інтелекту прогнозує ймовірність відмови вузла за кілька днів чи тижнів до фактичної поломки, що дає змогу спланувати технічне обслуговування заздалегідь, замість позапланового ремонту після аварійної зупинки.

Цифрові двійники (digital twins) виробничих процесів — модель штучного інтелекту, що в реальному часі відтворює й прогнозує поведінку реального виробничого процесу (наприклад, процесу лиття) на основі даних датчиків, дає змогу «програти» різні сценарії зміни параметрів процесу віртуально, без ризику й витрат, пов'язаних із експериментами на реальному обладнанні.

Оптимізація складу сплавів — металургійні підприємства застосовують моделі штучного інтелекту для підбору оптимального співвідношення компонентів шихти, що одночасно мінімізує вартість сировини й гарантує досягнення заданих властивостей готового сплаву.

Спільною рисою всіх наведених прикладів є те, що штучний інтелект тут не замінює інженера повністю, а виконує роль інструмента підтримки прийняття рішень: остаточну відповідальність за технологічне рішення чи оцінку якості продукції зберігає людина-фахівець, яка критично оцінює запропонований моделлю результат — це питання докладніше розглядається в темі 12, присвяченій верифікації результатів.

8.7 Обмеження застосування та відповідальне ставлення до систем штучного інтелекту

Попри вражаючі практичні результати, важливо із самого початку вивчення теми штучного інтелекту усвідомлювати його принципові обмеження, щоб надалі формувати реалістичні, а не завищені очікування від цієї технології.

Основні обмеження сучасних систем штучного інтелекту:

- модель відтворює лише ті закономірності, що присутні в навчальних даних — за відсутності в навчальній вибірці репрезентативних прикладів рідкісної ситуації модель, найімовірніше, дасть ненадійний результат саме в цій ситуації;
- більшість сучасних моделей (особливо глибокого навчання) працюють як «чорна скринька» — важко чи неможливо точно пояснити, чому модель дала саме такий, а не інший результат, що ускладнює довіру до неї в критично важливих інженерних застосуваннях;
- якість роботи моделі принципово обмежена якістю й повнотою вхідних даних («сміття на вході — сміття на виході»);
- результат роботи моделі штучного інтелекту завжди потребує критичної оцінки фахівцем перед практичним застосуванням, особливо в задачах, пов'язаних із безпекою.

Ці та інші обмеження, а також пов'язані з ними етичні аспекти й питання академічної доброчесності при використанні штучного інтелекту в навчанні, докладно розглядаються далі — відповідно в темах 12 і 13 цього курсу.

8.8 Штучний інтелект і традиційна автоматизація: у чому принципова відмінність

Інженеру, знайомому з традиційними системами автоматизації виробництва (програмованими логічними контролерами, системами числового програмного керування), важливо чітко розуміти, чим підхід на основі штучного інтелекту принципово відрізняється від звичної «жорсткої» автоматизації за заздалегідь запрограмованим алгоритмом.

Ознака	Традиційна автоматизація	Підхід на основі штучного інтелекту
Джерело правила прийняття рішення	Явно запрограмоване інженером правило (наприклад, «якщо температура > 850 °C, відкрити клапан»)	Правило (закономірність) виводиться моделлю самостійно з навчальних даних
Поведінка на нових, нетипових вхідних даних	Повністю передбачувана — виконує рівно те правило, яке в неї заклали	Може видати неочікуваний результат, якщо подібна ситуація погано представлена в навчальних даних
Простота пояснення результату	Завжди можна точно вказати, яке саме правило спрацювало	Часто складно чи неможливо точно пояснити причину конкретного результату (проблема «чорної скриньки», підрозділ 8.7)
Типова сфера застосування	Чітко формалізовані задачі з відомими наперед правилами	Задачі, для яких правило важко чи неможливо сформулювати явно (наприклад, розпізнавання дефекту на зображенні)

Із цього порівняння випливає практичний висновок: штучний інтелект не є універсальною заміною традиційної автоматизації в усіх випадках без винятку — там, де правило прийняття рішення легко й однозначно формулюється (наприклад, аварійне відключення обладнання за перевищенням критичної температури), традиційна детермінована автоматизація зазвичай залишається надійнішим і зрозумілішим рішенням, тоді як штучний інтелект розкриває свої переваги саме в задачах, де таке явне правило сформулювати складно або неможливо.

8.9 Практичні поради для початку самостійного вивчення штучного інтелекту

Для студента спеціальності «Матеріалознавство», який не планує ставати професійним розробником систем штучного інтелекту, але прагне усвідомлено застосовувати ці технології у своїй інженерній діяльності, корисно розпочати знайомство з предметом у практичній, а не суто теоретичній площині.

Практичні кроки для першого знайомства зі штучним інтелектом:

- пройти короткий безкоштовний вступний онлайн-курс із основ штучного інтелекту (наприклад, курси, зазначені в рекомендованій літературі до цієї теми) — такі курси зазвичай не вимагають попередніх знань програмування;
- спробувати готові інструменти без написання коду («no-code»/«low-code» платформи для побудови прогностичних моделей), докладніше розглянуті в темі 11, на невеликому наборі власних даних (наприклад, результатах лабораторних випробувань);
- ознайомитися з роботою сучасних генеративних мовних моделей (тема 10) для практичних навчальних і дослідницьких завдань — пошуку інформації, перевірки формулювань, підготовки чернеток текстів — з обов'язковим критичним осмисленням отриманого результату;
- звертати увагу на публікації й доповіді про застосування штучного інтелекту саме в матеріалознавстві та металургії — галузева специфіка застосування часто виявляється важливішою за загальні технічні деталі алгоритмів.

Такий поступовий, практично орієнтований підхід дає змогу сформувати реалістичне розуміння можливостей і обмежень штучного інтелекту (розглянутих у підрозділі 8.7) ще до того, як ці технології доведеться застосовувати у відповідальних інженерних чи наукових задачах.

Контрольні питання для самоперевірки

- Поняття штучного інтелекту, основні етапи його історичного розвитку.
- Різниця між вузьким (слабким) і загальним (сильним) штучним інтелектом.
- Основні напрями застосування штучного інтелекту в інженерії та матеріалознавстві.
- Машинне навчання як складова штучного інтелекту: загальна ідея та відмінність від класичного програмування.
- Приклади сучасних систем штучного інтелекту, що застосовуються у промисловості.

Рекомендована література до теми

1. Elements of AI: безкоштовний онлайн-курс з основ штучного інтелекту [Електронний ресурс] / University of Helsinki, Reaktor. Режим доступу: <https://www.elementsofai.com/>
2. Від початківця до експерта в ШІ: онлайн-курс [Електронний ресурс] / Prometheus. Режим доступу: <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/ai-expert/>

Тема 9. ТИПИ ТА АРХІТЕКТУРИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ: ЯК ВОНИ ПРАЦЮЮТЬ І ЧОМУ

9.1 Поняття штучного нейрона та найпростіша нейронна мережа

Штучні нейронні мережі — клас моделей машинного навчання (розглянутого в темі 8), архітектура яких віддалено надихнута будовою біологічної нервової системи: мережа складається з великої кількості простих обчислювальних елементів («нейронів»), з'єднаних між собою, кожен з яких виконує елементарну операцію, а складна поведінка всієї мережі виникає із сукупної взаємодії цих простих елементів. Важливо одразу застерегти: ця аналогія з біологічним мозком є дуже приблизною — штучний нейрон є значно спрощеною математичною моделлю, а не буквальною копією живої нервової клітини.

Штучний нейрон отримує на вхід кілька числових значень (сигналів), кожне з яких множиться на власний числовий коефіцієнт — вагу (weight), яка визначає, наскільки сильно саме цей вхідний сигнал впливає на результат. Усі зважені сигнали додаються разом із додатковим доданком — зсувом (bias), а отримана сума передається через нелінійну функцію активації (activation function), яка формує остаточний вихідний сигнал нейрона.

Елемент нейрона	Роль
Вхідні сигнали ($x_1, x_2, \dots, x_n$)	Числові значення, що надходять від попереднього шару мережі чи безпосередньо з вхідних даних
Ваги ($w_1, w_2, \dots, w_n$)	Коефіцієнти, що визначають «силу» впливу кожного вхідного сигналу; саме вони підбираються (навчаються) під час навчання мережі
Зсув (bias, b)	Додаткова стала, що дає змогу зсунути результат зваженої суми незалежно від вхідних сигналів
Функція активації	Нелінійне перетворення зваженої суми, що визначає остаточний вихідний сигнал нейрона (наприклад, ReLU, сигмоїда)

Функція активації є принципово важливим елементом: без неї послідовність із будь-якої кількості шарів нейронів математично зводилася б до одного-єдиного лінійного перетворення, що робило б багатшарову структуру мережі безглуздою. Найпоширеніші функції активації наведено в таблиці нижче.

Функція активації	Коротка характеристика
Сигмоїда (sigmoid)	Стискає будь-яке вхідне значення в діапазон від 0 до 1; історично одна з перших, сьогодні рідше використовується у прихованих шарах через уповільнення навчання при великих за модулем значеннях
Гіперболічний тангенс (tanh)	Подібна до сигмоїди, але стискає значення в діапазон від -1 до 1
ReLU (Rectified Linear Unit)	Повертає вхідне значення без змін, якщо воно додатне, і нуль — якщо від'ємне; найпоширеніша функція активації в сучасних глибоких мережах завдяки обчислювальній простоті
Softmax	Перетворює набір чисел у набір ймовірностей, що в сумі дають одиницю; застосовується у вихідному шарі мереж для задач класифікації з кількома класами

Найпростіша нейронна мережа — так званий одношаровий перцептрон — складається лише з одного шару нейронів, що безпосередньо отримують вхідні дані й одразу видають

результат. Сучасні практичні мережі, однак, майже завжди є багатошаровими: між вхідним і вихідним шаром розташовується один чи кілька прихованих шарів (hidden layers), що дає мережі змогу виявляти значно складніші, нелінійні залежності в даних, недоступні одношаровому перцептроні.

Розглянемо спрощений числовий приклад роботи одного нейрона із двома вхідними сигналами й функцією активації ReLU.

Величина	Значення
Вхідні сигнали	$x_1 = 0,8; x_2 = 0,3$
Ваги	$w_1 = 0,5; w_2 = -0,4$
Зсув	$b = 0,1$
Зважена сума	$z = x_1 \cdot w_1 + x_2 \cdot w_2 + b = 0,8 \cdot 0,5 + 0,3 \cdot (-0,4) + 0,1 = 0,4 - 0,12 + 0,1 = 0,38$
Функція активації ReLU	$\text{ReLU}(z) = z$, якщо $z > 0 \rightarrow$ вихід нейрона $= 0,38$

Якби зважена сума виявилася від'ємною (наприклад, при інших значеннях вхідних сигналів), функція ReLU перетворила б її на нуль — саме ця найпростіша операція, повторена мільйони разів для тисяч нейронів у багатьох шарах, і становить обчислювальну основу роботи будь-якої, навіть найскладнішої сучасної нейронної мережі. Під час навчання (підрозділ 9.3) саме значення ваг w_1 , w_2 і зсуву b поступово коригуються так, щоб вихід мережі якомога точніше відповідав правильній відповіді на навчальних прикладах.

9.2 Основні типи архітектур нейронних мереж

Залежно від того, як саме з'єднані нейрони між собою і як організовано проходження сигналу через мережу, розрізняють кілька основних архітектур (типів побудови) нейронних мереж, кожна з яких добре підходить для власного класу задач.

Архітектура	Принцип побудови	Типова сфера застосування
Повнозв'язна (fully connected / dense)	Кожен нейрон одного шару з'єднаний з усіма нейронами наступного шару	Універсальна базова архітектура; табличні дані, прості задачі класифікації та регресії
Згорткова (convolutional, CNN)	Використовує невеликі «фільтри», що ковзають по зображенню й виявляють локальні візуальні ознаки (краї, текстури), незалежно від їх положення на зображенні	Аналіз зображень: розпізнавання дефектів на зображенні, класифікація мікроструктур матеріалів (докладніше — у підрозділі 9.5)
Рекурентна (recurrent, RNN, включно з LSTM)	Має «пам'ять» — вихід мережі на попередньому кроці впливає на обробку наступного елемента послідовності	Дані, впорядковані в часі чи послідовності: показники давачів у часі, текст, мовлення
Трансформер (transformer)	Сучасна архітектура, що обробляє всю послідовність даних одночасно, застосовуючи механізм «уваги» (attention) для визначення взаємозв'язків між усіма елементами послідовності	Основа сучасних великих мовних моделей, розглянутих докладніше в темі 10

Для задач, безпосередньо пов'язаних із матеріалознавством, найчастіше застосовуються саме згорткові мережі (аналіз зображень мікроструктур, дефектоскопія) та повнозв'язні мережі (прогнозування властивостей матеріалу за табличними числовими даними — хімічним складом, параметрами обробки).

Термін «глибоке навчання» (deep learning), згаданий раніше в темі 8, стосується саме кількості прихованих шарів мережі: чим більше таких шарів («глибша» мережа), тим на

більш абстрактному рівні мережа здатна представляти вхідні дані. Наприклад, у згортковій мережі для аналізу зображення мікроструктури перші (найближчі до входу) шари зазвичай навчаються виявляти найпростіші візуальні ознаки — краї та контрастні межі зерен; наступні шари комбінують ці прості ознаки у складніші елементи форми (контури зерен певної форми), а найглибші шари мережі оперують уже узагальненими поняттями високого рівня (тип структури в цілому — перлітна, феритна тощо), потрібними безпосередньо для остаточної класифікації.

9.3 Навчання нейронної мережі: навчальна вибірка, функція втрат, зворотне поширення помилки

Перед початком навчання значення всіх ваг мережі встановлюють випадковим чином — тобто необучена мережа видає практично випадкові, безглузді результати. Процес навчання полягає в поступовому й цілеспрямованому коригуванні цих ваг так, щоб результати роботи мережі ставали дедалі точнішими.

Навчальна вибірка (training dataset) — набір прикладів «вхідні дані → правильна відповідь», на основі якого відбувається навчання. Як правило, наявні дані поділяють на три непересічні частини: навчальну вибірку (безпосередньо для налаштування ваг), валідаційну вибірку (для контролю якості під час навчання й підбору налаштувань мережі) та тестову вибірку (для остаточної незалежної оцінки якості вже готової моделі, яку модель жодного разу не бачила під час навчання).

Функція втрат (loss function) — числова міра того, наскільки поточний результат роботи мережі відрізняється від правильної відповіді для конкретного прикладу; що менше значення функції втрат, то точніше працює мережа. Саме мінімізацію функції втрат на навчальній вибірці й переслідує весь процес навчання.

Зворотне поширення помилки (backpropagation) — алгоритм, за яким обчислюється, наскільки саме потрібно змінити кожен окрему вагу мережі, щоб зменшити значення функції втрат; назва відображає напрям обчислень — інформація про величину помилки поширюється від вихідного шару мережі назад до вхідного, шар за шаром. Отримані значення коригування ваг застосовуються за допомогою методу градієнтного спуску (gradient descent) — покрокового зміщення значень ваг у напрямку, що найшвидше зменшує функцію втрат.

Один повний прохід алгоритму навчання через усю навчальну вибірку називають епохою (epoch); реальне навчання мережі, як правило, потребує багатьох десятків чи сотень епох, протягом яких значення функції втрат поступово, крок за кроком, зменшується.

Процес градієнтного спуску зручно уявити як спуск із гори в тумані наосліп: не бачачи всього рельєфу одразу, людина відчуває нахил поверхні під ногами в поточній точці й робить невеликий крок у напрямку найкрутішого спуску; повторюючи цю дію крок за кроком, вона поступово наближається до підніжжя гори — тобто до мінімального значення функції втрат. Розмір кожного такого кроку визначається окремим налаштуванням алгоритму — швидкістю навчання (learning rate): занадто малий крок уповільнює навчання, а занадто великий може «перестрибнути» шуканий мінімум. Умовний приклад того, як зменшується значення функції втрат протягом перших епох навчання, наведено в таблиці нижче.

Епоха навчання	Значення функції втрат (умовний приклад)
1	0,92
5	0,54
10	0,31
20	0,18
50	0,09

9.4 Перенавчання (overfitting) та способи його уникнення

Перенавчання (overfitting) — ситуація, за якої модель під час навчання не виявляє загальну закономірність у даних, а натомість буквально «запам'ятовує» окремі приклади навчальної вибірки, включно з властивим їм випадковим шумом і незначними особливостями. Наслідком є те, що перенавчена модель демонструє відмінну точність на навчальних даних (які вона фактично запам'ятала), але суттєво гіршу точність на нових, раніше не бачених даних — тобто втрачає здатність до узагальнення, яка й становить головну практичну цінність моделі.

Протилежна ситуація — недонавчання (underfitting), коли модель є настільки простою чи навченою настільки недостатньо, що не здатна виявити навіть основну закономірність і показує низьку точність як на навчальних, так і на нових даних. Ознакою перенавчання на практиці слугує суттєвий розрив між високою точністю моделі на навчальній вибірці й помітно нижчою точністю на валідаційній вибірці, яку модель не бачила під час коригування ваг.

Перенавчання зручно порівняти зі студентом, який готується до іспиту, заучуючи напам'ять відповіді на конкретні білети попередніх років, замість того щоб зрозуміти загальні принципи предмета: такий студент може показати відмінний результат, якщо на іспиті трапляться ті самі білети (аналог навчальної вибірки), але зазнає невдачі, щойно питання буде сформульоване інакше (аналог нових, валідаційних даних). Умовний числовий приклад ознак перенавчання наведено в таблиці нижче.

Показник	Значення (умовний приклад перенавченої моделі)
Точність на навчальній вибірці	98 %
Точність на валідаційній вибірці	64 %
Висновок	Великий розрив (34 в. п.) між навчальною і валідаційною точністю — явна ознака перенавчання
Спосіб боротьби з перенавчанням	Пояснення
Збільшення обсягу навчальних даних	Що більше й різноманітніше навчальних прикладів, то важче моделі просто «запам'ятати» їх замість виявлення загальної закономірності
Регуляризація (regularization)	Додавання до функції втрат додаткового штрафу за надмірно великі значення ваг, що стримує модель від надмірного підлаштування під навчальні дані
Dropout	Під час навчання випадково «вимикається» частина нейронів на кожному кроці, що змушує мережу не покладатися надмірно на окремі нейрони й формувати стійкіші, узагальнені закономірності
Рання зупинка (early stopping)	Навчання припиняється одразу, щойно точність на валідаційній вибірці перестає покращуватися, навіть якщо точність на навчальній вибірці продовжує зростати
Спрощення архітектури моделі	Використання моделі з меншою кількістю параметрів (шарів і нейронів), якщо складна модель є надмірною для обсягу наявних даних

9.5 Приклади застосування нейронних мереж для аналізу матеріалознавчих даних

Нейронні мережі, розглянуті в цій темі, є практичним інструментом реалізації багатьох напрямів застосування штучного інтелекту в матеріалознавстві, згаданих раніше в підрозділі 8.5.

Класифікація й розпізнавання мікроструктур — згорткові нейронні мережі (підрозділ 9.2), навчені на великих наборах мікрофотографій шліфів матеріалу з відомим типом структури (перліт, феррит, мартенсит тощо), здатні автоматично класифікувати тип мікроструктури на новому знімку значно швидше, ніж здійснюється традиційний візуальний аналіз металографом.

Автоматичне виявлення дефектів — аналогічні згорткові мережі, навчені на зображеннях із розміченими дефектами (порами, тріщинами, неметалевими включеннями), автоматично локалізують подібні дефекти на нових зображеннях виробів чи зразків, у тому числі при рентгенівському чи ультразвуковому контролі.

Прогнозування властивостей матеріалу — повнозв'язні нейронні мережі, навчені на табличних даних «хімічний склад і параметри обробки → виміряні механічні властивості», дають змогу прогнозувати властивості нового складу сплаву без проведення повного циклу натурних випробувань, що детальніше розглядається в темі 11.

Аналіз даних давачів технологічного процесу в часі — рекурентні мережі, здатні враховувати часову послідовність вимірювань (наприклад, зміну температури розплаву протягом плавки), застосовуються для раннього виявлення відхилень технологічного процесу від штатного режиму.

Спільна риса всіх цих прикладів — заміна трудомісткого, суб'єктивного й повільного ручного аналізу (зображень, показників давачів, табличних даних) на швидкий, відтворюваний автоматизований аналіз, результат якого, утім, як і в будь-якому застосуванні штучного інтелекту, потребує критичної перевірки фахівцем перед прийняттям остаточного інженерного рішення.

9.6 Нейронні мережі порівняно з класичними методами машинного навчання

Нейронні мережі є потужним, але не єдиним і не завжди найкращим інструментом машинного навчання. Поряд із ними існує ціла низка класичних (не пов'язаних із нейронними мережами) методів — лінійна регресія, дерева рішень, метод опорних векторів та інші, які в багатьох практичних задачах, особливо на порівняно невеликих обсягах табличних даних, показують результат не гірший, а іноді й кращий за нейронну мережу, вимагаючи при цьому значно менше даних для навчання й даючи простіший для розуміння результат.

Критерій	Класичні методи машинного навчання	Нейронні мережі
Необхідний обсяг даних	Можуть добре працювати на порівняно невеликих вибірках	Зазвичай потребують значно більшого обсягу навчальних даних

Критерій	Класичні методи машинного навчання	Нейронні мережі
Складність залежностей у даних	Ефективні для порівняно простих, здебільшого табличних залежностей	Здатні виявляти значно складніші, нелінійні закономірності, зокрема в зображеннях чи послідовностях
Пояснюваність результату	Здебільшого простіше пояснити, чому отримано саме такий результат	Складніше пояснити («чорна скринька»), особливо для глибоких мереж
Обчислювальні витрати на навчання	Зазвичай значно менші	Можуть бути суттєвими, особливо для великих мереж

Практичний висновок для інженера: вибір між нейронною мережею й класичним методом машинного навчання варто робити свідомо, з урахуванням обсягу наявних даних і складності задачі, а не автоматично обирати нейронну мережу лише тому, що ця технологія має більшу популярність — для багатьох практичних задач матеріалознавства з обмеженим обсягом експериментальних даних простіші методи, розглянуті докладніше в темі 11, можуть виявитися практичнішим вибором.

9.7 Практичні інструменти для роботи з нейронними мережами

Для практичної розробки й навчання нейронних мереж застосовують спеціалізовані програмні бібліотеки, а для першого знайомства з принципами їх роботи без написання коду — прості візуальні навчальні інструменти.

