

Міністерство освіти і науки України
Глухівський національний педагогічний університет
ім. О. Довженка

Факультет технологічної та професійної освіти
Кафедра професійної освіти та комп'ютерних технологій

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Смарт-матеріали для індивідуального та кастомізованого будівництва з методикою викладання теми»

Спеціальність: *015 Професійна освіта (Будівництво та зварювання)*
ОП «Професійна освіта (Будівництво)»
Освітній ступінь: “ *Магістр* ”

Виконавець:

Белявський Вадим Олександрович
магістрант 62М-Пр(Б) групи

Науковий керівник:

д-р. техн. наук. проф. Єсипенко А.Д.:

Дата захисту:

Оцінка: _____

Підпис членів комісії:

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1: ТЕОРЕТИЧНИЙ АСПЕКТ ВИВЧЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖУВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В БУДІВНИЦТВІ.....	6
1.1 Класифікація та властивості смарт-матеріалів у будівництві.....	6
1.2 Різновиди ефективного використання смарт-матеріалів для індивідуалізації будівельних проєктів	15
1.3 Тенденції розвитку технологій смарт-матеріалів та їх роль у кастомізованому будівництві.....	20
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ I.....	24
РОЗДІЛ II. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ СМАРТ- МАТЕРІАЛІВ У БУДІВНИЦТВО	26
2.1. Найпопулярніші смарт-матеріали та їх застосування	26
2.2. Використання смарт-матеріалів у освітньому процесі для підготовки спеціалістів з будівництва.....	29
2.3. Приклади реалізації проєктів з використанням смарт-матеріалів у будівельній галузі	34
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ II	44
РОЗДІЛ III. МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ ПРО СМАРТ- МАТЕРІАЛИ У ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ	46
3.1 Методичні рекомендації для проведення практичних занять з теми «Смарт-матеріали в будівництві».....	46
3.2 Розробка тестових завдань для вивчення теми смарт-матеріалів	49
3.3 Створення безпечного середовища для здобуття освіти в умовах воєнного стану	61
3.4 Методи та рішення для проведення занять в умовах дистанційного навчання.....	68
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ III.....	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	81

ВСТУП

У сучасному світі технологічні інновації стрімко змінюють підходи до організації різних сфер діяльності, зокрема будівництва. Зростання урбанізації, екологічні виклики та підвищення вимог до функціональності й енергоефективності будівель стали ключовими факторами, що сприяють інтеграції смарт-матеріалів у цю галузь. Смарт-матеріали – це високотехнологічні матеріали, здатні реагувати на зміни зовнішнього середовища та адаптувати свої характеристики відповідно до потреб користувачів. Вони включають самоочишувані, терморегуляційні, звукопоглинальні матеріали, а також матеріали, здатні змінювати форму, колір чи пропускну здатність. Такий підхід дозволяє не лише знижувати експлуатаційні витрати, але й забезпечувати індивідуальний комфорт у приміщеннях, зберігаючи високий рівень естетики та функціональності.

Розвиток матеріалознавства стимулював появу нових типів матеріалів, таких як фазозмінні матеріали, що накопичують тепло, чи біонічні покриття, які імітують властивості природних поверхонь. Використання таких рішень у будівництві забезпечує підвищення енергоефективності, зменшення вуглецевого сліду, а також створення адаптивних структур, які відповідають сучасним екологічним стандартам. Зростаюча увага до теми смарт-матеріалів у професійній освіті є прямим наслідком запиту на підготовлених фахівців, здатних впроваджувати інноваційні рішення в умовах глобальних технологічних змін.

Кастомізоване будівництво, орієнтоване на створення унікальних проєктів відповідно до потреб замовника, потребує особливих підходів у виборі матеріалів. Смарт-матеріали є ідеальним рішенням для забезпечення індивідуалізації будівельних рішень, оскільки вони дозволяють інтегрувати функціональні та естетичні властивості у єдину конструкцію. Наприклад, терморегуляційні матеріали, які змінюють свою теплоізоляційну здатність залежно від температури, сприяють підтриманню оптимального мікроклімату у приміщеннях, що є важливим для житлових і комерційних будівель.

Смарт-матеріали також використовуються для створення інтерактивних елементів у архітектурі, таких як фасади, що реагують на світло, чи поверхні, які змінюють текстуру залежно від вологості. Це відкриває нові можливості для дизайнерів і архітекторів у створенні унікальних і функціональних рішень. Водночас такі матеріали є ефективними з точки зору довговічності, економії енергоресурсів і зменшення експлуатаційних витрат. Навчання здобувачів освіти основам роботи з такими матеріалами сприятиме підготовці фахівців, здатних задовольнити потреби сучасного будівельного ринку.