Інструмент	Призначення
TensorFlow / Keras	Одна з найпоширеніших бібліотек для побудови й навчання нейронних мереж мовою Python; Keras надає спрощений, зручний для початківців інтерфейс поверх TensorFlow
PyTorch	Інша провідна бібліотека для нейронних мереж, особливо поширена в наукових дослідженнях завдяки гнучкості
Google Teachable Machine	Безкоштовний онлайн-інструмент, що дає змогу навчити просту нейронну мережу класифікації зображень чи звуків у браузері, зовсім без написання коду — зручний перший практичний досвід
No-code/low-code платформи аналізу даних	Візуальні інструменти побудови прогностичних моделей (включно з нейронними мережами) без програмування, докладніше розглянуті в темі 11

Для студента спеціальності «Матеріалознавство», який не планує спеціалізуватися на розробці систем штучного інтелекту, знайомство саме з простими візуальними інструментами (на кшталт Teachable Machine чи no-code платформ, розглянутих у темі 11) є практичнішою відправною точкою, ніж одразу вивчення програмування нейронних мереж мовою Python.

9.8 Основні гіперпараметри навчання нейронної мережі

Окрім ваг і зсувів, які підбираються автоматично в процесі навчання (підрозділ 9.3), розробник моделі перед початком навчання самостійно задає низку налаштувань, що безпосередньо не підбираються алгоритмом навчання, — так звані гіперпараметри (hyperparameters). Правильний підбір гіперпараметрів істотно впливає як на остаточну якість моделі, так і на ризик перенавчання, розглянутого в підрозділі 9.4.

Гіперпараметр	Вплив на навчання
Швидкість навчання (learning rate)	Розмір кроку коригування ваг на кожній ітерації; занадто велике значення заважає навчанню збігтися до мінімуму, занадто мале — надмірно уповільнює навчання
Розмір пакета (batch size)	Кількість навчальних прикладів, що обробляються за один крок оновлення ваг, перш ніж значення ваг коригується
Кількість епох	Скільки разів алгоритм навчання проходить через усю навчальну вибірку (див. рекомендацію щодо ранньої зупинки, підрозділ 9.4)
Кількість шарів і нейронів у шарі	Визначає «місткість» (складність) моделі: занадто мала — недонавчання, занадто велика за обмеженого обсягу даних — підвищений ризик перенавчання

На практиці підбір оптимальних гіперпараметрів здебільшого здійснюється експериментально — шляхом навчання кількох варіантів моделі з різними значеннями гіперпараметрів і порівняння їх якості на валідаційній вибірці, а не аналітичним розрахунком наперед.

9.9 Типові етапи проєкту навчання нейронної мережі на матеріалознавчих даних

Щоб отримане в цій темі теоретичне уявлення про роботу нейронних мереж не залишалося абстрактним, корисно розглянути, з яких практичних етапів складається типовий проєкт застосування нейронної мережі до реальної інженерної задачі — наприклад, автоматичної класифікації типу мікроструктури сталі за фотографією шліфа.

Етап	Зміст на прикладі класифікації мікроструктур
Збір даних	Накопичення великої кількості мікрофотографій шліфів різних типів структур, зроблених за єдиною методикою
Розмітка даних	Кожному зображенню фахівець-металогRAF присвоює правильну відповідь (тип структури) — саме ці пари «зображення – відповідь» і формують навчальну вибірку (підрозділ 9.3)
Поділ на вибірки	Розмічені дані поділяються на навчальну, валідаційну й тестову вибірки (підрозділ 9.3)
Вибір і навчання моделі	Обирається архітектура мережі (для зображень — згортова, підрозділ 9.2) і проводиться навчання із застосуванням зворотного поширення помилки
Контроль перенавчання	Під час навчання відстежується розрив між навчальною і валідаційною точністю (підрозділ 9.4); за потреби застосовуються методи боротьби з перенавчанням
Оцінка на тестовій вибірці	Остаточна, незалежна оцінка якості готової моделі на даних, які вона жодного разу не бачила — детальніше про верифікацію результатів автоматизованого аналізу йдеться в темі 12
Практичне впровадження	Готова модель інтегрується в реальний робочий процес лабораторії чи виробництва (наприклад, як допоміжний інструмент металогРАфа, а не як його повна заміна)

Цей послідовний конвеєр етапів — від збору й розмітки даних до практичного впровадження готової моделі — зберігається принципово однаковим незалежно від конкретної архітектури нейронної мережі чи предметної області застосування, і саме він, а не сама лише математика окремого нейрона, визначає успішність практичного проєкту застосування штучного інтелекту на підприємстві.

Контрольні питання для самоперевірки

- Поняття штучного нейрона, структура найпростішої нейронної мережі.
- Основні типи архітектур нейронних мереж (повнозв'язні, згорткові, рекурентні) та сфери їх застосування.
- Поняття навчання нейронної мережі: навчальна вибірка, функція втрат, зворотне поширення помилки (загальна ідея).
- Поняття перенавчання (overfitting) нейронної мережі та способи його уникнення.
- Приклади застосування нейронних мереж для аналізу матеріалознавчих даних (наприклад, розпізнавання мікроструктур).

Рекомендована література до теми

1. Нейронні мережі. Частина 1. Вступ до нейронних мереж [Електронний ресурс] : навч. матеріали / КПП ім. Ігоря Сікорського. Електронний архів наукових та освітніх матеріалів (ELAKPI). Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/items/687e10fc-bd46-458b-83f8-c34cac3ec5a3>
2. Elements of AI: безкоштовний онлайн-курс з основ штучного інтелекту [Електронний ресурс] / University of Helsinki, Reaktor. Режим доступу: <https://www.elementsofai.com/>
3. Павлиш В. А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.

Тема 10. ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ; ОСНОВИ ПРОМТ-ІНЖИНІРИНГУ

10.1 Поняття генеративного штучного інтелекту та великих мовних моделей

Генеративний штучний інтелект (generative AI) — клас моделей штучного інтелекту, призначених не для класифікації чи прогнозування на основі наявних даних (як більшість прикладів, розглянутих у темах 8 і 9), а для створення нового змістовного контенту — тексту, зображення, програмного коду, звуку — за текстовим чи іншим запитом користувача. Принципову відмінність генеративних моделей від «класифікаційних» (дискримінативних) моделей, розглянутих у попередній темі, узагальнено в таблиці нижче.

Ознака	Дискримінативна модель (тема 9)	Генеративна модель
Типова задача	Класифікувати чи оцінити наявні дані (наприклад, тип мікроструктури на фото)	Створити новий контент (текст, зображення), якого раніше не існувало
Формат результату	Число, категорія, ймовірність	Текст, зображення, код, аудіо тощо

Ознака	Дискримінативна модель (тема 9)	Генеративна модель
Приклад	Мережа, що визначає тип дефекту на зображенні	Модель, що пише текст звіту чи генерує зображення за описом
Рік	Подія	
2017	Публікація архітектури трансформера дослідниками Google — технічної основи практично всіх сучасних великих мовних моделей	
2020	Випуск моделі GPT-3 (OpenAI), що вперше продемонструвала якісно новий рівень зв'язності й універсальності генерованого тексту	
Листопад 2022 р.	Публічний запуск ChatGPT — подія, що зробила великі мовні моделі масовим, загальнодоступним інструментом за межами вузького кола фахівців з IT	
2023–2026 рр.	Швидкий розвиток конкуруючих моделей (Claude, Gemini та інші), поява мультимодальних можливостей і вбудованого пошуку в інтернеті (підрозділ 10.9)	

Найпоширенішим і практично найважливішим для повсякденної навчальної й професійної діяльності класом генеративних моделей сьогодні є великі мовні моделі (LLM, Large Language Model) — моделі, що спеціалізуються на роботі з природною текстовою мовою. В основі більшості сучасних LLM лежить архітектура трансформера, коротко згадана в підрозділі 9.2: модель навчається на величезних обсягах текстів (книги, статті, сторінки інтернету) розв'язувати, по суті, одну просту задачу — передбачити найімовірніше наступне слово (точніше, фрагмент слова — токен) у тексті на основі всього попереднього контексту. Попри позірну простоту цієї задачі, модель, навчена якісно передбачати наступне слово на мільярдах прикладів реального тексту, опосередковано засвоює величезний обсяг фактичних знань, мовних закономірностей і навіть подобу логічних міркувань.

10.2 Загальний принцип роботи великих мовних моделей

Щоб зрозуміти практичні можливості й обмеження великих мовних моделей, корисно розглянути кілька ключових технічних понять, що описують їх роботу.

Токенізація (tokenization) — розбиття вхідного тексту на невеликі фрагменти (токени), якими оперує модель; токеном може бути ціле коротке слово, частина довшого слова чи навіть окремий розділовий знак. Саме послідовність токенів, а не окремі літери чи цілі слова, є базовою одиницею, з якою безпосередньо працює модель.

Контекстне вікно (context window) — максимальний обсяг тексту (вимірюваний у токенах), який модель здатна одночасно «утримувати в увазі» під час формування відповіді, включно з усім попереднім діалогом і завантаженими документами; текст, що виходить за межі контекстного вікна, моделлю фактично не враховується.

Передбачення наступного токена — на кожному кроці генерації тексту модель обчислює ймовірність для кожного можливого наступного токена зі свого словника і обирає (з певним елементом випадковості) один із найімовірніших варіантів, після чого повторює цю саму операцію для наступного токена, і так далі, поки не сформує повну відповідь.

Температура (temperature) — налаштування, що визначає ступінь випадковості вибору наступного токена: за низької температури модель майже завжди обирає найімовірніший варіант (відповіді виходять передбачуваними й одноманітними), а за високої — частіше обирає менш очевидні варіанти (відповіді виходять різноманітнішими, але й менш стабільно точними).

Значення температури	Типовий характер відповіді	Коли доцільно застосовувати
Низька (близько 0)	Стабільна, передбачувана, майже завжди та сама відповідь на той самий запит	Фактичні відповіді, розрахунки, технічна документація — там, де важливіша стабільність, ніж різноманітність
Висока (ближче до 1 і вище)	Різнорманітніша, іноді творчіша, але менш передбачувана й стабільна відповідь	Творчі завдання — мозковий штурм, генерація варіантів ідей, художній текст

Важливо чітко усвідомлювати: модель не «розуміє» зміст у людському сенсі цього слова і не звертається до якоїсь внутрішньої бази перевірених фактів під час формування відповіді — вона щоразу лише передбачає статистично найімовірніше продовження тексту на основі закономірностей, засвоєних під час навчання. Це спостереження є ключем до розуміння обмежень генеративних моделей, докладно розглянутих у підрозділі 10.5.

Спрощений приклад токенизації короткої фрази українською мовою наведено в таблиці нижче — зверніть увагу, що довше чи рідковживане слово («термообробка») модель може розбити на кілька менших токенів, тоді як короткі поширені слова здебільшого відповідають одному токenu.

Вихідний текст	Розбиття на токени (умовний приклад)
Термообробка підвищує твердість сталі	"Термо" + "обробка" + "підвищує" + "твердість" + "сталі"

Модель, зокрема, ніколи не «бачить» текст як цілі слова чи літери — лише як послідовність числових ідентифікаторів токенів, і саме над цією числовою послідовністю виконуються всі обчислення нейронної мережі, розглянуті в темі 9. Варто також зазначити, що сучасні генеративні моделі дедалі частіше є мультимодальними (multimodal) — тобто здатні приймати на вхід і генерувати на виході не лише текст, а й зображення, а іноді й звук, у межах однієї й тієї самої моделі.

10.3 Основні принципи складання ефективного промта (промт-інжиніринг)

Промт (prompt) — текстовий запит, який користувач надає генеративній моделі. Промт-інжиніринг (prompt engineering) — практична навичка формулювання запитів так, щоб отримати від моделі максимально точну, корисну й придатну для подальшого використання відповідь. Оскільки модель не має змоги «перепитати», чого саме бракує в її розумінні задачі (якщо це прямо не передбачено інтерфейсом), якість відповіді значною мірою залежить саме від якості вихідного запиту.

Принцип	Пояснення й приклад
Чіткість і конкретність задачі	Замість «розкажи про сталь» — «поясни вплив вмісту вуглецю на твердість вуглецевої сталі після гартування, у межах 2–3 абзаців»
Надання контексту	Вказати, для кого й для чого призначений результат (наприклад, «поясни як для студента другого курсу», «текст призначений для звіту з практики»)
Призначення ролі моделі	«Виступи в ролі викладача матеріалознавства й поясни...» — допомагає моделі обрати відповідний стиль і рівень деталізації відповіді

Принцип	Пояснення й приклад
Приклади бажаного формату (few-shot)	Наведення одного-двох зразків очікуваної структури відповіді (наприклад, зразка оформлення таблиці) істотно підвищує відповідність результату очікуванням
Покрокове міркування	Прохання «поясни розв'язання крок за кроком» замість вимоги одразу дати готову відповідь підвищує точність моделі в задачах, що вимагають послідовних міркувань
Явна вказівка формату результату	«Подай відповідь у вигляді таблиці з трьома стовпцями» замість очікування, що модель сама здогадається про бажаний формат
Ітеративне уточнення	Якщо перша відповідь неточна чи неповна — не формулювати запит заново «з нуля», а уточнити чи скоригувати попередній запит у тому самому діалозі

Розглянемо конкретний приклад: слабко сформульований запит «напиши про термообробку» дасть загальну, малокорисну відповідь довільного обсягу й рівня складності. Натомість запит «Поясни, як інженеру-початківцю, різницю між відпалом і нормалізацією сталі 45 з точки зору мікроструктури й твердості; відповідь — не більше 150 слів, у вигляді порівняльної таблиці» одразу задає тему, аудиторію, критерій порівняння, обсяг і формат — і, як наслідок, дає значно точнішу й одразу придатну до використання відповідь.

10.4 Типові сфери застосування генеративного штучного інтелекту у навчанні та професійній діяльності

Генеративний штучний інтелект, і насамперед великі мовні моделі, дедалі активніше застосовується в навчальній і науково-інженерній діяльності — щоправда, здебільшого як допоміжний інструмент, а не самостійне джерело остаточних рішень.

Сфера застосування	Приклад використання
Підготовка чернеток текстів	Формування первинної структури звіту з практики, пояснювальної записки чи наукової доповіді з подальшим редагуванням і перевіркою фахівцем
Пояснення складних понять	Отримання спрощеного пояснення теми, зрозумілого для конкретного рівня підготовки, з можливістю уточнювальних запитань
Допомога з програмуванням	Генерація й пояснення фрагментів коду (наприклад, для обробки експериментальних даних) з обов'язковою подальшою перевіркою коректності
Переклад і редагування текстів	Переклад технічних текстів іноземною мовою для наукових публікацій та стилістичне редагування власного тексту
Мозковий штурм і структурування ідей	Отримання варіантів структури дослідження, переліку можливих аспектів теми для подальшого самостійного опрацювання
Створення зображень і графіки	Генерація ілюстрацій для навчальних презентацій (з увагою до питань, розглянутих у підрозділі 10.6)

У жодному з наведених прикладів результат роботи генеративної моделі не варто використовувати без критичної перевірки: модель є інструментом пришвидшення чорнової роботи, а відповідальність за остаточний зміст, коректність і достовірність результату завжди залишається за людиною, яка цей результат використовує.

Розглянемо конкретний приклад із практики підготовки звіту з лабораторної роботи: студент завантажує моделі власну таблицю результатів вимірювання твердості зразків після різних режимів термічної обробки й формулює запит: «На основі цих даних сформулюй

чорновий варіант розділу «Аналіз результатів» звіту з лабораторної роботи з матеріалознавства, обсягом близько одного абзаца, українською мовою, без остаточних висновків — лише опис виявленої тенденції». Отриманий чорновий текст студент після цього самостійно перевіряє на відповідність фактичним числам у таблиці, доповнює власним аналізом причин виявленої тенденції та редагує стиль викладу відповідно до вимог ДСТУ 3008 (тема 2) — тобто використовує модель для пришвидшення формулювання чорнового тексту, а не для повної заміни власного аналізу результатів.

10.5 Обмеження генеративних мовних моделей

Розуміння принципу роботи мовної моделі, розглянутого в підрозділі 10.2 (передбачення найімовірнішого продовження тексту, а не звернення до перевіреної бази фактів), безпосередньо пояснює походження головних практичних обмежень таких моделей.

Явище «галюцинацій» (hallucinations) — ситуація, за якої модель впевнено й переконливо формулює твердження, що звучить цілком правдоподібно, але фактично є неправильним чи повністю вигаданим — наприклад, наводить неіснуючу назву наукової статті з правдоподібними, але вигаданими прізвищами авторів і роком видання. Це трапляється тому, що модель генерує текст, ґрунтуючись на статистичній подібності до реальних текстів у навчальних даних, а не на фактичній перевірці правильності твердження.

Ситуація	Приклад
Запит студента	«Наведи наукову статтю про вплив мікролегування бором на прожарюваність сталі»
Галюцинована (вигадана) відповідь моделі	Модель впевнено наводить конкретну назву статті, прізвища авторів, назву журналу й рік видання — оформлені бездоганно за стилем, але за перевірки в Google Scholar чи Scopus (тема 5) така стаття не знаходиться: вона повністю вигадана моделлю
Правильна дія користувача	Перевірити наведене посилання в наукометричній базі даних (підрозділ 5.2) перед тим, як використати його у власній роботі; якщо джерело не підтверджується — не використовувати його

Застарілість навчальних даних — будь-яка мовна модель навчена на масиві текстів, зібраному до певної фіксованої дати (дати «зрізу знань»); про події, дані чи публікації, що з'явилися після цієї дати, базова модель не має жодної інформації, якщо не використовує окремий інструмент пошуку в інтернеті.

Відсутність справжнього розуміння й логічного виведення — у складних багатокрокових задачах (зокрема, у нетривіальних інженерних розрахунках) модель може допускати логічні помилки, які людина, яка справді розуміє предмет, зазвичай одразу помітила б.

Залежність від якості й формулювання запиту — нечітко сформульований запит (підрозділ 10.3) з високою ймовірністю призводить до неточної чи неповної відповіді, навіть якщо модель у принципі здатна дати якісну відповідь на добре сформульоване запитання.

Практичний висновок: будь-яке фактичне твердження, число, посилання на джерело чи розрахунок, отримані від генеративної моделі, перед використанням у навчальній чи професійній роботі потребують незалежної перевірки — за допомогою надійних джерел,

розглянутих у темі 5, або шляхом самостійного розрахунку; загальні принципи такої верифікації результатів автоматизованих засобів детально розглядаються далі в темі 12.

10.6 Етичні аспекти використання генеративного штучного інтелекту у навчанні та професійній діяльності

Широка доступність потужних генеративних моделей ставить перед академічною спільнотою й перед кожним окремим студентом і фахівцем низку етичних питань, які не варто ігнорувати заради швидкості отримання результату.

Основні етичні аспекти застосування генеративного ШІ:

- академічна доброчесність — видавання тексту, повністю згенерованого моделлю, за власну самостійну роботу без будь-якого зазначення факту використання ШІ є формою академічної нечесності, суміжною з академічним плагіатом, розглянутим у темі 5;
- прозорість (transparency) — там, де це вимагається правилами закладу освіти чи видавця, варто чітко зазначати факт і характер використання генеративного ШІ під час підготовки роботи;
- упередженість (bias) — модель, навчена на масиві реальних текстів з інтернету, може відтворювати наявні в цих текстах стереотипи чи однобічні погляди, тому відповіді моделі на дискусійні питання не варто сприймати як об'єктивну істину в останній інстанції;
- питання авторського права — згенеровані зображення чи тексти можуть відтворювати елементи стилю чи навіть фрагменти захищених авторським правом творів, на яких модель була навчена, що створює юридичну невизначеність щодо статусу такого контенту;
- збереження конфіденційності даних — не варто передавати генеративній моделі через загальнодоступний інтерфейс конфіденційні дані підприємства, персональні дані інших осіб чи ще не опубліковані результати досліджень, оскільки умови обробки таких даних постачальником сервісу можуть бути незрозумілими чи не вигідними для користувача (пор. підрозділ 6.5 про конфіденційність у хмарних сервісах).

Відповідальність за остаточний зміст роботи, коректність розрахунків і дотримання норм академічної доброчесності завжди залишається на людині, яка використовує генеративний інструмент, а не переноситься на сам інструмент — ця теза докладніше розвивається в темі 13, присвяченій обмеженням застосування ШІ й відповідальності фахівця.

Практичний приклад належного розкриття факту використання генеративного ШІ в навчальній роботі (конкретне формулювання варто узгоджувати з вимогами відповідного закладу освіти чи наукового керівника): «Для формування чорнового варіанта розділу 3.2 та перевірки орфографії тексту роботи використано мовну модель [назва моделі, версія]; усі фактичні дані, розрахунки та висновки перевірено й доповнено автором самостійно». Такий короткий підпис одразу знімає питання про приховане використання ШІ й водночас чітко зазначає межу, до якої зберігається особиста відповідальність автора роботи за викладений зміст.

10.7 Приклади сучасних генеративних систем

На сьогодні на ринку представлено кілька провідних сімейств генеративних моделей, що відрізняються постачальником і типом контенту, який вони створюють.

Система	Постачальник	Тип контенту
ChatGPT (сімейство GPT)	OpenAI	Текст, зображення, код
Claude	Anthropic	Текст, код, аналіз документів
Gemini	Google	Текст, зображення, інтеграція з іншими сервісами Google
Midjourney / DALL·E	Midjourney Inc. / OpenAI	Зображення за текстовим описом
GitHub Copilot	GitHub / Microsoft / OpenAI	Програмний код (автодоповнення й генерація коду в редакторі)

Попри відмінності конкретних постачальників і торговельних назв, усі перелічені текстові системи ґрунтуються на тій самій загальній архітектурі трансформера й тому мають однакову природу описаних у підрозділі 10.5 обмежень — жодна з них не є застрахованою від «галюцинацій» чи застарілості знань.

Окремо варто згадати про поділ моделей на власницькі (proprietary) — доступні лише через інтерфейс чи програмний інтерфейс конкретного постачальника, внутрішній устрій яких зазвичай не розкривається публічно, — та моделі з відкритим кодом (open-source, наприклад, сімейство Llama компанії Meta чи модель DeepSeek), вихідний код і (частково) навчені ваги яких є у вільному доступі й можуть запускатися дослідницькими установами чи підприємствами на власному обладнанні, без передачі даних стороннім хмарним постачальникам. Такий вибір особливо актуальний саме з міркувань конфіденційності даних, розглянутих у підрозділі 10.6 та в темі 6.