Ефективне засвоєння знань про смарт-матеріали вимагає впровадження інноваційних підходів у навчальний процес. Одним із ключових завдань є розвиток у здобувачів освіти умінь аналізувати властивості матеріалів, вибирати відповідні рішення для конкретних завдань, а також використовувати сучасні інструменти моделювання для оптимізації будівельних процесів. Лабораторні заняття, спрямовані на вивчення властивостей смарт-матеріалів, можуть включати дослідження їх термодинамічних характеристик, аналіз хімічного складу та перевірку адаптивних можливостей у різних умовах.

Додатково, інтеграція цифрових технологій у процес навчання, таких як використання програмного забезпечення для моделювання або віртуальної реальності, дозволяє здобувачам освіти симулювати реальні будівельні процеси. Наприклад, за допомогою спеціалізованих програм можна моделювати вплив кліматичних умов на смарт-матеріали чи оцінювати їхню ефективність у складі багат шарових конструкцій.

Метою роботи є розробити методичне забезпечення теми «Смарт-матеріали для індивідуального та кастомізованого будівництва»

Завдання магістерського дослідження:

- визначити сучасні тенденції у створенні, використанні та впровадженні смарт-матеріалів в будівельну галузь;
- визначити основні види смарт-матеріалів та їх властивості, які можуть бути застосовані в індивідуальному та кастомізованому будівництві;
- розглянути перспективи використання смарт-матеріалів для підвищення енергоефективності, екологічності та функціональності будівель.

- проаналізувати актуальні дослідження у сфері смарт-матеріалів та їх застосування в будівництві.

- дослідити педагогічні підходи до викладання теми смарт-матеріалів.

- розробити та обґрунтувати методика викладання теми «Смарт-матеріали для індивідуального та кастомізованого будівництва».

Об'єктом дослідження є освітній процес, пов'язаний з підготовкою здобувачів освіти у галузі будівництва з використанням смарт-матеріалів.

Предметом дослідження є методика викладання теми про смарт-матеріали в будівництві з урахуванням сучасних освітніх підходів та новітніх технологій.

Методи дослідження: педагогічне спостереження, аналіз літератури, аналіз освітнього процесу, статистичний аналіз даних.

Практичне значення результатів дослідження полягає у можливості використання розробленої методики для підвищення ефективності підготовки студентів у будівельній галузі, а також у покращенні якості професійної освіти у відповідь на сучасні вимоги індустрії будівництва.

Особистий внесок магістра

Матеріали роботи можуть братися для того щоб: розробити нові навчальні посібники, онлайн-курси та інші освітні матеріали, які допоможуть студентам краще розуміти та використовувати смарт-матеріали

Можно надати індивідуальну підтримку студентам, які вивчають цю тему, допомагаючи їм зрозуміти складні аспекти та вирішувати проблеми.

Можемо брати участь у конференціях, семінарах та публікаціях, ділитися своїми методиками з іншими викладачами та дослідниками у галузі освіти і будівництва.

Співпраця з іншими викладачами: можемо співпрацювати з іншими викладачами, обмінюючи досвідом та ідеями, щоб покращити якість навчання та розвиток методики.

РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СМАРТ-МАТЕРІАЛІВ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ

1.1 Класифікація та властивості смарт-матеріалів у будівництві

Смарт-матеріали — це матеріали, які мають здатність адаптувати свої фізичні або хімічні властивості під впливом зовнішніх факторів, таких як температура, вологість, світло, тиск та інші. Вони застосовуються у різних сферах, але в будівництві особливий інтерес до них обумовлений необхідністю підвищення ефективності, енергоощадності, безпеки та комфорту споруд.

Класифікація смарт-матеріалів для будівництва

1. Термохромні матеріали

Термохромні матеріали — це інноваційні смарт-матеріали, здатні змінювати колір або прозорість у відповідь на зміну температури. Вони застосовуються в будівництві для створення терморегулюючих поверхонь, які автоматично змінюють здатність відбивати чи поглинати сонячне тепло. Ця здатність до адаптації дає можливість зменшити вплив зовнішньої температури на внутрішній мікроклімат будівлі, забезпечуючи стабільнішу температуру без використання великої кількості додаткових енергоресурсів.