Практичний критерій вибору конкретного інструмента для навчальної чи дослідницької роботи — не маркетингова назва моделі, а конкретні прикладні характеристики, узагальнені в таблиці нижче.

Практична характеристика	Чому це важливо на практиці
Розмір контекстного вікна (підрозділ 10.2)	Визначає, наскільки великий документ (наприклад, черновик кваліфікаційної роботи) модель здатна опрацювати одночасно, не «забуваючи» початок тексту
Наявність вбудованого пошуку в інтернеті (підрозділ 10.9)	Знижує ризик застарілості інформації та полегшує перевірку джерел безпосередньо в діалозі
Умови обробки даних користувача	Визначає, чи можна безпечно завантажувати модель конфіденційні чи ще не опубліковані матеріали (підрозділ 10.6)
Підтримка мультимодального введення	Дає змогу завантажувати й аналізувати зображення (наприклад, фото мікроструктури) чи документи, а не лише текстові запити

10.8 Практичні поради для ефективного та відповідального використання генеративного ШІ

Підсумовуючи розглянуті в цій темі принципи, сформулюємо коротку практичну пам'ятку для студента, що використовує генеративний штучний інтелект у навчальній діяльності.

Перед використанням відповіди:

- чітко сформулювати задачу, контекст і бажаний формат відповіді (підрозділ 10.3), а не задовольнятися першою чорною відповіддю на розмитий запит;
- за потреби уточнити чи скоригувати запит у тому самому діалозі, а не формувати його заново з нуля.

Після отримання відповіді:

- перевірити кожен наведений факт, число, назву джерела чи розрахунок за допомогою надійних джерел (тема 5) — жодного фактичного твердження не приймати на віру лише тому, що воно звучить впевнено й переконливо;
- критично оцінити відповідь на предмет логічної узгодженості, а не лише зовнішньої переконливості формулювань;
- дотримуватися вимог щодо прозорості використання ШІ, встановлених закладом освіти чи науковим керівником, і не видавати згенерований текст за повністю самостійну роботу;
- не передавати моделі конфіденційні дані, персональні дані інших осіб чи неопубліковані результати досліджень через загальнодоступний інтерфейс.

Дотримання цих простих правил дає змогу отримати реальну практичну користь від генеративного штучного інтелекту як інструмента пришвидшення роботи, одночасно уникаючи головних ризиків його необдуманого застосування, розглянутих у підрозділах 10.5 і 10.6.

10.9 Часткове подолання застарілості даних: пошук в інтернеті та доповнення знань моделі

Обмеження, пов'язане із застарілістю навчальних даних (підрозділ 10.5), останніми роками частково долається завдяки поєднанню великої мовної моделі з окремим інструментом пошуку актуальної інформації в інтернеті: багато сучасних інтерфейсів (включно з популярними мовними моделями) можуть за потреби самостійно виконати пошуковий запит (аналогічний розглянутим у темі 5) і використати знайдені актуальні сторінки як додаткове джерело при формуванні відповіді, а не покладатися виключно на «заморожені» на певну дату знання, засвоєні під час навчання.

Такий підхід у професійній літературі називають доповненою генерацією на основі пошуку (RAG, Retrieval-Augmented Generation): перед формуванням відповіді система спочатку «здобуває» (retrieval) релевантні актуальні документи, а вже потім модель формує (generation) відповідь на основі як внутрішніх знань, так і щойно знайденого матеріалу. Такий режим суттєво знижує (хоча й не усуває повністю) ризик як застарілості інформації, так і «галюцинацій» щодо конкретних фактів, оскільки відповідь спирається на реально знайдені джерела, які, крім того, часто наводяться моделлю у вигляді прямих посилань для самостійної перевірки користувачем — що прямо перегукується з вимогою критичної перевірки джерел, розглянутою в темі 5.

Утім, навіть за використання пошуку в інтернеті відповідальність за остаточну перевірку достовірності знайденої й узагальненої моделлю інформації, як і раніше, залишається за

користувачем — режим пошуку суттєво знижує, але не усуває повністю жодне з обмежень, розглянутих у підрозділі 10.5.

Крім того, якість режиму пошуку в інтернеті прямо залежить від того, наскільки вдало сформульовано сам пошуковий запит, — тобто від тих самих принципів формулювання ефективних запитів, розглянутих ще в темі 5 стосовно звичайних пошукових систем: розмитий чи занадто загальний запит користувача до мовної моделі призводить до розмитого й малокорисного внутрішнього пошукового запиту, а отже — до менш релевантних знайдених джерел і, зрештою, менш точної відповіді. Таким чином, навичка грамотного формулювання запитів, розглянута в підрозділі 10.3, залишається важливою не лише для самого діалогу з моделлю, а й опосередковано впливає на якість пошуку, який ця модель виконує від імені користувача.

10.10 Підсумок: генеративний штучний інтелект як інструмент, а не заміна фахівця

Ця тема завершує розгляд основ штучного інтелекту, розпочатий у темі 8 (загальні поняття й напрями застосування) і продовжений у темі 9 (нейронні мережі як технічна основа сучасних моделей). Головна думка, спільна для всіх трьох тем, полягає в тому, що штучний інтелект — потужний, але не самодостатній інструмент: якість його результату прямо залежить від якості вхідних даних чи запиту (підрозділ 10.3), а відповідальність за остаточне рішення на основі цього результату завжди залишається за людиною-фахівцем.

Коротке резюме ключових практичних правил цієї теми:

- формулювати запит до генеративної моделі так само уважно, як формулювався б пошуковий запит (тема 5) — конкретно, з контекстом і бажаним форматом відповіді;
- розглядати відповідь моделі як чорновий матеріал для подальшої самостійної перевірки, а не як готовий, самодостатній результат;
- завжди перевіряти фактичні твердження, числа й посилання на джерела, отримані від моделі, незалежно від того, наскільки впевнено й переконливо вони сформульовані;
- дотримуватися прозорості та вимог академічної доброчесності при використанні генеративного ШІ в навчальних роботах.

Ці ж принципи критичної перевірки результатів автоматизованих засобів — уже не лише генеративних мовних моделей, а й прогностичних моделей і будь-яких інших автоматизованих обчислень — детальніше й системніше розглядаються далі, у темі 12, присвяченій верифікації результатів.

Контрольні питання для самоперевірки

- Поняття генеративного штучного інтелекту, загальний принцип роботи великих мовних моделей (LLM).
- Основні принципи складання ефективного промта (запиту) для мовної моделі.
- Типові сфери застосування генеративного штучного інтелекту у навчальній та професійній діяльності.

- Обмеження генеративних мовних моделей: явище «галюцинацій», застарілість навчальних даних.
- Етичні аспекти використання генеративного штучного інтелекту у навчанні та професійній діяльності.

Рекомендована література до теми

1. Від початківця до експерта в ШІ: онлайн-курс [Електронний ресурс] / Prometheus. Режим доступу: <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/ai-expert/>
2. Elements of AI: безкоштовний онлайн-курс з основ штучного інтелекту [Електронний ресурс] / University of Helsinki, Reaktor. Режим доступу: <https://www.elementsofai.com/>
3. Павлиш В. А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.

Тема 11. АНАЛІЗ ДАНИХ; ПОБУДОВА ПРОГНОСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ШІ

11.1 Основні етапи процесу аналізу даних

Побудова будь-якої прогностичної моделі, зокрема на основі методів штучного інтелекту, розглянутих у темах 8–10, є лише завершальним етапом значно ширшого процесу аналізу даних. Досвід показує, що найбільше часу в реальному проєкті аналізу даних витрачається не на власне навчання моделі, а на попередні етапи підготовки даних, якими часто нехтують початківці.

Етап	Зміст
Збір даних (data collection)	Отримання вихідних даних із першоджерела: результатів лабораторних випробувань, показників давачів технологічного процесу, архівів виробничих звітів
Очищення даних (data cleaning)	Виявлення й виправлення (чи вилучення) помилкових, пропущених, дублікатних або явно аномальних значень у зібраному наборі даних
Аналіз даних (data analysis)	Пошук закономірностей, взаємозв'язків і тенденцій у даних — від найпростішого описового аналізу засобами Excel (теми 3–4) до побудови прогностичної моделі методами штучного інтелекту (підрозділ 11.4)
Інтерпретація результатів (interpretation)	Змістовне тлумачення отриманих числових результатів мовою предметної області (матеріалознавства), формулювання практичних висновків і рекомендацій

Розглянемо детальніше найтрудомісткіший етап — очищення даних — на прикладі типових проблем, що трапляються в реальних експериментальних наборах матеріалознавчих даних.

Типова проблема даних	Приклад і спосіб виправлення
Пропущені значення	У частині записів не вказано температуру гартування через збій запису показань давача; пропуск заповнюється середнім/медіанним значенням або запис вилучається з вибірки
Дублікати записів	Той самий результат випробування випадково внесено до таблиці двічі через помилку копіювання; дублікат видаляється
Явні викиди (outliers)	Значення твердості 950 HRC для сталі (фізично неможливе значення) — очевидна помилка вимірювання чи внесення даних, яку варто виправити або вилучити

Типова проблема даних	Приклад і спосіб виправлення
Неузгоджені одиниці виміру чи формат запису	Частина значень температури внесена в градусах Цельсія, частина — помилково в Кельвінах; значення часу витримки записані як текст замість числа

Ці чотири етапи рідко проходять строго послідовно, «раз і назавжди»: виявлення проблеми на етапі аналізу (наприклад, підозріло низька якість прогнозу) часто змушує повернутися до етапу очищення даних чи навіть до збору додаткових даних — тобто реальний процес аналізу даних є ітеративним, а не лінійним. Особливо трудомістким на практиці є саме етап очищення даних: для реальних експериментальних наборів матеріалознавчих даних (результатів випробувань, показників давачів) частка часу проєкту, витрачена на очищення даних, за оцінками фахівців нерідко перевищує половину загального часу проєкту.

11.2 Поняття прогностичної моделі та її відмінність від описової статистики

Аналіз даних, розглянутих у попередньому підрозділі, можна умовно поділити на три рівні за зростанням складності й практичної цінності отримуваного результату.

Тип аналізу	Питання, на яке відповідає	Приклад у матеріалознавстві
Описовий (descriptive)	Що відбулося? Який стан даних наразі?	Середня твердість партії зразків, розкид вимірених значень міцності
Прогностичний / предиктивний (predictive)	Що, найімовірніше, станеться (чи яким буде значення) за нових умов?	Прогнозована твердість сплаву нового складу, який ще не випробувано практично
Приписувальний (prescriptive)	Що варто зробити, щоб досягти бажаного результату?	Рекомендований режим термічної обробки для досягнення заданої твердості (згадується побіжно, детально не розглядається в цій темі)

Ключова відмінність прогностичної моделі від звичайної описової статистики (розглянутої в темі 3 стосовно функцій Excel) полягає в спрямованості у часі й призначенні: описова статистика узагальнює вже наявні, отримані експериментально дані (наприклад, обчислює середнє значення й стандартне відхилення твердості випробуваних зразків), тоді як прогностична модель, навчена на цих самих історичних даних, використовується для оцінки значення показника в ситуації, для якої фактичних даних ще не існує, — наприклад, для складу сплаву, який іще не було виготовлено й випробувано практично. Прогностична модель у цьому сенсі є практичним застосуванням машинного навчання (тема 8) до задачі передбачення числового значення на основі вхідних характеристик.

11.3 Залежна та незалежні змінні у задачі прогнозування

Будь-яка задача побудови прогностичної моделі формулюється в термінах змінних — вимірюваних величин, які беруть участь у задачі.

Залежна змінна (dependent variable) — величина, значення якої модель прогнозує; це те, що власне цікавить дослідника як результат (наприклад, твердість сплаву після термічної обробки). Залежну змінну також називають цільовою змінною (target variable) або відгуком.

Незалежні (вхідні) змінні (independent variables) — величини, на основі яких модель формує прогноз залежної змінної; це вхідні характеристики, відомі заздалегідь (наприклад,

хімічний склад сплаву, температура й тривалість витримки при термічній обробці). Незалежні змінні також називають ознаками (features) чи предикторами.

Розглянемо конкретний приклад формулювання задачі прогнозування для типової матеріалознавчої проблеми.

Роль змінної	Приклад для задачі «прогноз твердості сталі»
Залежна (цільова) змінна	Твердість сталі після термічної обробки, HRC
Незалежні змінні (ознаки)	Вміст вуглецю, %; вміст марганцю, %; температура гартування, °C; час витримки, хв; швидкість охолодження, °C/с

Найпростішим окремим випадком побудови прогностичної моделі є проста лінійна регресія — залежність цільової змінної лише від однієї незалежної змінної, з якою студенти вже практично ознайомилися в темі 4 на прикладі побудови лінії тренду в Excel. Реальні матеріалознавчі задачі, однак, здебільшого включають одночасно кілька (іноді десятки) незалежних змінних — таку задачу називають множинною регресією, і саме для розв'язання таких багатовимірних задач найчастіше застосовують методи машинного навчання й нейронні мережі, розглянуті в темі 9, а не прості формули Excel.

11.3.1 Поширені типи алгоритмів побудови прогностичних моделей

No-code платформи, розглянуті в підрозділі 11.4, під капотом здебільшого пропонують вибір (або автоматично підбирають) один із кількох поширених типів алгоритмів прогнозування, коротка характеристика яких наведена нижче.

Тип алгоритму	Коротка характеристика
Лінійна регресія	Найпростіший алгоритм: шукає залежність цільової змінної від незалежних змінних у вигляді лінійної формули; добре працює, якщо залежність справді близька до лінійної
Дерево рішень (decision tree)	Розбиває дані на групи послідовністю простих умов («якщо вміст вуглецю > 0,4 %, то ...»); результат легко інтерпретувати, оскільки правило прийняття рішення можна прочитати безпосередньо
Випадковий ліс (random forest)	Комбінує прогнози великої кількості дерев рішень, зазвичай точніший за одне дерево, ціною гіршої інтерпретованості результату
Нейронна мережа (тема 9)	Здатна виявляти найскладніші нелінійні залежності за наявності достатнього обсягу навчальних даних, але потребує більше даних і обчислювальних ресурсів за прості методи

Практична порада для інженера-початківця: no-code платформи (підрозділ 11.4) здебільшого дають змогу автоматично порівняти кілька таких алгоритмів на власних даних і обрати найточніший за показниками якості, розглянутими в підрозділі 11.5, без потреби самостійно розбиратися в математичних деталях кожного алгоритму заздалегідь.

11.4 No-code та low-code інструменти для побудови прогностичних моделей

Побудова прогностичної моделі не обов'язково вимагає програмування мовою Python чи глибокого знання математичного апарату нейронних мереж (тема 9). Для інженера, який не спеціалізується на розробці систем штучного інтелекту, практичнішим стартовим інструментом є no-code та low-code платформи — візуальні інструменти, що дають змогу

побудувати й навчити прогностичну модель через графічний інтерфейс, без написання програмного коду або з мінімальною його кількістю.

Інструмент	Коротка характеристика
Вбудовані інструменти Excel (лінія тренду, функція ПРОГНОЗ/FORECAST)	Найпростіший, уже знайомий за темою 4 інструмент побудови найпростіших (переважно однофакторних) прогностичних залежностей без встановлення додаткового програмного забезпечення
Orange Data Mining	Безкоштовна візуальна платформа, у якій модель аналізу даних будується з'єднанням готових графічних блоків (завантаження даних, очищення, модель, оцінка) без написання коду
Google Teachable Machine	Простий онлайн-інструмент для навчання моделі класифікації зображень чи звуків у браузері (докладніше згадувався в темі 9) — практичний перший крок для найпростіших задач
Хмарні no-code/low-code платформи машинного навчання (наприклад, Microsoft Azure ML Studio, Google AutoML)	Комерційні хмарні сервіси (модель SaaS, тема 6), що автоматизують більшість етапів побудови моделі — від завантаження даних до оцінки якості — через візуальний інтерфейс чи мінімальний код

Типовий робочий процес роботи в no-code платформі повторює загальну структуру, розглянуту в підрозділі 11.1: користувач завантажує підготовлений набір даних (як правило, у форматі таблиці Excel чи CSV), вказує, яка колонка є залежною змінною, а які — незалежними (підрозділ 11.3), обирає (чи дозволяє платформі автоматично підібрати) тип моделі, запускає навчання й отримує звіт про якість отриманої моделі за показниками, розглянутими в підрозділі 11.5 — усе це без написання жодного рядка коду.

11.5 Показники оцінки якості прогностичної моделі

Після побудови прогностичної моделі принципово важливо кількісно оцінити, наскільки точними є її прогнози, перш ніж застосовувати модель на практиці. Для цього модель перевіряють на тестовій вибірці (поняття, розглянуте в темі 9) — на даних, які не використовувалися під час навчання моделі, — порівнюючи прогнозовані моделлю значення з фактично виміряними.

Показник	Що показує
Середня абсолютна похибка (MAE, Mean Absolute Error)	Середнє абсолютне відхилення прогнозу від фактичного значення, у тих самих одиницях вимірювання, що й цільова змінна (наприклад, у HRC)
Середньоквадратична похибка (RMSE, Root Mean Square Error)	Подібна до MAE, але сильніше «штрафує» великі поодинокі відхилення прогнозу від факту; також вимірюється в одиницях цільової змінної
Коефіцієнт детермінації (R^2 , R-squared)	Частка загальної мінливості (розкиду) фактичних значень цільової змінної, яку пояснює модель; змінюється в межах від 0 до 1 (іноді виражається у відсотках)

Коефіцієнт детермінації R^2 заслуговує на окреме пояснення, оскільки саме він найчастіше згадується в науковій і технічній літературі як узагальнена оцінка якості моделі. Значення $R^2 = 1$ означає, що модель ідеально (без жодної похибки) пояснює всю мінливість фактичних даних; значення $R^2 = 0$ означає, що модель за якістю прогнозу еквівалентна найпростішому «прогнозу» середнім значенням цільової змінної, тобто фактично не враховує вхідні змінні взагалі. Значення, близькі до 0,9 і вище, зазвичай вважаються ознакою дуже хорошої відповідності моделі даним, тоді як значення нижче 0,5 зазвичай свідчать про те, що обрані незалежні змінні недостатньо пояснюють поведінку цільової змінної (чи модель обрана невдало).

Розглянемо, як показник MAE обчислюється безпосередньо на невеликому прикладі з п'яти тестових зразків, для яких відомі як фактично виміряні, так і спрогнозовані моделлю значення твердості.

Зразок	Фактична твердість, HRC	Прогноз моделі, HRC	Абсолютна похибка, HRC
1	45,0	43,5	1,5
2	50,2	51,0	0,8
3	38,7	36,9	1,8
4	42,1	44,0	1,9
5	47,5	47,3	0,2

Середня абсолютна похибка (MAE) обчислюється як середнє арифметичне значень в останньому стовпці: $MAE = (1,5 + 0,8 + 1,8 + 1,9 + 0,2) / 5 = 6,2 / 5 = 1,24$ HRC. Це означає, що в середньому прогноз моделі відхиляється від фактично виміряного значення твердості приблизно на 1,24 одиниці HRC — величину, яку інженер може безпосередньо зіставити з допуском на твердість, установленим технічними умовами на конкретний виріб, і зробити висновок про практичну придатність моделі для цієї задачі.

Умовний приклад повного результату оцінки якості моделі прогнозування твердості сталі на тестовій вибірці (уже на повній тестовій вибірці, а не лише на п'яти наведених зразках) наведено в таблиці нижче.

Показник	Значення (умовний приклад)
MAE	1,8 HRC
RMSE	2,4 HRC
R ²	0,93
Висновок	Модель пояснює 93 % мінливості твердості в тестовій вибірці; середня похибка прогнозу — близько 1,8 одиниці HRC, що для практичних інженерних цілей є прийнятним результатом

11.6 Наскрізний приклад побудови прогностичної моделі властивостей сплаву

Об'єднаємо етапи, розглянуті в попередніх підрозділах цієї теми, у єдиний наскрізний приклад, близький до реальної практики матеріалознавчої лабораторії: побудову моделі прогнозування твердості сталі за хімічним складом і параметрами термічної обробки.

Крок	Дія в межах наскрізного прикладу
1. Збір даних	Зібрано архів результатів 400 лабораторних випробувань зразків сталі різного складу з відомими режимами термічної обробки й виміряною твердістю (підрозділ 11.1)
2. Очищення даних	Виявлено й видалено 12 записів із явно помилковими (фізично неможливими) значеннями твердості, заповнено кілька пропущених значень температури середнім значенням по вибірці
3. Визначення змінних	Цільова змінна — твердість, HRC; незалежні змінні — вміст вуглецю й марганцю, температура гартування, час витримки, швидкість охолодження (підрозділ 11.3)
4. Побудова моделі	У no-code платформі (підрозділ 11.4) завантажено підготовлену таблицю даних, вказано цільову й незалежні змінні, запущено автоматичний підбір моделі
5. Оцінка якості	Отримано $R^2 = 0,93$ на тестовій вибірці (підрозділ 11.5) — модель визнано придатною для практичного попереднього оцінювання твердості нових складів сплаву

Крок	Дія в межах наскрізного прикладу
6. Інтерпретація й застосування	Модель використовується інженером-технологом для попередньої оцінки очікуваної твердості нового складу сплаву перед плануванням дорогого й тривалого натурального випробування

Важливо підкреслити: навіть за такого високого показника R^2 отримана модель не замінює остаточного натурального випробування відповідального виробу — вона слугує інструментом попереднього, швидкого й недорогого відсіювання завідомо неперспективних варіантів складу сплаву перед проведенням дорожчих натурних випробувань обмеженої кількості найперспективніших кандидатів. Питання про те, наскільки можна довіряти конкретному результату автоматизованої моделі в кожному окремому випадку, детальніше розглядається в наступній темі 12, присвяченій верифікації результатів.

11.7 Практичні застереження при побудові й використанні прогностичних моделей

На завершення теми варто узагальнити кілька практичних застережень, які особливо часто ігнорують початківці під час перших самостійних спроб побудови прогностичних моделей.

Практичні застереження:

- малий обсяг навчальних даних — модель, навчена на кількох десятках прикладів, здебільшого дає ненадійний прогноз поза вузьким діапазоном значень, представлених у навчальних даних (див. також підрозділ 9.4 про перенавчання);
- екстраполяція за межі навчальних даних — прогноз для комбінації вхідних значень, що суттєво виходить за межі діапазону, представленого в навчальних даних, апріорі менш надійний, ніж прогноз усередині цього діапазону;
- кореляція не означає причинно-наслідковий зв'язок — виявлений моделлю статистичний взаємозв'язок між змінними не обов'язково означає, що одна змінна фізично спричиняє зміну іншої;
- якість вхідних даних визначає якість прогнозу — модель, навчена на неякісно очищених чи неправильно виміряних даних (підрозділ 11.1), дасть системно неточний прогноз незалежно від складності обраного алгоритму;
- жоден показник якості (підрозділ 11.5) не звільняє від необхідності змістовної, фахової інтерпретації результату — високий R^2 підтверджує статистичну відповідність моделі даним, але не гарантує фізичної обґрунтованості отриманої закономірності.

Контрольні питання для самоперевірки

- Основні етапи процесу аналізу даних: збір, очищення, аналіз, інтерпретація результатів.
- Поняття прогностичної (предиктивної) моделі, її відмінність від описової статистики.
- No-code та low-code інструменти для побудови прогностичних моделей на основі штучного інтелекту.
- Поняття залежної та незалежних (вхідних) змінних у задачі прогнозування.

- Показники оцінки якості прогностичної моделі (похибка прогнозу, коефіцієнт детермінації).

Рекомендована література до теми

1. Павлиш В. А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.
2. Бишевец Н. Г., Омецинська Н. В., Юсипів Т. В. Теорія ймовірностей та математична статистика з використанням табличного процесора MS EXCEL : навчальний посібник. Одеса : Гельветика, 2021. 233 с.
3. Від початківця до експерта в ШІ: онлайн-курс [Електронний ресурс] / Prometheus. Режим доступу: <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/ai-expert/>

Тема 12. ВЕРИФІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ; ОЦІНКА КОРЕКТНОСТІ РОЗРАХУНКІВ І ВИСНОВКІВ

Ця тема прямо продовжує наскрізну лінію, яка супроводжувала практично кожен попередню тему другого змістового модуля: результат роботи будь-якого автоматизованого засобу — від формули Excel (теми 3–4) до прогностичної моделі (тема 11) чи генеративної мовної моделі (тема 10) — потребує критичної перевірки перед практичним використанням. Ця тема систематизує загальні принципи такої перевірки в єдину методологію, придатну для застосування до автоматизованого результату будь-якого походження.

12.1 Поняття верифікації та валідації результатів обчислень

У технічній і науковій літературі прийнято розрізняти два споріднені, але не тотожні поняття — верифікацію та валідацію, — які часто плутають у повсякденній мові, хоча вони відповідають на принципово різні запитання.

Верифікація (verification) відповідає на запитання «чи правильно ми розв'язали задачу так, як вона була сформульована?» — тобто перевіряє внутрішню коректність обчислень: чи немає помилок у формулах, чи правильно запрограмовано алгоритм, чи відповідає отриманий результат вихідним рівнянням і вхідним даним, незалежно від того, наскільки сама постановка задачі відповідає реальності.

Валідація (validation) відповідає на принципово інше запитання — «чи правильну задачу ми взагалі розв'язували?» — тобто перевіряє відповідність обраної моделі й постановки задачі реальному фізичному явищу: чи адекватно модель описує реальний процес, чи узгоджується її результат із фактичними експериментальними даними.

Наочно різницю між цими поняттями ілюструє простий приклад: якщо в програмі для розрахунку твердості сплаву за хімічним складом допущено помилку у формулі (переплутано знак доданка), то верифікація виявить цю помилку незалежно від того, наскільки правильно вихідна формула описує фізику процесу. І навпаки: якщо формула запрограмована абсолютно правильно, але сама вихідна формула є фізично неадекватною чи застосованою поза межами своєї застосовності (наприклад, виведеною для іншого класу сплавів), то верифікація нічого не виявить — модель «правильно обчислює неправильну

річ», і саме виявити це поклика на валідація, зокрема шляхом порівняння з реальними експериментальними вимірюваннями.

Розглянемо конкретний числовий приклад, що ілюструє саме верифікацію: у формулі Excel для розрахунку маси заготовки за об'ємом і густиною матеріалу випадково переплутано порядок множників у діапазоні комірок.

Крок	Дія
Вихідні дані	Об'єм заготовки $V = 0,002 \text{ м}^3$; густина сталі $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$
Очікуваний результат (ручний розрахунок)	$m = V \cdot \rho = 0,002 \cdot 7850 = 15,7 \text{ кг}$
Результат формули Excel	12,4 кг (формула помилково посилається на сусідню комірку з густиною чавуну, а не сталі)
Висновок верифікації	Розбіжність між ручним розрахунком і результатом формули однозначно вказує на технічну помилку у формулі (неправильне посилання на комірку) — саме таку помилку й поклика на виявити верифікація

Показово, що сама формула розрахунку маси ($m = V \cdot \rho$) є фізично абсолютно правильною — це підтвердила б валідація; помилка тут суто технічна, у конкретному посиланні на комірку, і саме така помилка є типовим об'єктом верифікації, а не валідації.

Ознака	Верифікація	Валідація
Ключове запитання	«Чи правильно ми розв'язуємо рівняння?»	«Чи правильні рівняння ми розв'язуємо?»
Що перевіряється	Внутрішня коректність обчислень і коду	Відповідність моделі реальному явищу
Типовий спосіб перевірки	Ручний перерахунок, перевірка на тестових прикладах з відомою відповіддю	Порівняння результату з незалежними експериментальними даними

12.2 Основні джерела похибок при використанні автоматизованих засобів аналізу даних

Щоб ефективно перевіряти результат, корисно розуміти, звідки взагалі беруться похибки й помилки в автоматизованих обчисленнях — джерела похибок систематизовано в таблиці нижче.

Джерело похибки	Приклад
Похибки вхідних даних	Помилка вимірювання твердості зразка, описки при внесенні хімічного складу в таблицю (пор. підрозділ 11.1 про очищення даних)
Похибки моделі чи алгоритму	Формула чи модель побудована на спрощених припущеннях, які не повністю відповідають реальним умовам (наприклад, лінійна модель застосована до принципово нелінійної залежності)
Похибки округлення й обчислень	Накопичення похибок округлення при багатьох послідовних обчисленнях; помилка в межах округлення формату комірки Excel (пор. підрозділ 3.7)
Застосування поза межами застосовності	Використання моделі, навченої на сталях, для прогнозування властивостей сплавів кольорових металів — тобто екстраполяція поза межі навчальних даних (пор. підрозділ 11.7)
Помилки в самому програмному коді чи формулі	Неправильно вказаний діапазон комірок у формулі Excel, помилка знаку чи дужок у запрограмованій залежності
Помилки інтерпретації результату людиною	Правильно обчислене моделлю число неправильно витлумачене чи застосоване фахівцем через неуважність чи брак досвіду

Показово, що лише частина цих джерел похибок пов'язана з самим автоматизованим засобом (модель, формула, алгоритм) — значна частина реальних помилок на практиці походить від якості вхідних даних чи неправильного застосування або тлумачення результату людиною, а не від технічного збою самого інструмента.

12.3 Методи перевірки коректності результатів, отриманих за допомогою штучного інтелекту

На основі розглянутих джерел похибок можна сформулювати практичний набір методів перевірки автоматизованого результату, застосовний як до простої формули Excel, так і до складної прогностичної моделі чи відповіді генеративної мовної моделі.

Метод перевірки	Суть методу
Незалежний перерахунок	Повторити розрахунок вручну чи іншим незалежним інструментом хоча б для одного-двох прикладів і порівняти результат
Перевірка граничних (крайніх) випадків	Підставити в модель значення, для яких відповідь відома заздалегідь (наприклад, нульовий вміст легувального елемента), і перевірити, чи дає модель очікуваний результат
Перевірка порядку величини (order-of-magnitude check)	Оцінити, чи є отримане число хоча б приблизно правдоподібним за порядком величини для даної фізичної задачі, ще до детальної перевірки
Порівняння з незалежним джерелом чи методом	Зіставити результат моделі з даними довідника, результатом альтернативного методу розрахунку чи думкою досвідченого фахівця
Порівняння з реальними експериментальними даними	Найнадійніший спосіб валідації (підрозділ 12.1) — зіставлення прогнозу з фактично виміряними значеннями хоча б на обмеженій кількості контрольних зразків
Аналіз чутливості (sensitivity analysis)	Перевірити, чи змінюється результат моделі логічно очікуваним чином (у правильному напрямку й з правдоподібною величиною) при невеликій зміні вхідних даних

Для результатів, отриманих від генеративних мовних моделей (тема 10), особливого значення набуває саме перевірка через незалежне джерело — оскільки, на відміну від числової формули, текстову відповідь неможливо «перерахувати» механічно; єдиним надійним способом залишається перевірка наведених фактів, чисел і посилань за допомогою прийомів пошуку надійних джерел, розглянутих у темі 5.

12.4 Роль критичного мислення інженера при оцінці автоматично згенерованих висновків

Жоден із формальних методів перевірки, розглянутих у підрозділі 12.3, не спрацює автоматично сам по собі — його застосування вимагає свідомого, критичного ставлення фахівця до отриманого результату, а не сліпої довіри до нього лише через те, що результат отримано «за допомогою комп'ютера» чи «за допомогою штучного інтелекту».

Автоматизаційне упередження (automation bias) — задокументована в психологічних дослідженнях схильність людини надавати надмірну довіру результату автоматизованої системи саме через сам факт його автоматизованого походження, застосовуючи менш критичну перевірку до нього, ніж до результату, отриманого «вручну». Це упередження є одним із головних практичних ризиків при масовому впровадженні систем штучного інтелекту в інженерну практику.

Автоматизаційне упередження — не єдина психологічна пастка, що заважає об'єктивній оцінці автоматизованого результату; поряд з ним варто знати ще кілька суміжних когнітивних упереджень.

Когнітивне упередження	У чому проявляється
Упередження підтвердження (confirmation bias)	Схильність некритично приймати результат моделі, якщо він збігається з очікуваннями фахівця, і, навпаки, ретельніше перевіряти результат, який цим очікуванням суперечить
Ефект якоря (anchoring)	Перше отримане число (навіть помилкове) підсвідомо впливає на оцінку всіх наступних результатів, ускладнюючи неупереджений повторний аналіз
Надмірна впевненість (overconfidence)	Переоцінка власної здатності «на око» відрізнити правильний автоматизований результат від помилкового без застосування формальних методів перевірки (підрозділ 12.3)

Протидією автоматизаційному упередженню слугує свідомо культивована звичка критичного мислення — постановки собі кількох простих контрольних запитань щодо будь-якого автоматично отриманого висновку, перш ніж застосувати цей висновок на практиці.

Контрольні запитання критичного мислення інженера:

- чи узгоджується отриманий результат із моїм власним інженерним досвідом і фізичним розумінням процесу — чи не «занадто гарний, щоб бути правдою»?
- на яких саме даних навчена чи ґрунтується ця модель чи інструмент, і чи належить моя поточна задача до тієї самої області застосовності?
- яка ціна помилки в цьому конкретному випадку — чи виправдовує вона додаткові витрати часу на незалежну перевірку результату?
- чи можу я хоча б наближено перевірити цей результат самостійно, незалежним методом, розглянутим у підрозділі 12.3?

Важливо підкреслити: розвинене критичне мислення не означає апріорної недовіри до будь-якого автоматизованого результату — так само шкідливою є й протилежна крайність, коли фахівець відкидає коректний результат моделі лише через загальну недовіру до нових технологій. Мета критичного мислення — обґрунтоване, пропорційне до ризику ставлення до результату, а не сліпа довіра чи сліпе заперечення.

12.5 Типові помилки автоматизованих систем аналізу даних та способи їх виявлення

Узагальнимо в єдиній таблиці типові помилки, розглянуті в попередніх темах курсу стосовно окремих конкретних інструментів, зіставивши кожну з відповідним способом її виявлення, розглянутим у цій темі.

Типова помилка	Де вже розглядалася	Спосіб виявлення
Перенавчання моделі (overfitting)	Тема 9, підрозділ 9.4	Порівняння точності на навчальній і незалежній тестовій вибірці (підрозділ 12.3)
«Галюцинації» генеративної мовної моделі	Тема 10, підрозділ 10.5	Перевірка фактів і посилань за незалежними джерелами (тема 5, підрозділ 12.3)

Типова помилка	Де вже розглядалася	Спосіб виявлення
Екстраполяція прогностичної моделі поза межі навчальних даних	Тема 11, підрозділ 11.7	Перевірка діапазону вхідних значень, для яких навчалася модель, перед застосуванням прогнозу
Помилка у формулі Excel (неправильний діапазон, посилання)	Тема 3, підрозділ 3.7	Незалежний перерахунок контрольного прикладу вручну (підрозділ 12.3)
«Сміття на вході — сміття на виході» (низька якість вхідних даних)	Теми 8 і 11, підрозділи 8.7 і 11.1	Ретельне очищення й перевірка вхідних даних до, а не після побудови моделі
«Мовчазний» збій без явного повідомлення про помилку	Уперше узагальнюється в цій темі	Регулярна перевірка правдоподібності результату за порядком величини (підрозділ 12.3), навіть коли система не сигналізує про жодну проблему

Останній рядок таблиці заслуговує на окремий коментар: найнебезпечнішою категорією помилок автоматизованих систем є не ті, що супроводжуються явним повідомленням про помилку (таку помилку неможливо не помітити), а так звані «мовчазні» збої — ситуації, коли система впевнено видає числовий чи текстовий результат без жодного попередження, хоча цей результат насправді є неправильним (наприклад, формула Excel унаслідок помилки повертає технічно коректне число, або мовна модель впевнено формулює галюцинацію). Саме тому регулярна, свідома перевірка правдоподібності результату, а не очікування явного сигналу про помилку від самої системи, є ключовою навичкою, яку покликана сформулювати ця тема.

Наведене зіставлення наочно демонструє: попри позірну різноманітність інструментів, розглянутих протягом усього курсу — від найпростішої формули Excel до найскладнішої генеративної мовної моделі — більшість типових помилок автоматизованих засобів зводиться до обмеженого набору спільних першопричин, а відповідно й методи їх виявлення також є значною мірою спільними й переносяться з одного інструмента на інший.

12.6 Наскрізний приклад верифікації результату прогностичної моделі

Розглянемо застосування методів, викладених у цій темі, до наскрізного прикладу з теми 11 — моделі прогнозування твердості сталі за хімічним складом і параметрами термічної обробки (підрозділ 11.6).

Крок перевірки	Дія в межах прикладу
Перевірка граничних випадків	Підставлено в модель склад із нульовим вмістом вуглецю (технічно чисте залізо) — модель видала низьке значення твердості, що відповідає фізичному очікуванню; підозрілий результат не виявлено
Перевірка порядку величини	Прогнозоване моделлю значення (близько 45 HRC) перебуває в типовому фізично правдоподібному діапазоні твердості для вуглецевих сталей після гартування, а не, наприклад, у 3 чи 300 разів більшому
Порівняння з незалежними даними	Для трьох реальних, раніше не використаних у навчанні складів проведено контрольне натурне випробування — прогноз моделі відхилився від фактичного значення в межах раніше визначеної похибки MAE (підрозділ 11.5)
Перевірка застосовності	Перевірено, що новий склад сплаву, для якого запитується прогноз, перебуває в межах діапазону хімічного складу, представленого в навчальних даних моделі (а не є суттєвою екстраполяцією, підрозділ 11.7)

Крок перевірки	Дія в межах прикладу
Висновок	Результат моделі визнано достатньо надійним для попереднього відбору перспективних складів сплаву перед дорожчим натурним випробуванням, за умови подальшого обов'язкового підтвердження остаточного обраного варіанта натурним випробуванням

Цей приклад демонструє головний практичний принцип, що проходить через увесь курс: жодна окрема перевірка сама собою не є абсолютною гарантією правильності результату, але послідовне застосування кількох незалежних методів перевірки істотно підвищує обґрунтовану довіру фахівця до автоматизованого результату — чи, навпаки, вчасно виявляє його неправильність, перш ніж це коштуватиме часу, коштів чи якості готового виробу.

12.7 Практичний алгоритм верифікації автоматизованого результату

Підсумуємо матеріал теми у вигляді короткого практичного алгоритму дій, застосовного до будь-якого автоматизованого результату — формули, прогностичної моделі чи відповіді генеративного ШІ — перш ніж покладатися на нього в реальній інженерній чи навчальній роботі.

Практичний алгоритм верифікації результату:

- оцінити ціну можливої помилки — чим вона вища, тим ретельніша перевірка виправдана;
- перевірити правдоподібність результату за порядком величини й відповідність базовому фізичному розумінню задачі;
- за можливості — виконати незалежний перерахунок чи перевірку хоча б на одному контрольному прикладі;
- перевірити, чи належить конкретна задача до межі застосовності використаного інструмента чи моделі (діапазон вхідних даних, галузь застосування);
- за наявності — зіставити результат із реальними експериментальними даними чи незалежним авторитетним джерелом;
- документувати виконану перевірку (яким методом, з яким результатом) — це підвищує прозорість і відтворюваність роботи, а також полегшує подальший аудит у разі виявлення проблеми.

Дотримання цього алгоритму не гарантує абсолютної відсутності помилок, але суттєво знижує ризик прийняття важливого інженерного рішення на основі неперевіреного автоматизованого результату — незалежно від того, наскільки сучасним і потужним є інструмент, який цей результат згенерував.

Обсяг фактично застосованої перевірки природно має бути пропорційним до ціни можливої помилки, згаданої першим пунктом алгоритму, а не однаково ретельним для будь-якої задачі без розбору. Для низькоризикової, чорнової задачі (наприклад, попереднього прикидочного розрахунку для власного розуміння) достатньо швидкої перевірки правдоподібності результату за порядком величини. Натомість для результату, на основі якого приймається відповідальне інженерне рішення (наприклад, остаточний вибір режиму

термічної обробки відповідального виробу чи параметр, що йде в офіційний звіт чи кваліфікаційну роботу), виправданим є проходження через усі кроки алгоритму, включно з незалежним перерахунком і, по можливості, порівнянням із реальними експериментальними даними. Уміння правильно оцінити необхідний рівень ретельності перевірки для конкретної ситуації — самостійна практична навичка, яка розвивається з досвідом.

12.8 Документування перевірки та зв'язок із культурою якості на підприємстві

Практика формальної верифікації та валідації результатів автоматизованих обчислень не є винаходом епохи штучного інтелекту — вона десятиліттями застосовується в інженерній практиці, зокрема при використанні систем автоматизованого проектування й інженерного аналізу (CAD/CAE), докладніше розглянутих у темі 14: жоден результат скінченно-елементного розрахунку конструкції відповідального виробу не приймається без документованої перевірки на контрольних прикладах. Поширення штучного інтелекту в інженерну практику не скасовує цієї усталеної культури якості, а лише додає до неї нові класи інструментів, до яких застосовуються ті самі принципи.

На рівні окремого студента чи молодого фахівця ця культура на практиці виявляється в простій звичці: письмово фіксувати (навіть у вигляді короткого коментаря в тому самому файлі чи звіті чи, наприклад, нотатки в лабораторному журналі), яким саме методом і з яким результатом було перевірено автоматизований розрахунок чи висновок, — а не лише подавати кінцевий результат без сліду проведеної перевірки. Це не лише дисциплінує самого виконавця (усвідомлена необхідність щось записати підвищує ретельність самої перевірки), а й дає змогу будь-якому іншому фахівцю (наприклад, науковому керівнику чи рецензенту) швидко оцінити, наскільки ретельно результат був перевірений, не повторюючи всю перевірку заново.

Саме таке поєднання — послідовне застосування конкретних методів перевірки (підрозділ 12.3), розвинене критичне мислення (підрозділ 12.4) і звичка документувати перевірку — і становить практичну культуру відповідального застосування автоматизованих засобів і штучного інтелекту в інженерній та науковій діяльності, яка є наскрізною темою всього другого змістового модуля цього курсу.

Огляньмо коротко, як викладений у цій темі матеріал пов'язує між собою всі попередні теми другого змістового модуля курсу, узагальнивши цей зв'язок у підсумковій таблиці.

Тема модуля	Внесок у методологію верифікації результатів
Тема 8. Штучний інтелект: поняття, історія, напрями застосування	Загальне уявлення про можливості й принципові обмеження будь-якої системи штучного інтелекту
Тема 9. Типи та архітектури нейронних мереж	Технічне розуміння природи перенавчання моделі та причин ненадійності прогнозу поза межами навчальних даних
Тема 10. Генеративний штучний інтелект; основи промт-інжинірингу	Специфічні ризики текстових генеративних моделей — «галюцинації» та застарілість знань, і способи їх часткового подолання
Тема 11. Аналіз даних; побудова прогностичних моделей	Формальні числові показники якості моделі (MAE, RMSE, R^2) як основа для об'єктивної, а не інтуїтивної оцінки надійності прогнозу

Тема модуля	Внесок у методологію верифікації результатів
Тема 12. Верифікація результатів (ця тема)	Об'єднання всіх перелічених спостережень у єдину системну методологію критичної перевірки будь-якого автоматизованого результату

Ця методологія залишається чинною незалежно від того, який саме конкретний інструмент застосовується — від найпростішої формули Excel до найскладнішої моделі штучного інтелекту, — і варто виносити її з цього курсу як одну з найважливіших практичних навичок для подальшої професійної діяльності.

Насамкінець варто зазначити, що описана в цій темі методологія верифікації результатів природно поширюється й на третій, завершальний змістовий модуль курсу — зокрема на оцінку результатів комп'ютерного моделювання й скінченно-елементного аналізу (тема 14) та на аналіз показників цифровізації виробництва (тема 15), — а також безпосередньо пов'язана з питаннями етики й меж відповідального застосування штучного інтелекту, докладніше розглянутими вже в наступній темі 13.

Контрольні питання для самоперевірки

- Поняття верифікації та валідації результатів обчислень, отриманих автоматизованими засобами.
- Основні джерела похибок при використанні автоматизованих засобів аналізу даних.
- Методи перевірки коректності результатів, отриманих за допомогою штучного інтелекту.
- Роль критичного мислення інженера при оцінці автоматично згенерованих висновків.
- Типові помилки автоматизованих систем аналізу даних та способи їх виявлення.