Рис. 1 Будинок з термохромних матеріалів

Принцип роботи термохромних матеріалів базується на фізико-хімічних процесах, коли спеціальні речовини змінюють свою молекулярну структуру або

забарвлення під впливом температурних змін. Ці матеріали можуть мати різні форми, такі як покриття для вікон, фасадів або дахів, а також можуть бути інтегровані в саму структуру будівельних блоків. Наприклад, віконні покриття на основі термохромних матеріалів можуть затемнюватися в спеку, щоб зменшити нагрівання, а в холодну погоду — ставати прозорими, дозволяючи проникненню більшої кількості тепла всередину. Це особливо корисно для зменшення витрат на кондиціонування приміщень у спекотні періоди та на опалення в холодну погоду.

Термохромні фасади також є ефективним способом забезпечення енергоощадності в будівництві, оскільки здатні автоматично змінювати зовнішній вигляд будівлі залежно від погоди, знижуючи навантаження на системи клімат-контролю. Такий підхід не лише допомагає економити енергію, але й підвищує комфорт для користувачів будівлі, оскільки внутрішня температура стає більш стабільною. Таким чином, термохромні матеріали є складовою енергоефективного будівництва, що поєднує екологічну ефективність із високими стандартами комфорту.

2. Електрохромні матеріали

Електрохромні матеріали мають здатність змінювати прозорість або колір під впливом електричної напруги. Ця унікальна властивість робить їх ідеальними для використання в архітектурних рішеннях, таких як "розумні" вікна, які адаптуються до змін зовнішнього середовища або налаштувань користувача. Електрохромні вікна можуть автоматично затемнюватися в сонячні дні, обмежуючи кількість світла та тепла, що проникає всередину приміщення. Це допомагає зменшити потребу в кондиціонуванні повітря та знижує витрати на електроенергію, оскільки будівля природно залишається прохолоднішою.



Рис. 2 Електрохромна плівка

В умовах слабкого освітлення або за бажанням користувача вікна можуть знову стати прозорими, пропускаючи максимальну кількість світла. Це особливо корисно у великих офісних центрах або житлових будинках, де потреба в освітленні і приватності може швидко змінюватися. На відміну від традиційних жалюзі чи штор, електрохромні матеріали дозволяють плавно регулювати рівень прозорості, що створює приємніший візуальний ефект та забезпечує більше простору в інтер'єрі.[4]

Використання електрохромних матеріалів також сприяє зниженню навантаження на системи освітлення, оскільки вони дозволяють максимально використовувати природне світло, коли це можливо. Зниження використання штучного освітлення не лише скорочує витрати енергії, але й сприяє створенню здоровішого і комфортнішого середовища для проживання або роботи. Завдяки цим перевагам електрохромні матеріали є популярними в сучасному будівництві, де енергоефективність та зручність для користувачів стають пріоритетними завданнями.

3. П'єзоелектричні матеріали

П'єзоелектричні матеріали — це смарт-матеріали, які мають здатність генерувати електричний заряд у відповідь на механічний тиск або деформацію. Вони широко використовуються в будівництві для забезпечення моніторингу та підвищення безпеки будівельних конструкцій. Ця властивість п'єзоелектричних матеріалів дозволяє інтегрувати їх у сенсори, які встановлюють у критично важливих зонах споруд для контролю механічних навантажень та вібрацій.



Рис 3. П'єзоелектричний керамічний матеріал

Застосування п'єзоелектричних матеріалів у конструкціях мостів, висотних будівель, дамб і тунелів сприяє підвищенню надійності та безпеки таких об'єктів, оскільки дозволяє виявляти навіть незначні деформації або навантаження. Наприклад, на мостах п'єзоелектричні сенсори можуть фіксувати зміни тиску, викликані великим транспортним потоком або коливаннями, що виникають через сильний вітер. У висотних будівлях вони допомагають оцінити вплив вітрових навантажень і сейсмічних хвиль, що важливо для їхньої стійкості. Ця технологія дозволяє проводити постійний моніторинг стану споруд у режимі реального часу, що дає змогу завчасно виявляти можливі проблеми та запобігати аваріям. У разі відхилень від норми, дані, зібрані п'єзоелектричними сенсорами, можуть сигналізувати про необхідність проведення профілактичних ремонтних робіт, що значно продовжує термін експлуатації будівель та споруд і зменшує витрати на їх обслуговування.

Таким чином, п'єзоелектричні матеріали не лише забезпечують безпеку, але й допомагають економити ресурси, знижуючи потребу у фізичному обстеженні об'єктів. Їхня інтеграція в будівництво є важливим кроком у напрямку "розумних" будівель і споруд, здатних самостійно інформувати про свій стан і сприяти швидкому реагуванню на зміни зовнішніх впливів.