Рекомендована література до теми

1. Павлиш В. А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.
2. Бишевец Н. Г., Омецинська Н. В., Юсипів Т. В. Теорія ймовірностей та математична статистика з використанням табличного процесора MS EXCEL : навчальний посібник. Одеса : Гельветика, 2021. 233 с.
3. Від початківця до експерта в ШІ: онлайн-курс [Електронний ресурс] / Prometheus. Режим доступу: <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/ai-expert/>

Тема 13. ОБМЕЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ШІ; ЕТИЧНІ АСПЕКТИ ТА АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ

Ця тема завершує другий змістовий модуль курсу, присвячений штучному інтелекту, даним і методології їх аналізу (теми 8–13). Якщо попередні теми модуля розглядали технічні можливості та обмеження конкретних інструментів окремо (нейронні мережі — тема 9, генеративні моделі — тема 10, прогностичні моделі — тема 11, методи верифікації — тема 12), то ця завершальна тема узагальнює накопичений матеріал під кутом зору етики,

відповідальності та професійної культури застосування штучного інтелекту в інженерній і навчальній діяльності.

13.1 Основні обмеження застосування штучного інтелекту в інженерній практиці

Протягом попередніх тем курсу вже було розглянуто чимало конкретних обмежень окремих інструментів штучного інтелекту — перенавчання нейронних мереж (тема 9), «галюцинації» генеративних мовних моделей (тема 10), обмежену надійність екстраполяції прогностичних моделей (тема 11). Узагальнимо ці спостереження в єдину систематизовану класифікацію обмежень за їх першопричиною.

Категорія обмеження	Суть обмеження	Де докладніше розглядалося
Обмеження, пов'язані з даними	Модель відтворює лише ті закономірності, що представлені в навчальних даних; якість і повнота даних прямо визначають якість моделі	Теми 8, 11 (підрозділи 8.7, 11.1, 11.7)
Обмеження пояснюваності («чорна скринька»)	Складно чи неможливо точно пояснити, чому модель дала саме такий результат, особливо для глибоких нейронних мереж	Теми 8, 9 (підрозділ 8.7)
Обмеження узагальнення поза межі навчання	Модель ненадійна для вхідних даних, що суттєво відрізняються від тих, на яких вона навчалася	Теми 9, 11 (підрозділи 9.4, 11.7)
Обмеження, специфічні для генеративних моделей	«Галюцинації», застарілість знань, залежність від якості запиту	Тема 10 (підрозділ 10.5)
Обмеження, пов'язані з відсутністю справжнього розуміння	Модель не «розуміє» фізичний зміст задачі — вона виявляє статистичні закономірності, а не причинно-наслідкові зв'язки	Теми 8, 10, 11 (підрозділи 8.3, 10.2, 11.7)
Обмеження упередженості (bias)	Систематичне, не випадкове викривлення результату через нерепрезентативність навчальних даних	Підрозділ 13.2 цієї теми
Організаційно-правові обмеження	Нормативна база регулювання застосування штучного інтелекту в багатьох галузях і країнах ще перебуває на стадії формування, що створює додаткову невизначеність щодо статусу рішень, прийнятих за участю ШІ	Розглядається вперше в цій темі

Головний практичний висновок з цієї систематизації такий: обмеження штучного інтелекту не є тимчасовими технічними недоліками, які буде повністю усунуто з наступним поколінням моделей, — це фундаментальні наслідки самого статистичного, заснованого на даних, принципу роботи сучасних систем штучного інтелекту. Тому відповідальне застосування ШІ передбачає не очікування, поки ці обмеження «зникнуть», а свідоме врахування їх у щоденній практиці — зокрема через методологію верифікації результатів, детально розглянуту в темі 12.

13.2 Поняття упередженості (bias) в даних і моделях штучного інтелекту

Упередженість (bias) моделі штучного інтелекту — систематичне, не випадкове відхилення результатів роботи моделі від об'єктивно правильних чи справедливих значень, що виникає внаслідок нерепрезентативності чи викривленості навчальних даних, а не через випадкову

похибку вимірювання. На відміну від випадкової похибки (яка в середньому по великій вибірці прямує до нуля), упередженість є систематичною — вона не зникає й не усереднюється просто зі збільшенням обсягу даних, якщо джерело викривлення залишається тим самим.

Основні причини виникнення упередженості моделі:

- упередженість вибірки (sampling bias) — навчальні дані не є репрезентативними для всього діапазону реальних випадків, з якими модель зустрінеться на практиці;
- історична упередженість (historical bias) — навчальні дані відображають історичні практики чи умови, які самі по собі були нерівномірними чи застарілими, і модель відтворює ці історичні викривлення в майбутніх прогнозах;
- упередженість розмітки (labeling bias) — суб'єктивні помилки чи систематичні розбіжності людей, що розмічали навчальні дані (наприклад, різні металографи по-різному класифікують межові випадки типу мікроструктури);
- алгоритмічна упередженість — сам вибір архітектури моделі чи функції втрат (тема 9) непропорційно оптимізує модель під найчисленнішу групу прикладів у даних, ігноруючи рідкісні, але важливі випадки.

Розглянемо конкретний приклад упередженості вибірки, специфічний для матеріалознавства: якщо прогностична модель твердості сталі (наскрізний приклад теми 11) навчена переважно на розповсюджених марках вуглецевої сталі, а рідкісні леговані склади представлені лише кількома прикладами, то модель видаватиме високоточні прогнози для поширених марок і систематично ненадійні прогнози саме для тих рідкісних, менш вивчених складів — причому користувач моделі, що не знає про це викривлення навчальної вибірки, ризикує помилково довіряти прогнозу однаково для всіх випадків.

Група складів у навчальній вибірці	Частка в навчальних даних	Похибка моделі (MAE, HRC)
Поширені вуглецеві сталі	85 %	1,2 (низька, модель добре навчена)
Рідкісні леговані склади	15 %	6,8 (значно вища — модель погано «бачила» такі приклади)

Умовний приклад у таблиці вище наочно показує суть проблеми: середнє значення MAE для всієї тестової вибірки могло б виглядати цілком прийнятним (наприклад, близько 2 HRC), приховуючи той факт, що фактична похибка для рідкісної, але практично важливої групи складів у кілька разів вища. Саме тому оцінку якості моделі (тема 11, підрозділ 11.5) варто, за можливості, проводити не лише в середньому по всій вибірці, а й окремо для значущих підгруп даних, особливо тих, що недостатньо представлені в навчальній вибірці.

13.3 Академічна доброчесність при використанні штучного інтелекту у навчальному процесі

Питання академічної доброчесності при використанні генеративного штучного інтелекту вже було коротко порушено в темі 10 (підрозділ 10.6) та в контексті плагіату — в темі 5 (підрозділ 5.6). Розглянемо це питання системніше, з чіткішим розмежуванням прийняттого та неприйнятного використання ШІ в навчальній роботі.

Прийнятне використання (за умови прозорості)	Неприйнятне використання (порушення доброчесності)
Отримання пояснення складного поняття для власного розуміння	Видавання повністю згенерованого моделлю тексту роботи за власний самостійний аналіз без будь-якого зазначення
Перевірка граматики й стилю власного вже написаного тексту	Генерація моделлю фактичних результатів (нібито проведених дослідів, вимірювань), яких насправді не існувало
Формування чорнової структури розділу з подальшим самостійним наповненням і перевіркою	Використання моделі для проходження контрольних заходів (тестів, контрольних робіт), призначених для самостійної перевірки власних знань
Генерація допоміжного коду для обробки даних із подальшою перевіркою його коректності (тема 12)	Приховане використання ШІ всупереч прямій забороні конкретного завдання чи форми контролю, встановленій викладачем

Межа між прийнятним і неприйнятним використанням у більшості наведених прикладів визначається не самим фактом застосування інструмента ШІ, а тим, чи зберігається за студентом справжнє особисте розуміння матеріалу й чи прозоро зазначено характер використання інструмента там, де це вимагається правилами закладу освіти чи конкретного завдання. Ключовий орієнтир, сформульований ще в темі 10: генеративний ШІ може пришвидшувати чорнову роботу, але не повинен підміняти власне навчання й формування компетентностей, заради яких, власне, і існує освітній процес.

13.4 Відповідальність фахівця за рішення, прийняті на основі рекомендацій систем ШІ

Поза межами навчального процесу, у реальній професійній діяльності питання відповідальності за рішення, прийняте з опорою на рекомендацію системи штучного інтелекту, набуває ще гострішого, іноді юридичного значення.

Принциповий підхід, усталений у сучасній інженерній та правовій практиці, полягає в тому, що система штучного інтелекту (як і будь-який інший автоматизований інструмент — калькулятор, програма скінченно-елементного аналізу) не є й не може бути суб'єктом юридичної чи професійної відповідальності — відповідальність завжди несе конкретна людина (інженер, керівник, установа), яка прийняла остаточне рішення на основі отриманої рекомендації, незалежно від того, наскільки ця рекомендація виглядала переконливою чи авторитетною.

Ця теза має кілька практичних наслідків для інженера:

- неможливо обґрунтувати помилкове інженерне рішення посиланням «так порекомендувала модель» — це не знімає відповідальності з фахівця, який це рішення затвердив і застосував;
- чим вищі потенційні наслідки помилки (безпека людей, значні матеріальні втрати), тим більшою мірою система штучного інтелекту повинна відігравати роль допоміжного радника, а не самостійного «джерела істини» — це прямо перегукується з принципом пропорційності ретельності перевірки, розглянутим у темі 12 (підрозділ 12.7);

- інженер, що застосовує рекомендацію моделі, повинен розуміти (хоча б на загальному рівні) принцип її роботи й межі застосовності настільки, щоб бути спроможним обґрунтовано оцінити цю рекомендацію, а не застосовувати її «наосліп»;
- організації, що впроваджують системи штучного інтелекту у виробничі процеси (тема 7), повинні чітко визначати процедуру — на якому етапі й якою людиною здійснюється остаточне затвердження рішення, підготовленого автоматизованою системою.

Цей принцип людини, яка залишається «в контурі прийняття рішення» (human in the loop), є основою відповідального впровадження штучного інтелекту в будь-яку відповідальну діяльність — від навчальної роботи студента до промислового застосування на підприємстві.

На практиці відповідальність за результат застосування штучного інтелекту на підприємстві (тема 7) розподіляється між кількома рівнями, кожен з яких відповідає за свою частину загального процесу.

Рівень відповідальності	За що саме відповідає
Розробник моделі	За технічну коректність реалізації моделі, чесне розкриття відомих обмежень і умов застосовності моделі
Організація, що впроваджує модель	За вибір моделі, придатної для конкретної задачі, за налаштування процедури обов'язкової перевірки результатів (тема 12) і навчання персоналу
Фахівець, що безпосередньо застосовує рекомендацію моделі	За критичну оцінку конкретного результату в конкретній ситуації (підрозділ 12.4) і за остаточне рішення, прийняте на його основі

13.5 Основні принципи етичного використання штучного інтелекту

Узагальнимо розглянутий у цій та попередніх темах матеріал у вигляді короткого переліку принципів, які в сукупності визначають етичне, відповідальне застосування штучного інтелекту — як у навчальній, так і в професійній діяльності.

Принцип	У чому полягає	Зв'язок із попереднім матеріалом
Прозорість (transparency)	Чітке зазначення факту й характеру використання ШІ там, де це впливає на оцінку роботи чи довіру до результату	Тема 10, підрозділ 10.6 (приклад формулювання розкриття використання ШІ)
Підзвітність (accountability)	Відповідальність за остаточне рішення завжди залишається на людині, а не на інструменті	Підрозділ 13.4 цієї теми
Перевірюваність (verifiability)	Результат роботи моделі перед практичним застосуванням має бути перевірений незалежними методами	Тема 12 повністю
Справедливість (fairness)	Свідоме врахування можливої упередженості моделі (підрозділ 13.2), особливо для рішень, що стосуються різних груп людей чи рідкісних випадків	Підрозділ 13.2 цієї теми
Конфіденційність (privacy)	Обережне поводження з персональними, конфіденційними чи ще не опублікованими даними при взаємодії із зовнішніми сервісами ШІ	Тема 6, підрозділ 6.5; тема 10, підрозділ 10.6

Ці принципи не є абстрактною декларацією — кожен із них має конкретний практичний прояв, з яким студент уже познайомився протягом попередніх тем курсу; ця тема лише явно

називає й систематизує спільну етичну основу, що об'єднує ці окремі практичні правила в цілісний підхід.

13.6 Приклад етичної дилеми та її аналіз

Розглянемо умовний практичний приклад, що поєднує кілька принципів, розглянутих у цій темі, для ілюстрації того, як застосовувати їх у реальній ситуації, а не лише як абстрактний перелік.

Ситуація: студент готує кваліфікаційну роботу з дослідження впливу режиму термічної обробки на властивості сплаву. Обсяг власних експериментальних даних обмежений (25 зразків), і студент звертається до прогностичної моделі (тема 11) для розширення аналізу на більший діапазон складів, а також використовує генеративну мовну модель (тема 10) для формулювання розділу «Огляд літератури».

Етичне питання	Обґрунтоване рішення
Чи можна довіряти прогнозу моделі, навченої на такій малій вибірці?	Ні без застережень: варто прямо вказати в роботі обмежений обсяг навчальних даних і відповідно розширений діапазон невизначеності прогнозу (підрозділи 11.7, 13.1), а не подавати прогноз як рівноцінний експериментальному результату
Чи потрібно розкривати факт використання генеративної моделі для розділу «Огляд літератури»?	Так, згідно з принципом прозорості (підрозділ 13.5) і вимогами закладу освіти; при цьому кожне фактичне твердження й посилання, згенероване моделлю, повинно бути самостійно перевірене (тема 5, тема 12) — ризик «галюцинацій» (тема 10) особливо високий саме для списку літератури
Чи варто перевіряти прогноз моделі окремо для рідкісних складів, представлених у роботі?	Так — з огляду на можливу упередженість вибірки (підрозділ 13.2), якщо серед досліджуваних студентом складів є рідкісні чи нетипові варіанти, для них варто окремо підкреслити нижчу надійність прогнозу порівняно з добре представленими в навчальних даних складами
Хто несе відповідальність за помилковий висновок, якщо він все ж потрапить у роботу?	Сам студент як автор роботи (підрозділ 13.4) — використання ШІ як інструмента жодним чином не переносить відповідальність за зміст роботи на розробника моделі чи на сам інструмент

Цей приклад демонструє: етичні принципи, розглянуті в цій темі, не заперечують використання ШІ в навчальній і дослідницькій роботі, а дають студентові чіткий, обґрунтований спосіб приймати рішення про те, як саме й з якими застереженнями цей інструмент варто застосовувати в кожній конкретній ситуації.

13.7 Підсумок другого змістового модуля курсу

Тема 13 завершує другий змістовий модуль курсу «Штучний інтелект, дані та методологія» (теми 8–13). Коротко узагальнимо пройдений шлях: від загального поняття штучного інтелекту й машинного навчання (тема 8), через технічну будову нейронних мереж (тема 9) і специфіку генеративних мовних моделей (тема 10), до практичної побудови прогностичних моделей (тема 11), системної методології верифікації результатів (тема 12) і, нарешті, — етичних меж і принципів відповідального застосування всього цього інструментарію (ця тема).

Головні практичні навички, сформовані цим модулем:

- розуміти принципову відмінність і взаємне співвідношення штучного інтелекту, машинного навчання й нейронних мереж (тема 8, тема 9);
- усвідомлено, а не наосліп, застосовувати генеративні мовні моделі, розуміючи природу «галюцинацій» і межі їхньої надійності (тема 10);
- будувати прогностичні моделі за допомогою доступних no-code інструментів і кількісно оцінювати їхню якість (тема 11);
- систематично перевіряти будь-який автоматизований результат перед його практичним застосуванням (тема 12);
- діяти відповідно до принципів прозорості, підзвітності й справедливості при використанні ШІ в навчальній і професійній діяльності (ця тема).

Наступний, третій змістовий модуль курсу (теми 14–16) застосує частину цих само принципів — зокрема методологію верифікації результатів (тема 12) — уже до дещо іншого класу автоматизованих інструментів: систем комп'ютерного моделювання (CAD/CAE) і корпоративних інформаційних систем виробничого підприємства.

Важливо підкреслити, що засвоєний у цьому модулі підхід — розуміння технічного принципу роботи інструмента, свідомо оцінка його обмежень і систематична перевірка результату перед практичним застосуванням — є значно довговічнішою й переносимою навичкою, ніж знання конкретних назв і інтерфейсів сьогоденних систем штучного інтелекту, які зі значною ймовірністю істотно зміняться чи будуть замінені новими протягом професійної кар'єри теперішнього студента. Саме тому ця тема, присвячена не конкретному інструменту, а загальним принципам відповідального застосування, розглядається як логічне й необхідне завершення другого змістового модуля курсу.

13.8 Практичний чекліст відповідального використання штучного інтелекту

Завершимо тему коротким практичним чеклістом, що об'єднує принципи, розглянуті протягом усього другого змістового модуля курсу, у форму, зручну для швидкої самоперевірки перед застосуванням штучного інтелекту в конкретній навчальній чи професійній ситуації.

Перед використанням інструмента ШІ:

- чи дозволено використання ШІ для цього конкретного завдання правилами закладу освіти, наукового керівника чи роботодавця (підрозділ 13.3)?
- чи усвідомлюю я загальний принцип роботи й головні обмеження обраного інструмента (теми 8–10)?

Під час використання інструмента ШІ:

- чи сформульовано запит достатньо чітко й конкретно, з необхідним контекстом (тема 10, підрозділ 10.3)?
- чи усвідомлюю я, що навчальні дані моделі можуть бути упередженими саме для моєї задачі (підрозділ 13.2)?

Після отримання результату:

- чи перевірено отриманий результат одним із формальних методів верифікації (тема 12)?
- чи прозоро зазначено факт і характер використання ШІ там, де це вимагається (підрозділ 13.3, тема 10)?
- чи усвідомлюю я, що відповідальність за остаточне рішення залишається на мені особисто (підрозділ 13.4)?

Цей чекліст не є вичерпним переліком на всі можливі ситуації — він радше є звичкою мислення, яку варто виробити: свідомо ставити собі ці запитання щоразу, коли автоматизований результат впливає на важливе рішення, а не покладатися на інтуїтивне, невимушене сприйняття штучного інтелекту як джерела готових, не потребуючих перевірки відповідей.

Насамкінець варто зауважити, що жоден пункт цього чекліста не є суто теоретичною вимогою — кожен із них прямо відповідає конкретній практичній ситуації, яку студент уже, найімовірніше, зустрічав або неминуче зустріне у власній навчальній чи дослідницькій роботі: від перевірки чорнового тексту звіту, згенерованого мовною моделлю, до оцінки надійності прогностичної моделі, побудованої на обмеженому власному наборі експериментальних даних. Регулярне свідоме застосування цього чекліста поступово перетворює перелічені в ньому запитання із зовнішньої вимоги на природну, автоматичну частину професійного мислення інженера.

Варто також усвідомлювати, що конкретні пункти цього чекліста з часом змінюватимуться слідом за розвитком самих інструментів штучного інтелекту, проте принцип, який лежить в його основі, залишиться незмінним: відповідальність за кінцевий результат завжди несе людина, яка його використала, а не алгоритм, який його згенерував. Саме тому засвоєння цього принципу є важливішим за запам'ятовування конкретного переліку запитань — новий інструмент штучного інтелекту, що з'явиться через рік чи два, поставить перед фахівцем нові варіації тих самих за суттю питань про надійність, прозорість і межі застосовності отриманого результату.

Складова відповідального використання ШІ	Де розглянуто в курсі
Розуміння меж застосовності моделі	Підрозділ 13.1; тема 9 (перенавчання)
Виявлення та врахування упередженості даних	Підрозділ 13.2; тема 11 (підготовка даних)
Формальна перевірка отриманого результату	Тема 12 «Верифікація результатів»
Академічна доброчесність і коректне цитування	Підрозділ 13.3; тема 5 (робота з джерелами)
Прозорість і розкриття факту використання ШІ	Підрозділи 10.6 та 13.3
Особиста відповідальність фахівця за рішення	Підрозділ 13.4

Ця таблиця водночас підсумовує внутрішню логіку другого змістового модуля курсу: кожна його тема додавала окремий практичний навик, а розділ 13 об'єднує їх у цілісну систему відповідального використання штучного інтелекту, яку студент може застосовувати незалежно від того, який саме інструмент чи модель буде доступний йому в майбутньому.

Контрольні питання для самоперевірки

- Основні обмеження застосування штучного інтелекту в інженерній практиці.
- Поняття упередженості (bias) в даних і моделях штучного інтелекту, причини її виникнення.
- Питання академічної доброчесності при використанні штучного інтелекту у навчальному процесі.
- Відповідальність фахівця за рішення, прийняті на основі рекомендацій систем штучного інтелекту.
- Основні принципи етичного використання штучного інтелекту (прозорість, підзвітність, перевірюваність).

Рекомендована література до теми

1. Павлиш В.А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.
2. Elements of AI: безкоштовний онлайн-курс з основ штучного інтелекту [Електронний ресурс] / University of Helsinki, Reaktor. Режим доступу: <https://www.elementsofai.com/>
3. Від початківця до експерта в ШІ: онлайн-курс [Електронний ресурс] / Prometheus. Режим доступу: <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/ai-expert/>

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ВИРОБНИЧІ СИСТЕМИ ТА КІБЕРБЕЗПЕКА

Тема 14. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, CAD/CAE ТА КОРПОРАТИВНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ: ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ

Цією темою розпочинається третій, завершальний змістовий модуль курсу — «Виробничі системи та кібербезпека» (теми 14–16). Якщо перший модуль курсу (теми 1–7) сформував загальні навички роботи з офісними, мережевими та корпоративними інформаційними технологіями, а другий модуль (теми 8–13) був присвячений штучному інтелекту, аналізу даних і відповідальному використанню цих технологій, то третій модуль зосереджується на спеціалізованих інформаційних системах, які безпосередньо застосовуються в інженерній практиці матеріалознавця та фахівця ливарного виробництва: системах комп'ютерного проєктування й інженерного аналізу, корпоративних системах управління виробництвом, а також основах інформаційної безпеки виробничого середовища.

У темі 7 уже було розглянуто загальну класифікацію корпоративних інформаційних систем (ERP, CRM, MES, PLM, SCM) та рівні управління підприємством, на яких вони застосовуються. Ця тема розвиває той матеріал у двох напрямках: по-перше, детально розглядає інструменти інженерного проєктування й розрахунку (CAD/CAE), які є первинним джерелом даних для подальшого виробничого циклу; по-друге, поглиблено розглядає ERP-системи як основний засіб координації виробничих, складських, фінансових і кадрових процесів підприємства.

14.1 Поняття систем автоматизованого проєктування (CAD)

CAD (Computer-Aided Design, автоматизоване проєктування) — клас програмного забезпечення, призначеного для створення, редагування, аналізу та оптимізації геометричних моделей виробів на комп'ютері. CAD-системи замінили традиційне креслення на кульмані ручним інструментом на побудову цифрової моделі деталі чи вузла, з якої надалі автоматично генеруються двовимірні креслення, специфікації та вихідні дані для інших етапів виробництва.

Історично CAD-системи розвивалися від найпростіших електронних кульманів (двовимірне креслення, кінець 1960-х — 1970-і роки) до сучасних систем тривимірного параметричного моделювання, які дозволяють будувати повноцінну цифрову модель виробу з урахуванням його фізичних властивостей, кінематики руху складових частин та технологічних обмежень виготовлення.

14.2 Основні можливості CAD-систем для тривимірного моделювання деталей

Сучасні CAD-системи (SolidWorks, Autodesk Inventor, КОМПАС-3D, Siemens NX, PTC Creo та інші) побудовані навколо кількох ключових концепцій, знання яких потрібне для усвідомленого користування будь-якою з них незалежно від конкретного постачальника програмного забезпечення.

Можливість	Суть	Практичне значення для інженера
Параметричне моделювання	Геометрія деталі задається через розміри-параметри та їх взаємозв'язки (ескізи, обмеження), а не через фіксовані координати точок	Зміна одного параметра (наприклад, діаметра отвору) автоматично й коректно перебудовує всю модель
Твердотільне (об'ємне) моделювання	Деталь описується як суцільне тіло з визначеним об'ємом і масою, а не як набір поверхонь	Дозволяє автоматично розрахувати масу, об'єм, центр ваги, моменти інерції деталі
Складання (assembly)	Об'єднання окремих деталей у виріб з визначенням взаємного розташування та рухомості з'єднань	Перевірка на колізії (перетини) деталей ще до виготовлення фізичного прототипу
Автоматична генерація креслень	Побудова двовимірних креслень з розмірами безпосередньо з тривимірної моделі	Виключає розбіжність між моделлю та кресленням, які раніше велися окремо
Бібліотеки стандартних елементів	Готові параметричні моделі кріплення, підшипників, профілів прокату тощо	Пришвидшує проєктування, зменшує кількість помилок при виборі стандартних деталей

Для фахівця з матеріалознавства практична цінність CAD-моделі полягає не лише в самому кресленні: твердотільна модель з коректно заданою геометрією та властивостями матеріалу є вихідними даними для наступного, значно важливішого для інженерного аналізу кроку — розрахунку методом скінченних елементів, розглянутого в підрозділі 14.3.

14.3 Поняття інженерного аналізу (CAE) та скінченно-елементного методу

CAE (Computer-Aided Engineering, автоматизований інженерний аналіз) — клас програмного забезпечення, яке дозволяє розрахувати поведінку віртуальної моделі виробу під дією різноманітних фізичних навантажень (механічних, теплових, гідродинамічних тощо) ще до виготовлення фізичного зразка. Найпоширенішим математичним апаратом, що лежить в основі більшості CAE-систем, є метод скінченних елементів (Finite Element Method, FEM, або скінченно-елементний аналіз, CEA).

Ідея методу скінченних елементів полягає в тому, що складна геометрична модель деталі розбивається («дискретизується») на велику кількість малих, простих за формою елементів (найчастіше тетраедрів або гексаедрів), для кожного з яких рівняння механіки суцільного середовища записуються у спрощеній, наближеній формі. Об'єднання розв'язків для всіх елементів («сітки», mesh) дає наближений, але з достатньою для інженерної практики точністю розрахований розподіл напружень, деформацій, температур чи інших фізичних величин по всьому об'єму деталі.

14.3.1 Основні типи інженерного аналізу

Тип аналізу	Що визначає	Приклад інженерної задачі
Статичний міцнісний аналіз	Розподіл напружень і деформацій під дією постійного навантаження	Перевірка того, чи витримає корпус редуктора робоче навантаження без руйнування
Модальний аналіз	Власні частоти й форми коливань конструкції	Перевірка того, щоб робоча частота обертання вала не збігалася з резонансною
Тепловий аналіз	Розподіл температур і теплових потоків у деталі	Розрахунок температурного поля виливка під час затвердіння у формі

Тип аналізу	Що визначає	Приклад інженерної задачі
Аналіз втоми (fatigue)	Оцінка довговічності деталі за циклічного навантаження	Прогнозування ресурсу деталі, що працює в умовах вібрації
Гідро- та газодинамічний аналіз (CFD)	Рух рідини чи газу та пов'язані з ним сили й тепловіддача	Моделювання заповнення ливарної форми рідким металом

14.4 Сфери застосування CAE в матеріалознавстві та ливарному виробництві

Для спеціальності «Матеріалознавство» та ливарного виробництва інженерний аналіз має особливе значення, оскільки дозволяє на етапі проектування, до виготовлення дорогої оснастки чи проведення експериментальної плавки, передбачити поведінку матеріалу та технологічного процесу.

- Моделювання ливарних процесів: розрахунок заповнення форми розплавом, розподілу температур під час затвердіння, прогнозування усадкових раковин і пористості (спеціалізовані CAE-системи — ProCAST, MAGMASoft, LVMFlow та подібні).
- Розрахунок залишкових напружень, що виникають у виливку внаслідок нерівномірного охолодження, та їх впливу на схильність до тріщиноутворення — питання, безпосередньо пов'язане з темою фазових перетворень і структуроутворення сплавів, яка вивчається в профільних дисциплінах спеціальності.
- Оптимізація конструкції литникової системи та прибутків ще на етапі CAD-моделювання, до виготовлення фізичної моделі чи ливарної форми, що суттєво скорочує кількість дорогавартісних дослідних плавок.
- Розрахунок міцності литих деталей (наприклад, корпусних деталей верстатів чи елементів ходової частини машин) з урахуванням реальних механічних властивостей конкретного сплаву, отриманих експериментально.

Важливо усвідомлювати межу застосовності таких розрахунків: точність результату CAE-моделювання прямо залежить від точності вихідних даних про властивості матеріалу (модуль пружності, теплопровідність, коефіцієнт лінійного розширення тощо), які закладаються в розрахунок. Це та сама проблема «якість даних визначає якість результату», що вже розглядалася для моделей машинного навчання в темі 11 — CAE-розрахунок так само не може бути точнішим за вихідні матеріалознавчі дані, використані для його налаштування.

14.5 Огляд поширених CAD/CAE-систем

На ринку інженерного програмного забезпечення представлено десятки CAD- та CAE-систем різного рівня складності та вартості — від безкоштовних навчальних версій до потужних промислових комплексів. Орієнтовний огляд найпоширеніших з них наведено в таблиці нижче.

Система	Тип	Типове застосування
SolidWorks	CAD (з модулем CAE Simulation)	Машинобудівне проектування, широко використовується в навчанні та промисловості

Система	Тип	Типове застосування
Autodesk Inventor / AutoCAD	CAD	Машинобудівне проектування та креслення загального призначення
КОМПАС-3D	CAD (з модулем APM FEM)	Поширена в країнах СНД система з підтримкою українських стандартів креслення
ANSYS	CAE (спеціалізована)	Промисловий стандарт скінченно-елементного аналізу — міцність, теплові, динамічні задачі
ProCAST, MAGMAsoft	CAE (спеціалізована)	Моделювання саме ливарних процесів: заповнення форми, затвердіння, усадка
FreeCAD	CAD (відкритий код)	Безкоштовна альтернатива для навчальних і невеликих проєктних завдань

Вибір конкретної системи на практиці визначається насамперед тим, яке програмне забезпечення прийняте як стандарт на конкретному підприємстві чи в конкретній галузі, а не абстрактною «найкращістю» тієї чи іншої системи: принципи параметричного моделювання та скінченно-елементного аналізу, розглянуті в підрозділах 14.1–14.3, залишаються спільними для всіх перелічених систем, тому володіння цими принципами значно важливіше за глибоке знання інтерфейсу однієї конкретної програми.

14.6 Поняття та призначення ERP-систем на виробничому підприємстві

У темі 7 ERP-системи (Enterprise Resource Planning, планування ресурсів підприємства) вже були коротко класифіковані серед інших типів корпоративних інформаційних систем. Розглянемо їх детальніше, оскільки саме ERP є тим типом системи, з яким найімовірніше зіткнеться інженер-матеріалознавець, працюючи на виробничому підприємстві поза межами суто конструкторської чи дослідницької діяльності.

ERP-система — інтегроване програмне забезпечення, яке об'єднує в єдиному інформаційному просторі та єдиній базі даних управління всіма основними ресурсами підприємства: матеріальними (сировина, матеріали, готова продукція на складах), фінансовими (бюджетування, розрахунки, собівартість), трудовими (персонал, робочий час) та виробничими (планування завантаження обладнання, послідовність операцій). Головна ідея ERP — заміна розрізнених, погано пов'язаних між собою локальних систем обліку (окремо для складу, окремо для бухгалтерії, окремо для цеху) єдиною системою, в якій дані вводяться один раз і одразу доступні всім підрозділам, яким вони потрібні.

Без ERP-системи	З ERP-системою
Дані про залишки на складі та про виробниче замовлення ведуться окремо, часто з розбіжностями	Єдина база даних: списання матеріалу на виробництво автоматично відображається в залишках складу
Собівартість продукції розраховується вручну, із затримкою в кілька днів чи тижнів	Собівартість формується автоматично на основі фактичних витрат матеріалів, праці й накладних витрат
Керівництво отримує зведену картину по підприємству раз на місяць, за підсумками звітного періоду	Керівництво бачить актуальний стан виробництва, складів і фінансів практично в реальному часі

14.7 Основні функціональні модулі ERP-систем

Функціональність ERP-системи організована у вигляді окремих, але тісно взаємопов'язаних через спільну базу даних модулів. Конкретний набір модулів, які підприємство фактично використовує, залежить від його галузі та масштабу, проте чотири модулі є практично універсальними для будь-якого виробничого підприємства.

Модуль	Основні функції	Приклад для машинобудівного / ливарного підприємства
Виробництво (Production)	Планування виробничих замовлень, маршрутизація операцій, облік виконання, розрахунок норм витрат матеріалів	Формування виробничого замовлення на партію виливків із зазначенням марки сплаву та технологічного маршруту
Склад (Inventory / Warehouse)	Облік залишків сировини, матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції; управління переміщеннями	Облік залишків чавуну, легувальних добавок, формувальних матеріалів на складі
Фінанси (Finance)	Бухгалтерський і управлінський облік, розрахунок собівартості, бюджетування, розрахунки з контрагентами	Розрахунок фактичної собівартості партії виливків з урахуванням витрат металу, енергії та праці
Персонал (HR)	Облік кадрів, робочого часу, нарахування заробітної плати, планування навантаження персоналу	Облік робочого часу формувальників і плавильників, розподіл змін по дільницях

Крім цих чотирьох базових модулів, ERP-система підприємства нерідко інтегрується із системами інших класів, розглянутими в темі 7, — MES-системою для детального оперативного управління безпосередньо в цеху (підрозділ 7.4), PLM-системою для управління життєвим циклом виробу (підрозділ 7.3), а також, як буде показано в підрозділі 14.8, безпосередньо з CAD/CAE-системами інженерного проєктування.

14.8 Взаємозв'язок CAD/CAE-систем із корпоративними інформаційними системами

Практична цінність розглянутих у цій темі систем розкривається повною мірою лише тоді, коли вони розглядаються не ізольовано, а як єдиний інформаційний ланцюжок — від задуму виробу до його фактичного виготовлення й обліку на складі готової продукції.

Етап	Система	Що передається на наступний етап
Проектування геометрії деталі	CAD	Тривимірна модель, креслення, специфікація матеріалів
Інженерний розрахунок і оптимізація	CAE	Підтверджені розрахунком геометрія та параметри технологічного процесу
Управління даними про виріб протягом усього життєвого циклу	PLM (тема 7)	Актуальна версія конструкторської документації, історія змін
Планування виробничого замовлення й ресурсів	ERP	Замовлення на виробництво з переліком матеріалів і термінами
Оперативне управління виконанням у цеху	MES (тема 7)	Фактичні дані виконання, які повертаються в ERP для обліку собівартості

Такий наскрізний потік даних — від CAD-моделі до MES-звіту про фактичне виконання — на практиці рідко буває повністю автоматизованим на невеликих підприємствах, проте саме до нього прагне сучасна концепція цифровізації виробництва, детальніше розглянута в наступній темі 15. Розрив цього ланцюжка (наприклад, коли конструкторська документація існує лише на папері й вручну переноситься у виробниче замовлення) є типовим джерелом помилок, затримок і додаткових витрат на реальному підприємстві.

14.9 Практичні рекомендації щодо початку роботи з CAD/CAE-системами

Для студента, який лише розпочинає знайомство з інструментами комп'ютерного проєктування та інженерного аналізу, корисно дотримуватися кількох практичних принципів, які суттєво пришвидшують освоєння будь-якої конкретної CAD/CAE-системи.

- Опановувати спочатку принципи параметричного моделювання на простих деталях (втулка, фланець, кронштейн), а не одразу братися за складні складання — розуміння логіки побудови ескізів і накладених на них обмежень важливіше за швидке заучування послідовності натискання кнопок.
- Використовувати навчальні (студентські) ліцензії провідних CAD-систем, які виробники, як правило, надають безкоштовно для здобувачів вищої освіти — це дозволяє працювати з тим самим програмним забезпеченням, що застосовується в промисловості, без порушення умов ліцензування.
- Не сприймати результат CAE-розрахунку як апіорі правильний: перш ніж довіряти отриманим числовим значенням напружень чи температур, варто перевірити коректність накладених граничних умов, властивостей матеріалу та якості скінченно-елементної сітки — та сама методологія верифікації результатів, що розглядалася в темі 12, застосовна й до інженерних розрахунків.
- Звертати увагу на те, яке саме програмне забезпечення використовується на профільній кафедрі та потенційних місцях майбутнього працевлаштування, оскільки практичний досвід роботи в конкретній системі є цінним доповненням до розуміння загальних принципів CAD/CAE-моделювання.

Підсумовуючи, тема 14 показує, що інформаційні технології в інженерній практиці матеріалознавця охоплюють не лише офісні інструменти чи аналіз даних, розглянуті в попередніх темах курсу, а й спеціалізовані системи проєктування, розрахунку та управління виробництвом, які утворюють єдиний інформаційний ланцюжок від ідеї виробу до готової продукції. У наступній темі 15 цей розгляд буде поглиблено в напрямку концепції цифровізації виробництва та «Індустрії 4.0».

Тема курсу	Що додає до наскрізного інформаційного ланцюжка виробу
Тема 2–4 (офісні пакети, мережі)	Базові навички роботи з документами та передачі даних між підрозділами
Тема 6 (хмарні технології)	Спільний доступ до конструкторської документації та її версіонування
Тема 7 (інформаційні системи підприємства)	Загальна класифікація ERP/CRM/MES/PLM та рівнів управління
Тема 8–13 (штучний інтелект і дані)	Методи аналізу даних і верифікації результатів, застосовні також до CAE-розрахунків
Тема 14 (ця тема)	Інструменти проєктування (CAD), розрахунку (CAE) та управління ресурсами (ERP)

Ця узагальнювальна таблиця показує, що тема 14 не є ізольованим фрагментом курсу, а спирається на матеріал усіх попередніх тем і водночас готує основу для подальшого розгляду цифровізації виробництва в темі 15 та питань інформаційної безпеки виробничих систем у завершальній темі 16 курсу.

14.10 Приклад: наскрізний інформаційний ланцюжок при проєктуванні литої деталі

Розглянемо умовний, але типовий для машинобудівного підприємства приклад, який ілюструє, як розглянуті в цій темі системи взаємодіють між собою на практиці при виготовленні литого корпусу редуктора.

Крок	Дія	Використана система
1	Конструктор будує тривимірну параметричну модель корпусу редуктора з урахуванням посадкових місць під підшипники та кріпильних отворів	CAD
2	Виконується статичний міцнісний та тепловий розрахунок корпусу під робочим навантаженням; за результатами товщину окремих стінок зменшено на 15 % без втрати запасу міцності	CAE
3	Технолог-ливарник моделює заповнення ливарної форми розплавом і затвердіння виливка, виявляючи ризик усадкової раковини в потовщеній зоні кріплення	CAE (спеціалізована, ливарна)
4	Конструкцію литникової системи скориговано за результатами моделювання; остаточна документація передається у виробництво	CAD → PLM (тема 7)
5	Формується виробниче замовлення на партію виливків із зазначенням марки сплаву, кількості та терміну виготовлення; списується сировина зі складу	ERP
6	Цех отримує детальний технологічний маршрут і фіксує фактичне виконання операцій, дані про яке повертаються в ERP для розрахунку фактичної собівартості партії	MES (тема 7) → ERP

Цей приклад демонструє головну практичну ідею теми 14: жодна з розглянутих систем не працює ізольовано — цінність CAD-моделі розкривається через CAE-розрахунок, цінність CAE-розрахунку підтверджується подальшою реалізацією у виробництві через ERP і MES, а помилка чи розрив на будь-якому з цих кроків (наприклад, ігнорування результату моделювання усадкової раковини) прямо позначається на якості й собівартості готової продукції.

Контрольні питання для самоперевірки

- Поняття систем автоматизованого проєктування (CAD) та інженерного аналізу (CAE).
- Основні можливості CAD-систем для тривимірного моделювання деталей.
- Поняття скінченно-елементного аналізу (CAE), сфери його застосування в матеріалознавстві.
- Поняття та призначення ERP-систем на виробничому підприємстві.
- Основні функціональні модулі ERP-систем (виробництво, склад, фінанси, персонал).

Рекомендована література до теми

1. Інформаційно-комп'ютерні технології в машинобудуванні : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / В. В. Савуляк, О. В. Піонткевич, Н. С. Семічаснова. – Вінниця : ВНТУ, 2024. 133 с.

2. Піонткевич О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В., Савуляк В. В. Забезпечення результатів вивчення CAD/CAE/CAM систем для підготовки фахівців із спеціальності «Прикладна механіка». Матеріали XVI Міжнародної науково-методичної конференції «Сучасна освіта - доступність, якість, визнання», 13–14 листопада 2024 р. Краматорськ : ДДМА, 2024. С. 247–252.

3. Поліщук М. М., Батрак Є. О. CAD-проекти та робототехнічні системи. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології». Київ : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2021. 112 с.

4. Козяр М. М., Фещук Ю. В., Парфенюк О. В. Комп'ютерна графіка Solidworks : навч. посіб. Херсон : Олді-Плюс, 2018. 251 с.

5. Павлиш В. А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.

Тема 15. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНОМУ ВИРОБНИЦТВІ ТА БІЗНЕСІ

У темі 14 було розглянуто конкретні інструменти проектування (CAD), інженерного аналізу (CAE) та управління ресурсами підприємства (ERP). Ця тема підіймається на рівень вище й розглядає загальну концепцію, у межах якої всі ці окремі інструменти об'єднуються в єдину цифрову екосистему сучасного виробничого підприємства, — концепцію цифровізації виробництва та «Індустрії 4.0». Матеріал цієї теми безпосередньо готує до завершальної теми курсу (тема 16), присвяченої кібербезпеці: чим глибше виробництво інтегроване в єдиний цифровий простір, тим більшого значення набуває захист цього простору від загроз.

15.1 Поняття цифровізації (цифрової трансформації) виробництва

Цифровізація (цифрова трансформація) виробництва — процес послідовного впровадження цифрових технологій у всі аспекти діяльності підприємства (проектування, виробництво, логістику, збут, обслуговування клієнтів), який приводить не просто до автоматизації окремих операцій, а до якісної зміни бізнес-моделі підприємства та способу прийняття управлінських рішень.

Важливо розрізняти два поняття, які часто плутають. Цифровізація (digitization) у вузькому сенсі — це переведення аналогової інформації в цифрову форму (наприклад, сканування паперового креслення). Цифрова трансформація (digital transformation) — значно ширше поняття: це перебудова самих бізнес-процесів і організаційної культури підприємства на основі можливостей, які надають цифрові технології, включно з усіма інструментами, розглянутими в попередніх темах курсу — від спільної роботи над документами (тема 6) до аналізу даних (тема 11) і корпоративних інформаційних систем (теми 7, 14).

15.2 Концепція «Індустрія 4.0»: основні складові та принципи

Термін «Індустрія 4.0» (Industry 4.0) виник у Німеччині близько 2011 року для позначення четвертої промислової революції — переходу від автоматизованого виробництва до виробництва, у якому фізичне обладнання, вироби та інформаційні системи утворюють єдину, здатну до самостійної координації мережу («кіберфізичні системи», cyber-physical systems).

Промислова революція	Період	Ключова технологія
Перша	Кінець XVIII ст.	Механізація за допомогою парової машини
Друга	Кінець XIX — початок XX ст.	Електрифікація та конвеєрне масове виробництво
Третя	1970-і роки	Автоматизація за допомогою електроніки та комп'ютерів (ПЛК, ЧПК-верстати)
Четверта (Індустрія 4.0)	З 2010-х років	Кіберфізичні системи, інтернет речей, великі дані, штучний інтелект

Концепція «Індустрія 4.0» спирається на кілька технологічних складових, більшість з яких уже так чи інакше розглядалися в попередніх темах курсу:

- Промисловий інтернет речей (IIoT) — мережа датчиків і пристроїв, що збирають дані безпосередньо з обладнання (детальніше — підрозділ 15.3).
- Великі дані (Big Data) та їх аналіз — накопичення й обробка величезних масивів виробничих даних методами, розглянутими в темі 11.
- Хмарні та периферійні (edge) обчислення — зберігання й обробка даних поза локальним обладнанням (тема 6) або безпосередньо на самому пристрої для мінімізації затримки.
- Штучний інтелект і машинне навчання — прогнозування несправностей, оптимізація режимів роботи обладнання (теми 8–11).
- Цифрові двійники (digital twin) — віртуальні моделі фізичних об'єктів, що синхронізуються з реальними даними (детальніше — підрозділ 15.5).
- Адитивні технології (3D-друк) та роботизація — нові способи фізичного виготовлення деталей (підрозділ 15.6).

15.2.1 Принципи «Індустрії 4.0» на прикладі ливарного підприємства

Щоб перелічені вище абстрактні складові концепції не залишалися суто теоретичними, розглянемо, як кожна з них могла б виглядати на конкретному, типовому для спеціальності «Матеріалознавство» ливарному підприємстві середнього розміру.

Складова Індустрії 4.0	Конкретне застосування на ливарній дільниці
Промисловий інтернет речей	Давачі температури розплаву в печі та вологості формувальної суміші, що передають дані щохвилини
Великі дані та їх аналіз	Накопичення історії параметрів кожної плавки для подальшого пошуку зв'язку між режимом плавки та якістю виливків
Хмарні обчислення	Зберігання архіву технологічних параметрів у хмарі (тема 6) з доступом технологів з будь-якого робочого місця
Штучний інтелект	Модель прогнозування ризику утворення усадкової раковини за параметрами конкретної плавки (аналогічно прикладу з теми 11)
Цифровий двійник	Віртуальна модель плавильної печі, що прогнозує залишковий ресурс футерівки (підрозділ 15.5)

Цей приклад показує головну практичну ідею концепції «Індустрія 4.0»: жодна з її складових не є самодостатньою — цінність з'являється саме тоді, коли дані з давачів (IIoT) накопичуються та аналізуються (великі дані, III), а результати аналізу повертаються у виробничий процес у вигляді конкретних рекомендацій чи автоматичних коригувань.

15.3 Роль інтернету речей (IoT) у сучасному промисловому виробництві

Інтернет речей (Internet of Things, IoT) — мережа фізичних пристроїв (датчиків, лічильників, виконавчих механізмів), оснащених засобами збору даних і бездротового зв'язку, що дозволяє їм обмінюватися інформацією між собою та з інформаційними системами без постійної безпосередньої участі людини. У промисловому контексті використовується уточнений термін — промисловий інтернет речей (Industrial Internet of Things, IIoT), про який побіжно вже згадувалося в підрозділі 7.6 як про один із каналів надходження даних у MES/ERP-систему підприємства.

15.3.1 Типова архітектура промислової IIoT-системи

Рівень архітектури	Призначення	Приклад
Рівень датчиків (edge)	Безпосереднє вимірювання фізичних величин на обладнанні	Датчик температури печі, вібрації підшипника, витрати електроенергії
Рівень передачі даних	Транспортування вимірянних даних до системи обробки	Промислові протоколи (Modbus, OPC UA), Wi-Fi, стільниковий зв'язок
Рівень обробки й зберігання	Накопичення та первинна обробка даних	Хмарна платформа (тема 6) або локальний сервер підприємства
Рівень аналізу та ухвалення рішень	Виявлення закономірностей, прогнозування, формування сигналів	Моделі машинного навчання (теми 9–11), правила автоматичного реагування
Рівень інтеграції з бізнес-системами	Використання отриманих висновків для управлінських рішень	Автоматичне формування заявки на технічне обслуговування в MES/ERP (тема 7, 14)

Для матеріалознавця та фахівця ливарного виробництва практичне значення IIoT проявляється насамперед у можливості безперервного контролю технологічних параметрів процесу (температури розплаву, швидкості охолодження, тиску пресування) з точністю та частотою, недосяжною для ручного контролю оператором, що напряду впливає на відтворюваність властивостей отриманого матеріалу.

15.4 Технології моніторингу виробничих процесів у реальному часі

Дані, зібрані датчиками IIoT, набувають практичної цінності лише тоді, коли вони перетворюються на зрозумілу для оператора чи керівника інформацію — саме цю функцію виконують системи моніторингу виробничих процесів у реальному часі.

- SCADA-системи (Supervisory Control and Data Acquisition) — системи диспетчерського управління й збору даних, що відображають поточний стан технологічного обладнання на схематичній мнемосхемі й дозволяють оператору дистанційно втручатися в процес.
- Виробничі дашборди (dashboards) — узагальнені візуальні панелі з ключовими показниками ефективності (наприклад, коефіцієнт використання обладнання OEE), побудовані за тими самими принципами роботи з діаграмами та зведеними таблицями, що розглядалися в темі 4.
- Системи предиктивного (прогнозного) технічного обслуговування — аналіз тренду показників вібрації, температури чи енергоспоживання обладнання для прогнозування несправності до її фактичного виникнення, з використанням методів, розглянутих у темі 11.

- Системи простежуваності партій (traceability) — фіксація повної історії проходження конкретної партії матеріалу чи виробу через усі етапи технологічного процесу, від вихідної сировини до готової продукції.

Ключова відмінність моніторингу в реальному часі від традиційного, періодичного контролю (наприклад, ручного запису показань раз на зміну) полягає не лише в частоті вимірювань, а в можливості автоматичної реакції на відхилення — від простого сигналу тривоги оператору до автоматичного коригування параметрів процесу без втручання людини.

15.4.1 Приклад розрахунку показника ефективності обладнання (ОЕЕ)

Одним із найпоширеніших узагальнених показників, які відображаються на виробничому дашборді, є коефіцієнт загальної ефективності обладнання (Overall Equipment Effectiveness, ОЕЕ), що об'єднує три складові: доступність обладнання (частка часу, коли обладнання фактично працювало), продуктивність (відношення фактичної швидкості роботи до номінальної) та якість (частка продукції без браку).

Складова ОЕЕ	Умовні вихідні дані зміни	Значення показника
Доступність	Планова тривалість зміни 480 хв, простої 48 хв	$(480 - 48) / 480 = 0,90$
Продуктивність	Номінальна швидкість 100 виливків/год, фактична — 88 виливків/год	$88 / 100 = 0,88$
Якість	Виготовлено 700 виливків за зміну, придатних — 665	$665 / 700 = 0,95$
ОЕЕ (добуток трьох складових)	—	$0,90 \times 0,88 \times 0,95 \approx 0,75$, тобто 75 %

Отримане значення ОЕЕ = 75 % означає, що дільниця фактично використовує лише три чверті свого теоретично можливого виробничого потенціалу; систематичний облік цього показника за допомогою автоматизованого моніторингу (а не одноразовий вибірковий підрахунок) дозволяє точно визначити, яка з трьох складових — простої, знижена швидкість чи брак — найбільше стримує ефективність, і спрямувати зусилля саме туди, а не намагатися покращувати всі напрямки одночасно навмання.

15.5 Цифрові двійники як інструмент інтеграції проєктування й виробництва

Цифровий двійник (digital twin) — віртуальна модель фізичного об'єкта (деталі, машини, цілої виробничої лінії), яка не просто відтворює його геометрію (як звичайна CAD-модель, розглянута в темі 14), а безперервно синхронізується з реальними даними від цього об'єкта через ІоТ-датчики, дозволяючи спостерігати за його фактичним станом, прогнозувати поведінку та випробовувати зміни віртуально, перш ніж вносити їх у реальний об'єкт.

Практична різниця між CAD/CAE-моделлю з теми 14 та цифровим двійником полягає саме в цьому зворотному зв'язку з реальністю: CAE-розрахунок, розглянутий у попередній темі, виконується один раз на етапі проєктування й використовує теоретичні чи паспортні властивості матеріалу, тоді як цифровий двійник виробничої лінії безперервно оновлюється фактичними даними про знос обладнання, реальні температурні режими та фактичну якість

продукції, що дозволяє виявляти розбіжність між проєктними розрахунками та реальною поведінкою системи.

Приклад застосування цифрового двійника	Практична користь
Цифровий двійник плавильної печі	Прогнозування залишкового ресурсу футерівки на основі фактичних температурних циклів
Цифровий двійник ливарної дільниці	Випробування зміни технологічного маршруту віртуально, без зупинки реального виробництва
Цифровий двійник готового виробу	Порівняння прогнозованих CAE-розрахунком і фактично виміряних експлуатаційних навантажень

15.6 Адитивні технології (3D-друк) у сучасному виробництві

Адитивні технології (additive manufacturing, пошарове «виросування» виробу з матеріалу за цифровою моделлю) є ще однією ключовою складовою «Індустрії 4.0», що має пряме відношення до спеціальності «Матеріалознавство». На відміну від традиційних субтрактивних методів обробки (фрезерування, точіння, де матеріал видаляється із заготовки) чи ливарних методів (де матеріал заповнює готову форму), адитивні технології формують виріб пошарово безпосередньо з тривимірної CAD-моделі, розглянутої в темі 14, без потреби у спеціалізованій оснастці.

- Для металевих виробів найпоширенішими є технології селективного лазерного та електронно-променевого сплавлення металевого порошку (SLM, EBM) — застосовуються для виготовлення складних за геометрією деталей авіакосмічної та медичної галузей.
- Властивості матеріалу, отриманого адитивним методом, суттєво відрізняються від властивостей того самого сплаву, отриманого традиційним литтям чи обробкою тиском (інша мікроструктура, анізотропія властивостей), що є окремим напрямом матеріалознавчих досліджень.
- Адитивні технології особливо ефективні для дрібносерійного виробництва складних деталей і швидкого прототипування, тоді як для великосерійного виробництва простих деталей традиційне лиття чи штампування залишається економічно доцільнішим.

15.7 Вплив цифровізації на ефективність та конкурентоспроможність підприємства

Впровадження розглянутих у цій темі технологій має сенс лише тоді, коли воно приводить до вимірного покращення показників діяльності підприємства. Основні напрямки такого впливу узагальнено в таблиці нижче.

Напрямок впливу	Механізм досягнення ефекту
Скорочення простоїв обладнання	Предиктивне технічне обслуговування (підрозділ 15.4) замість планово-запобіжних ремонтів за фіксованим графіком
Зниження браку та підвищення стабільності якості	Безперервний контроль технологічних параметрів (підрозділ 15.3) замість вибіркового контролю
Скорочення часу виведення нового виробу на ринок	Наскрізна інтеграція CAD/CAE/PLM (тема 14) без повторного ручного перенесення даних
Зниження витрат на зберігання запасів	Точніше прогнозування попиту та потреби в матеріалах на основі аналізу даних (тема 11)

Напрямок впливу	Механізм досягнення ефекту
Гнучкість дрібносерійного виробництва	Адитивні технології (підрозділ 15.6) та швидке перепрограмування автоматизованого обладнання

Водночас цифровізація потребує суттєвих початкових інвестицій та перекваліфікації персоналу, а її ефект часто проявляється не одразу, а протягом кількох років — тому рішення про впровадження конкретної технології має ухвалюватися на основі обґрунтованого економічного розрахунку, а не лише слідування загальній моді на «цифрову трансформацію».

15.8 Бар'єри впровадження цифровізації на підприємствах

Практика впровадження цифрових технологій на українських машинобудівних і ливарних підприємствах показує, що технічна складність рідко є головною перешкодою — набагато частіше вирішальними виявляються організаційні та людські фактори.

Бар'єр	Суть проблеми
Застаріле обладнання	Значна частина виробничого обладнання не має вбудованих засобів цифрового зв'язку й потребує додаткового оснащення давачами
Опір персоналу змінам	Побоювання щодо скорочення робочих місць або необхідності освоювати нові навички у працівників з багаторічним досвідом ручного контролю
Брак кваліфікованих кадрів	Дефіцит фахівців, що поєднують знання технологічного процесу з навичками роботи з цифровими системами — саме та комбінація компетентностей, яку формує цей курс
Розрізненість систем (відсутність інтеграції)	Впровадження окремих цифрових рішень без їх узгодження в єдину систему (розрив наскрізного ланцюжка, про який ішлося в підрозділі 14.8)
Питання кібербезпеки	Побоювання щодо вразливості підключеного до мережі обладнання — детально розглядається в завершальній темі 16 курсу

15.9 Підсумок теми та перехід до питань кібербезпеки

Ця тема показала, що «Індустрія 4.0» та цифровізація виробництва не є окремою новою технологією, а радше інтеграційною концепцією, яка об'єднує в єдину систему практично всі інструменти, розглянуті протягом курсу: від офісних і хмарних технологій (теми 2–6) через корпоративні інформаційні системи та CAD/CAE (теми 7, 14) до методів аналізу даних і штучного інтелекту (теми 8–13).

- Цифровізація — послідовна перебудова бізнес-процесів підприємства на основі цифрових технологій, а не одноразове впровадження окремого програмного продукту.
- «Індустрія 4.0» спирається на кіберфізичні системи, що об'єднують промисловий інтернет речей, аналіз великих даних, хмарні обчислення та штучний інтелект.
- Промисловий IoT забезпечує безперервний потік фактичних даних з виробничого обладнання, на основі якого будуються системи моніторингу реального часу та цифрові двійники.
- Практичний ефект цифровізації вимірюється конкретними показниками — скороченням простоїв, зниженням браку, пришвидшенням виведення нових виробів на ринок, а не самим фактом впровадження технології.

Водночас чим тісніше виробниче обладнання, датчики та інформаційні системи підприємства інтегровані в єдину мережу, тим більшою стає поверхня для потенційних кіберзагроз — вихід з ладу чи несанкціоноване втручання в один вузол цифрової екосистеми може вплинути на роботу всього підприємства. Саме тому логічним і необхідним завершенням курсу є тема 16, присвячена основам кібербезпеки та цифрової гігієни інженера.

Тема курсу	Внесок у цілісну картину цифрового виробництва
Тема 4 (аналіз даних в Excel)	Базові навички побудови діаграм і зведених таблиць, на яких ґрунтуються виробничі дашборди (підрозділ 15.4)
Тема 6 (хмарні технології)	Модель зберігання й обробки даних, застосовна до хмарних обчислень «Індустрії 4.0» (підрозділ 15.2)
Тема 7 (інформаційні системи підприємства)	Класифікація ERP/MES/PLM, у які інтегруються дані від IoT-давачів
Тема 8–11 (штучний інтелект і аналіз даних)	Методи, на яких будується предиктивне обслуговування та цифрові двійники (підрозділи 15.4–15.5)
Тема 12 (верифікація результатів)	Принцип критичної перевірки прогнозів, застосовний до будь-якого автоматизованого висновку системи моніторингу
Тема 14 (CAD/CAE)	Вихідна цифрова модель виробу, яка стає основою цифрового двійника (підрозділ 15.5) та адитивного виробництва (підрозділ 15.6)

Ця узагальнювальна таблиця ще раз підкреслює головну ідею третього змістового модуля курсу: жодна з розглянутих у ньому систем — CAD/CAE, ERP, IoT, цифрові двійники — не є самостійною «магічною» технологією, а є практичним застосуванням тих самих базових принципів роботи з інформацією, даними та автоматизованими системами, що вивчалися протягом усього курсу, лише в масштабі цілого виробничого підприємства.

15.10 Приклад: поетапний план цифровізації дільниці підприємства

Щоб пов'язати розглянуті в цій темі поняття в практичну послідовність дій, розглянемо умовний, але типовий поетапний план впровадження елементів «Індустрії 4.0» на окремій виробничій дільниці машинобудівного підприємства — саме так на практиці й відбувається цифровізація: не одномоментним «стрибком», а послідовністю окремих, порівняно недорогих кроків.

Етап	Зміст етапу	Очікуваний результат
1. Аудит поточного стану	Визначення того, які параметри процесу вже вимірюються, а які — ні, і яким чином дані фіксуються (папір, електронна таблиця, автоматично)	Перелік «сліпих зон» — параметрів, які варто почати вимірювати автоматично
2. Встановлення базових датчиків	Оснащення ключового обладнання найпростішими датчиками (температури, вібрації, споживання електроенергії)	Перший потік реальних даних у режимі, близькому до реального часу
3. Впровадження системи збору й візуалізації даних	Розгортання SCADA-системи чи виробничого дашборду (підрозділ 15.4) для відображення зібраних даних	Оператори та керівники дільниці отримують наочну картину поточного стану процесу
4. Накопичення історії та перший аналіз	Збереження даних протягом кількох місяців, пошук закономірностей методами теми 11	Виявлення, наприклад, зв'язку між певним режимом роботи та підвищеним відсотком браку
5. Впровадження прогнозних моделей	Побудова моделі предиктивного обслуговування чи прогнозування якості на основі накопичених даних	Перехід від реагування на проблему до її запобігання
6. Інтеграція з ERP/MES та цифровим двійником	Об'єднання отриманих висновків з корпоративними системами (тема 7, 14) для автоматизації управлінських рішень	Замкнений цифровий цикл «дані → аналіз → рішення → дія», що й становить суть «Індустрії 4.0»

Практична цінність такого поетапного підходу полягає в тому, що він не потребує одразу значних інвестицій у повну автоматизацію всього підприємства: кожен наступний етап спирається на дані та досвід, накопичені на попередньому, а рішення про перехід до наступного етапу ухвалюється на основі вже отриманого практичного ефекту, а не лише теоретичних очікувань.

15.11 Роль інженера-матеріалознавця в процесі цифровізації підприємства

Може скластися враження, що впровадження описаних у цій темі технологій — виключно завдання ІТ-фахівців підприємства. Насправді ключову роль у процесі цифровізації виробництва відіграє саме інженер-технолог чи інженер-матеріалознавець, оскільки лише він володіє знанням фізичної суті технологічного процесу, необхідним для того, щоб зібрані цифровими системами дані отримали правильну інтерпретацію.

- Визначення того, які саме параметри процесу мають фізичний сенс вимірювати та контролювати в першу чергу (наприклад, для ливарного процесу — температура заливки й швидкість охолодження, а не довільний набір показників, які просто «легко виміряти»).

- Інтерпретація виявлених системою аналізу даних закономірностей (тема 11) з погляду фізики та хімії процесу — статистична кореляція, виявлена алгоритмом, потребує змістовного матеріалознавчого пояснення, перш ніж на її основі можна ухвалювати технологічне рішення.
- Формулювання технічного завдання на розробку моделі прогнозування якості чи предиктивного обслуговування — сама модель без розуміння предметної області, яке вносить фахівець, ризикує оптимізувати не той показник чи спиратися на помилкові припущення.
- Критична перевірка (верифікація, тема 12) результатів роботи автоматизованих систем моніторингу та прогнозування, оскільки відповідальність за остаточне технологічне рішення, як і в темі 13, завжди залишається на людині, а не на алгоритмі.

Отже, компетентності, сформовані цим курсом, — від роботи з даними та інформаційними системами до критичного оцінювання результатів автоматизованого аналізу, — є не додатковими, а базовими для сучасного інженера-матеріалознавця незалежно від того, наскільки глибоко конкретне підприємство, на якому він працюватиме, просунулося шляхом цифрової трансформації.

Компетентність фахівця	Де сформована в курсі
Робота з даними та їх візуалізація	Тема 4 (аналіз даних в Excel)
Спільна робота з документацією у хмарі	Тема 6 (хмарні технології)
Розуміння структури корпоративних інформаційних систем	Тема 7 (інформаційні системи підприємства)
Критичне оцінювання результатів автоматизованого аналізу	Тема 12 (верифікація результатів)
Розуміння взаємозв'язку CAD/CAE з виробничим циклом	Тема 14 (комп'ютерне моделювання, CAD/CAE, ERP)
Системне бачення цифрового виробництва в цілому	Тема 15 (ця тема)

Ця підсумкова таблиця завершує розгляд теми 15 і водночас слугує містком до останньої теми курсу: чим ширше коло компетентностей і систем залучено в єдиний цифровий контур підприємства, тим гострішим стає питання захисту цього контуру від зовнішніх і внутрішніх загроз, розглянуте в темі 16.

Варто ще раз наголосити, що жодна з перелічених у таблиці компетентностей не втрачає цінності з появою нових поколінь цифрових інструментів: конкретна CAD-система, конкретна ERP-платформа чи конкретний алгоритм машинного навчання, з якими студент безпосередньо працюватиме на майбутньому місці роботи, майже напевно відрізнятимуться від прикладів, розглянутих у цьому курсі, — проте вміння системно мислити про потік даних від проектування до готової продукції та критично оцінювати результат роботи будь-якої автоматизованої системи залишається універсальним і довготривалим фаховим активом.

Саме з цієї причини курс завершується не описом чергового конкретного інструмента, а темою 16, присвяченою кібербезпеці, — питанню, яке залишиться актуальним для будь-якого набору цифрових технологій, з якими інженеру-матеріалознавцю доведеться працювати протягом усієї професійної кар'єри.

Контрольні питання для самоперевірки

- Поняття цифровізації (цифрової трансформації) виробництва.
- Концепція «Індустрія 4.0»: основні складові та принципи.
- Роль інтернету речей (IoT) у сучасному промисловому виробництві.
- Приклади цифрових технологій моніторингу виробничих процесів у реальному часі.
- Вплив цифровізації на ефективність та конкурентоспроможність підприємства.

Рекомендована література до теми

1. Інформаційно-комп'ютерні технології в машинобудуванні : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / В. В. Савуляк, О. В. Піонткевич, Н. С. Семічаснова. – Вінниця : ВНТУ, 2024. 133 с.
2. Павлиш В. А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.
3. Райковська Г. О. Шляхи вдосконалення підготовки фахівців машинобудівної галузі. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2019. № 2. С. 111–116. DOI: 10.31649/1997-9266-2019-143-2-111-116.
4. Ю. А. Буренніков, Л. Г. Козлов, В. В. Савуляк, Д. О. Лозинський, Н. С. Семічаснова. Підвищення ефективності викладання дисциплін «Вступ до фаху» і дисциплін з інформаційних технологій на машинобудівних спеціальностях. Матеріали ЛІІ науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2023). Вінниця : ВНТУ, 2023. С. 2826–2829.

Тема 16. КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ ДАНИХ: ЦИФРОВА ГІГІЄНА ІНЖЕНЕРА

Цією темою завершується весь курс «Інформаційні та комунікаційні технології». У темі 15 було показано, що сучасне виробниче підприємство є щільно інтегрованою цифровою екосистемою, яка об'єднує хмарні сервіси (тема 6), корпоративні інформаційні системи (теми 7, 14), промисловий інтернет речей і системи моніторингу (тема 15). Чим тісніша ця інтеграція, тим ширшою стає «поверхня атаки» — сукупність потенційних точок, через які зловмисник може отримати несанкціонований доступ до даних чи порушити роботу системи. Тема 16 розглядає основи захисту від таких загроз — як на рівні окремого користувача, так і на рівні підприємства в цілому.

16.1 Основні загрози інформаційній безпеці для окремого користувача та підприємства

Інформаційна безпека — стан захищеності інформації та інформаційних систем від загроз їх конфіденційності (нерозголошення стороннім особам), цілісності (незмінності без санкції) та доступності (можливості вчасно отримати доступ до потрібних даних). Ці три властивості (конфіденційність, цілісність, доступність) утворюють так звану тріаду CIA (Confidentiality, Integrity, Availability) — базову модель, на яку спираються практично всі підходи до інформаційної безпеки.

Рівень загрози	Типові приклади	Можливі наслідки
Для окремого користувача	Викрадення пароля, зараження особистого пристрою шкідливим програмним забезпеченням, шахрайські повідомлення	Втрата особистих даних, фінансові збитки, втрата доступу до облікових записів
Для окремого підрозділу підприємства	Втрата робочого файлу через відмову диска без резервної копії, випадкове видалення спільного документа	Втрата робочого часу, необхідність повторного виконання роботи
Для підприємства в цілому	Атака на корпоративну ERP-систему (тема 7, 14), витік конструкторської документації, зупинка виробництва через блокування системи керування	Прямі фінансові збитки, репутаційні втрати, розкриття комерційної таємниці

16.2 Поняття шкідливого програмного забезпечення, його основні типи

Шкідливе програмне забезпечення (malware, скорочення від malicious software) — будь-яке програмне забезпечення, спеціально створене для несанкціонованого доступу до комп'ютерної системи, пошкодження даних чи порушення нормальної роботи пристрою без відома або згоди користувача.

Тип шкідливого ПЗ	Принцип дії	Характерна ознака
Вірус (virus)	Вбудовується в інші програми чи файли та поширюється при їх запуску чи копіюванні	Потребує «носія» — файлу чи програми, до якої прикріплюється
Хробак (worm)	Самостійно поширюється мережею, не потребуючи носія чи дії користувача	Швидке масове поширення без участі людини
Троян (trojan)	Маскується під легітимну, корисну програму, приховано виконуючи шкідливі дії	Користувач сам встановлює програму, не підозрюючи про загрозу
Програма-вимагач (ransomware)	Шифрує файли користувача та вимагає викуп за їх розшифрування	Раптова неможливість відкрити власні файли, повідомлення з вимогою оплати
Шпигунське ПЗ (spyware)	Приховано збирає інформацію про дії користувача (натискання клавіш, відвідані сайти)	Працює непомітно, без видимих проявів у роботі системи
Рекламне ПЗ (adware)	Показує небажану рекламу, часто встановлюється разом з безкоштовними програмами	Поява спливаючих вікон і небажаних панелей у браузері

Для інженера, який працює із CAD/CAE-моделями (тема 14) чи іншими файлами, що становлять інтелектуальну власність підприємства, найбільшу практичну небезпеку становить саме програма-вимагач: втрата доступу до конструкторської документації навіть на кілька днів здатна повністю зупинити роботу конструкторського підрозділу, а відновлення файлів без резервної копії (детальніше — підрозділ 16.6) часто взагалі неможливе.

16.3 Принципи створення надійних паролів і багатофакторна автентифікація

Пароль залишається найпоширенішим засобом автентифікації (підтвердження особи користувача), проте водночас є і найслабшою ланкою захисту, якщо не дотримуватися базових правил його створення та зберігання.

- Довжина важливіша за складність: пароль з 14–16 символів, складений із кількох випадкових слів (наприклад, «зошит-глобус-42-озеро»), надійніший і водночас легший для запам'ятовування, ніж короткий пароль із заплутаним набором символів.
- Унікальність для кожного облікового запису: використання одного й того самого пароля для кількох сервісів означає, що витік даних лише з одного, найменш захищеного сервісу, ставить під загрозу всі інші облікові записи користувача.
- Використання менеджера паролів — спеціалізованої програми для безпечного зберігання й автоматичної підстановки унікальних складних паролів, що знімає з користувача потребу запам'ятовувати десятки паролів самостійно.
- Регулярна зміна пароля лише за наявності підозри на компрометацію (а не за довільним розкладом «раз на місяць»), оскільки часта примусова зміна на практиці часто призводить до вибору слабших, легше запам'ятовуваних паролів.

16.3.1 Багатофакторна автентифікація

Багатофакторна автентифікація (Multi-Factor Authentication, MFA) — метод підтвердження особи, який вимагає не одного, а щонайменше двох незалежних доказів (факторів) одночасно: щось, що користувач знає (пароль), щось, що він має (одноразовий код у мобільному застосунку чи SMS, апаратний ключ), і щось, чим він є (відбиток пальця, розпізнавання обличчя). Навіть якщо пароль користувача викрадено, зловмисник без доступу до другого фактора не зможе увійти в обліковий запис — тому увімкнення багатофакторної автентифікації є однією з найефективніших, за співвідношенням зусиль і результату, практичних мір захисту, доступних кожному користувачеві.

16.4 Поняття фішингу та способи протидії йому

Фішинг (phishing) — вид шахрайства, за якого зловмисник, видаючи себе за довірену особу чи організацію (банк, керівництво підприємства, службу підтримки популярного сервісу), намагається обманом отримати від жертви конфіденційну інформацію (паролі, дані карти) чи спонукати її виконати шкідливу дію (перейти за посиланням, відкрити заражений файл, здійснити переказ коштів). Фішинг є окремим випадком ширшого явища — соціальної інженерії, яка експлуатує не технічні вразливості системи, а довіру, неухважність чи бажання людини швидко відреагувати на здавалося б термінову ситуацію.

Типова ознака фішингового повідомлення	Пояснення
Штучне відчуття терміновості	«Ваш обліковий запис буде заблоковано протягом 24 годин» — тиск часу заважає критично оцінити ситуацію
Невідповідна адреса відправника чи посилання	Адреса лише подібна до офіційної (наприклад, зайва літера чи інший домен верхнього рівня)
Прохання повідомити пароль чи код підтвердження	Жоден легітимний сервіс чи банк ніколи не запитує пароль або одноразовий код електронною поштою чи телефоном
Незвична для відправника мова чи оформлення	Лист нібито від керівника підприємства, написаний у нехарактерному для нього стилі
Вкладений файл із незвичним розширенням	Файли з розширенням .exe, .scr чи макроси в документах Office від невідомого відправника

Головний практичний спосіб протидії фішингу — не технічний, а поведінковий: перевіряти адресу відправника та посилання перед переходом за ним (наведенням курсора без натискання), звертатися до офіційного сайту чи служби підтримки самостійно, а не через посилання з підозрілого листа, і пам'ятати, що штучно створене відчуття терміновості саме по собі є найпоширенішою ознакою шахрайства.

16.5 Основи цифрової гігієни

Цифрова гігієна — комплекс регулярних, звичних практичних дій користувача, спрямованих на підтримання безпеки власних даних і пристроїв, за аналогією зі звичайною особистою гігієною. Три базові складові цифрової гігієни розглянуто нижче.

16.5.1 Резервне копіювання даних (backup)

Резервне копіювання — створення додаткової копії важливих даних, яка зберігається окремо від оригіналу і дозволяє відновити інформацію в разі її втрати (через несправність обладнання, помилку користувача чи атаку програми-вимагача, підрозділ 16.2). Загальноприйнятим орієнтиром є «правило 3-2-1»: не менше трьох копій даних, на щонайменше двох різних типах носіїв, з яких одна копія зберігається територіально окремо (наприклад, у хмарному сховищі, розглянутому в темі 6).

16.5.2 Регулярне оновлення програмного забезпечення

Розробники програмного забезпечення регулярно випускають оновлення, значна частина яких закриває виявлені вразливості — недоліки в коді програми, якими може скористатися зловмисник для несанкціонованого доступу до системи. Ігнорування таких оновлень (особливо для операційної системи та антивірусного програмного забезпечення) залишає систему відкритою для атак, спосіб виконання яких нерідко вже публічно відомий.

16.5.3 Обережність з посиланнями та вкладеннями

Більшість зараження шкідливим програмним забезпеченням і випадків фішингу (підрозділ 16.4) на практиці починається саме з переходу за посиланням чи відкриття вкладеного файлу з ненадійного джерела. Звичка критично оцінювати кожне неочікуване повідомлення з посиланням чи вкладенням, навіть якщо воно нібито надійшло від знайомої особи, є однією з найважливіших і водночас найдешевших мір захисту.

16.6 Кібербезпека виробничих і промислових систем

Розглянуті вище загрози й практики стосуються насамперед звичайних офісних комп'ютерів і облікових записів користувачів. Проте, як показано в темі 15, сучасне виробниче підприємство дедалі більше спирається на промислові інформаційні системи — SCADA, MES, промисловий інтернет речей (IIoT) — які мають власну специфіку кібербезпеки, суттєво відмінну від захисту офісних систем.

Особливість промислових систем	Наслідок для кібербезпеки
Довгий термін експлуатації обладнання (10–30 років)	Промислове обладнання часто працює на застарілому програмному забезпеченні, для якого оновлення безпеки вже не випускаються

Особливість промислових систем	Наслідок для кібербезпеки
Пріоритет безперервності роботи над оновленнями	Планове оновлення чи перезавантаження системи керування може вимагати зупинки виробництва, тому відкладається на невизначений термін
Фізичні наслідки атаки	На відміну від атаки на офісні дані, атака на систему керування ливарною піччю чи пресом може призвести до пошкодження обладнання чи травмування персоналу
Історична ізольованість промислових мереж	Обладнання, спроектоване в епоху, коли підключення до мережі Інтернет не передбачалося, часто не має вбудованих засобів захисту

Практичний наслідок для інженера-матеріалознавця, який працюватиме з автоматизованим виробничим обладнанням чи системами моніторингу (тема 15), полягає в тому, що базові принципи цифрової гігієни (підрозділ 16.5) — обережність з підключенням нових пристроїв до виробничої мережі, своєчасне інформування ІТ-служби про підозрілу поведінку обладнання, дотримання встановлених регламентів доступу — мають не менше значення для промислових систем, ніж для особистого комп'ютера, попри те, що відповідальність за технічну реалізацію захисту зазвичай лежить на спеціалізованій ІТ- чи ОТ-службі (Operational Technology) підприємства.

16.7 Кібербезпека та штучний інтелект: специфічні ризики

Тема 16 логічно перегукується і з другим змістовим модулем курсу (теми 8–13), присвяченим штучному інтелекту: системи, побудовані на моделях машинного навчання, мають власні, специфічні саме для них ризики безпеки, які варто коротко згадати на завершення курсу.

- Отруєння даних (data poisoning) — навмисне внесення викривлених даних у навчальну вибірку моделі (тема 9) з метою погіршити чи цілеспрямовано викривити її подальші прогнози.
- Витік конфіденційних даних через запити до генеративних мовних моделей (тема 10) — передача комерційно чутливої інформації (наприклад, складу власного сплаву) в загальнодоступний онлайн-сервіс штучного інтелекту, дані якого можуть використовуватися для подальшого навчання моделі третіми сторонами.
- Надмірна довіра до автоматизованого результату (розглянута в темі 13 як проблема упередженості та верифікації) сама по собі є фактором ризику: зловмисник, що знає про схильність персоналу довіряти рекомендаціям системи без перевірки, може використати цю схильність для маніпуляції рішеннями.

Отже, принцип, сформульований у темі 13 — відповідальність за кінцеве рішення завжди залишається на людині, а не на алгоритмі, — має пряме продовження в контексті кібербезпеки: критична перевірка джерела та достовірності будь-яких вхідних даних, включно з тими, що надходять від систем штучного інтелекту чи автоматизованого моніторингу, є невіддільною частиною цифрової гігієни сучасного інженера.

16.8 Практичний чеклист цифрової гігієни інженера

Підсумуємо розглянутий у темі матеріал у вигляді короткого практичного чекліста, зручного для регулярної самоперевірки.

Облікові записи та паролі:

- чи використовую я унікальний, достатньо довгий пароль для кожного важливого облікового запису (підрозділ 16.3)?
- чи увімкнена багатофакторна автентифікація для пошти, хмарного сховища (тема 6) та інших критично важливих сервісів?

Робота з повідомленнями та файлами:

- чи перевіряю я адресу відправника й посилання перед переходом за ним, особливо в повідомленнях зі штучним відчуттям терміновості (підрозділ 16.4)?
- чи утримуюсь я від відкриття вкладень і файлів з невідомих чи ненадійних джерел (підрозділ 16.5.3)?

Дані та обладнання:

- чи має важлива робоча інформація (звіти, конструкторська документація, дослідні дані) резервну копію, що відповідає правилу «3-2-1» (підрозділ 16.5.1)?
- чи встановлюються своєчасно оновлення операційної системи й антивірусного програмного забезпечення на робочому пристрої (підрозділ 16.5.2)?
- чи повідомляю я відповідальну службу про підозрілу поведінку виробничого обладнання чи облікового запису, а не намагаюся розібратися з можливою атакою самостійно (підрозділ 16.6)?

16.9 Підсумок курсу «Інформаційні та комунікаційні технології»

Темою 16 завершується не лише третій змістовий модуль курсу, а й увесь курс «Інформаційні та комунікаційні технології» загалом. Корисно коротко пригадати логіку, за якою вибудовувався весь шістнадцятитемний матеріал курсу.

Змістовий модуль	Теми	Основний фокус
Модуль 1	Теми 1–7	Базові офісні, мережеві, хмарні технології та корпоративні інформаційні системи
Модуль 2	Теми 8–13	Штучний інтелект, аналіз даних, відповідальне й етичне застосування ШІ
Модуль 3	Теми 14–16	Спеціалізовані інженерні системи (CAD/CAE, ERP), цифровізація виробництва та кібербезпека

Наскрізною ідеєю, яка проходить через усі три модулі курсу, є розуміння того, що жодна цифрова технологія — від офісного документа до моделі штучного інтелекту чи цифрового двійника виробничої лінії — не замінює фахової компетентності інженера-матеріалознавця, а є інструментом, ефективність якого прямо залежить від того, наскільки критично, відповідально та грамотно людина цим інструментом користується. Ця ідея, вперше сформульована для штучного інтелекту в темі 13, так само справедлива й для інформаційної безпеки: жодна технічна система захисту не є абсолютною, якщо користувач нехтує базовими правилами цифрової гігієни.

Курс завершується з тим самим практичним побажанням, з якого розпочинався: інформаційні технології, розглянуті протягом усіх шістнадцяти тем, мають цінність не самі по собі, а як засіб підвищення якості та ефективності професійної діяльності інженера-матеріалознавця — від пошуку наукових джерел (тема 5) і аналізу експериментальних

даних (тема 4, 11) до проєктування деталей (тема 14) і безпечної роботи в цифровому середовищі сучасного підприємства (тема 16).

16.9.1 Наскрізна карта компетентностей курсу

Завершимо огляд курсу зведеною таблицею, яка пов'язує кожну з шістнадцяти тем із конкретною практичною навичкою, що формується цією темою, — своєрідним «путівником» для повторення матеріалу перед підсумковим контролем.

Тема	Ключова практична навичка
1–3	Основи телекомунікаційних технологій і мережевої моделі OSI
4	Аналіз і візуалізація даних засобами табличного процесора
5	Пошук і критичне оцінювання надійності наукових джерел
6	Хмарне зберігання даних і спільна робота над документами
7	Класифікація та застосування корпоративних інформаційних систем (ERP/CRM/MES/PLM)
8–9	Основи штучного інтелекту та нейронних мереж
10	Генеративний штучний інтелект і промт-інжиніринг
11	Аналіз даних і побудова прогностичних моделей
12	Верифікація результатів роботи автоматизованих систем
13	Етика, упередженість і академічна доброчесність при застосуванні ШІ
14	Комп'ютерне проєктування й інженерний аналіз (CAD/CAE), ERP-системи
15	Цифровізація виробництва, концепція «Індустрія 4.0», IoT
16	Кібербезпека та цифрова гігієна

Ця таблиця водночас підтверджує головну ідею курсу: інформаційні та комунікаційні технології для інженера-матеріалознавця — це не окрема, ізольована дисципліна, а наскрізний інструментарій, що супроводжує кожен етап професійної діяльності — від пошуку наукової інформації та обробки експериментальних даних до проєктування виробів, роботи в умовах цифровізованого виробництва та відповідального, безпечного використання сучасних технологій штучного інтелекту.

Наостанок варто побажати: хай яким швидким не було б подальше оновлення конкретних програм, платформ і моделей штучного інтелекту, розглянутих протягом цього курсу, — принципи, що лежать в їх основі, та звичка критичного, відповідального й обережного ставлення до будь-якого цифрового інструмента залишаться надійним професійним фундаментом інженера-матеріалознавця на весь час його подальшої кар'єри.

16.10 Куди звертатися в разі кіберінциденту

На завершення теми — і всього курсу — корисно знати, до кого варто звертатися, якщо, попри дотримання всіх розглянутих практик цифрової гігієни, кіберінцидент усе ж стався: власний пристрій зашифровано програмою-вимагачем (підрозділ 16.2), обліковий запис скомпрометовано, чи виявлено підозрілу активність у робочій мережі підприємства.

Ситуація	До кого звертатися насамперед
Підозріла активність на робочому пристрої чи в корпоративній мережі підприємства	Служба інформаційної безпеки чи IT-відділ підприємства — негайно, до самостійних спроб «виправити» ситуацію

Ситуація	До кого звертатися насамперед
Компрометація особистого облікового запису (пошта, банківський застосунок)	Служба підтримки відповідного сервісу; за фінансового шахрайства — також банк і поліція
Значний за масштабом інцидент на державному чи галузевому рівні	Урядова команда реагування на комп'ютерні надзвичайні події України (CERT-UA)
Фішингове повідомлення, що імітує офіційний лист від державної установи	Профільна установа (для повідомлення про факт шахрайства) та CERT-UA

Головне практичне правило поведінки під час підозрюваного інциденту — не намагатися самотійно «виправити» ситуацію на промисловому чи корпоративному обладнанні (наприклад, вимкнути живлення виробничої системи чи видалити файли, що здаються підозрілими), а негайно повідомити відповідальну службу: непередумані самотійні дії нерідко ускладнюють подальше розслідування інциденту та відновлення системи більше, ніж сам інцидент.

Контрольні питання для самоперевірки

- Основні загрози інформаційній безпеці для окремого користувача та підприємства.
- Поняття шкідливого програмного забезпечення, його основні типи.
- Принципи створення надійних паролів і застосування багатофакторної автентифікації.
- Поняття фішингу та способи протидії йому.
- Основи цифрової гігієни: резервне копіювання даних, оновлення програмного забезпечення, обережність з посиланнями та вкладеннями.

Рекомендована література до теми

1. Основи інформаційної безпеки: онлайн-курс [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського, Prometheus. Режим доступу: <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/info-security-basics/>
2. Павлиш В. А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.
3. Інформаційно-комп'ютерні технології в машинобудуванні : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / В. В. Савуляк, О. В. Піонткевич, Н. С. Семічаснова. – Вінниця : ВНТУ, 2024. 133 с.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ДО КУРСУ

Зведений перелік джерел, використаних і рекомендованих протягом усього курсу «Інформаційні та комунікаційні технології» (посилання на конкретні позиції наведено також після кожної теми окремо).

1. Інформаційно-комп'ютерні технології в машинобудуванні : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / В. В. Савуляк, О. В. Піонткевич, Н. С. Семічаснова. – Вінниця : ВНТУ, 2024. 133 с.
2. Word 2013-2016 : навчальний посібник / Укладач Дячук С. Ф. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 294 с.
3. Павлиш В. А., Гліненко Л. К., Шаховська Н. Б. Основи інформаційних технологій і систем : навч. посібник. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2018. – 619 с.
4. Gookin Dan. Word 2019 For Dummies. John Wiley & Sons, Ltd., 2018. 450 p.
5. Excel 2013–2016 : навчальний посібник / Укладач Дячук С. Ф. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 308 с.
6. Бишевец Н. Г., Омецинська Н. В., Юсипів Т. В. Теорія ймовірностей та математична статистика з використанням табличного процесора MS EXCEL : навчальний посібник. Одеса : Гельветика, 2021. 233 с.
7. Проектування інформаційних систем – 1: Бази даних : лабораторний практикум: [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л. Д. Ярошук, Є. О. Тюріна. Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського, 2022. 92 с.
8. Верьовкіна Г. В. Система управління базами даних Access : навч. посіб. [Електронний ресурс]. Київ: КНУ ім. Т. Шевченка, 2022. 71 с.
9. Райковська Г. О. Шляхи вдосконалення підготовки фахівців машинобудівної галузі. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2019. № 2. С. 111–116. DOI: 10.31649/1997-9266-2019-143-2-111-116.
10. Ю. А. Буренніков, Л. Г. Козлов, В. В. Савуляк, Д. О. Лозинський, Н. С. Семічаснова. Підвищення ефективності викладання дисциплін «Вступ до фаху» і дисциплін з інформаційних технологій на машинобудівних спеціальностях. Матеріали ЛІІ науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2023). Вінниця : ВНТУ, 2023. С. 2826–2829.
11. Піонткевич О. В., Лозинський Д. О., Сердюк О. В., Савуляк В. В. Забезпечення результатів вивчення CAD/CAE/CAM систем для підготовки фахівців із спеціальності «Прикладна механіка». Матеріали XVI Міжнародної науково-методичної конференції «Сучасна освіта - доступність, якість, визнання», 13–14 листопада 2024 р. Краматорськ : ДДМА, 2024. С. 247–252.
12. Поліщук М. М., Батрак Є. О. САД-проекти та робототехнічні системи. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології». Київ : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2021. 112 с.
13. Козяр М. М., Фещук Ю. В., Парфенюк О. В. Комп'ютерна графіка Solidworks : навч. посіб. Херсон : Олді-Плюс, 2018. 251 с.

14. Elements of AI: безкоштовний онлайн-курс з основ штучного інтелекту [Електронний ресурс] / University of Helsinki, Reaktor. Режим доступу: <https://www.elementsofai.com/>
15. Нейронні мережі. Частина 1. Вступ до нейронних мереж [Електронний ресурс] : навч. матеріали / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронний архів наукових та освітніх матеріалів (ELAKPI). Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/items/687e10fc-bd46-458b-83f8-c34cac3ec5a3>
16. Від початківця до експерта в ШІ: онлайн-курс [Електронний ресурс] / Prometheus. Режим доступу: <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/ai-expert/>
17. Національна бібліотека України імені академіка В. І. Вернадського: [сайт]. Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>
18. Онлайн-курс. Word та Excel: інструменти і лайфхаки: [сайт]. Режим доступу: <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/word-excel-instrumenty-lifhaky/>
19. Основи інформаційної безпеки: онлайн-курс [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського, Prometheus. Режим доступу: <https://prometheus.org.ua/prometheus-free/info-security-basics/>