4. Фотохромні матеріали

Фотохромні матеріали — це інноваційні матеріали, здатні змінювати свій колір або прозорість під впливом ультрафіолетового випромінювання. Така здатність є результатом особливих хімічних реакцій, що відбуваються в структурі матеріалу під дією сонячного світла. Коли інтенсивність ультрафіолетового випромінювання збільшується, фотохромні матеріали темнішають або змінюють свій відтінок, і повертаються до початкового стану при зменшенні УФ-випромінювання.



Рис 4. Окуляри з фотохромними матеріалами

У будівництві фотохромні матеріали можуть бути використані для покриття зовнішніх поверхонь будівель, фасадів, вікон і навіть дахів. Завдяки своїй властивості змінювати колір залежно від інтенсивності сонячного випромінювання, ці матеріали забезпечують низку практичних і естетичних переваг. Під час яскравого сонячного світла фасади, вкриті фотохромними покриттями, стають темнішими, що дозволяє знизити проникнення тепла всередину будівлі. Це допомагає підтримувати комфортну температуру без необхідності значного охолодження, зменшуючи витрати на кондиціонування.

З естетичної точки зору, фотохромні матеріали додають динамічності зовнішньому вигляду будівлі, створюючи візуальний ефект, який змінюється в залежності від часу доби та погодних умов. Будівля, оброблена такими матеріалами, може адаптувати свій колірний вигляд до освітлення, що дозволяє архітекторам і дизайнерам експериментувати з зовнішнім оформленням і створювати унікальні, «живі» фасади.[29]

Крім того, фотохромні покриття знижують теплове навантаження на будівлю, оскільки затемнення під сонцем зменшує поглинання тепла, а при слабкому освітленні поверхні повертаються до більш світлого стану, дозволяючи будівлі зберігати тепло в холодну пору. Таким чином, фотохромні матеріали не лише покращують естетику, але й сприяють енергоефективності будівель, що робить їх цінним компонентом сучасного екологічного будівництва.

5. Самовідновлювальні матеріали

Самовідновлювальні матеріали — це матеріали, здатні відновлювати свої властивості після отримання пошкоджень, таких як тріщини або подряпини, без необхідності зовнішнього втручання. Вони особливо корисні у будівництві, де довговічність і стійкість конструкцій є критично важливими факторами. Завдяки здатності самовідновлюватись, ці матеріали можуть значно знижувати витрати на обслуговування, запобігати подальшому пошкодженню і забезпечувати більшу надійність споруд.

Одним із найпоширеніших прикладів самовідновлювальних матеріалів у будівництві є бетон із спеціальними добавками, який може «заліковувати» мікротріщини під впливом вологи.



Рис 5. Самовідновлювальний бетон

Такий бетон містить капсули з бактеріями або спеціальними хімічними агентами, які активуються при контакті з водою. Коли в бетоні утворюється тріщина, вода, проникаючи в неї, активує ці агенти, що сприяє утворенню нового матеріалу, схожого на природний вапняний наліт, який заповнює тріщину. Цей процес не лише запобігає розширенню тріщини, але й захищає арматуру від корозії, яка може виникнути через проникнення вологи до сталевих елементів.

Такі властивості матеріалу значно подовжують термін служби будівельних конструкцій і знижують потребу в регулярному ремонті. Вони особливо цінні для складних інфраструктурних об'єктів, таких як мости, тунелі та висотні будівлі, де доступ до пошкоджених ділянок може бути обмеженим або надзвичайно дорогим. Самовідновлювальні матеріали також підвищують екологічність будівництва, оскільки скорочують потребу у використанні додаткових матеріалів для ремонту та знижують кількість будівельного сміття.

Завдяки таким інноваційним властивостям, самовідновлювальні матеріали стають невід'ємною частиною сучасного будівництва, забезпечуючи більшу стійкість і надійність будівельних конструкцій, а також сприяючи створенню інфраструктури, яка здатна ефективно протистояти зовнішнім впливам та потребує менше ресурсів для підтримки.[31]

6. Матеріали з фазовим переходом (PCM)

Матеріали з фазовим переходом (Phase Change Materials, PCM) — це інноваційні матеріали, здатні поглинати або виділяти тепло під час зміни свого агрегатного стану, наприклад, з твердого в рідкий і навпаки. Завдяки цій здатності PCM ефективно регулюють температуру в приміщеннях, підтримуючи її на комфортному рівні і зменшуючи коливання температур. Це властивість є особливо корисною для забезпечення енергоефективності будівель, оскільки PCM знижують потребу у витратах на додаткове опалення та охолодження.



Рис 6. Термопаста з фазовим переходом

Коли температура в приміщенні підвищується, PCM починають поглинати тепло, плавлячись і переходячи з твердого стану в рідкий. Це дозволяє зберігати

надлишок тепла і не допускати його подальшого підвищення, зберігаючи комфортну температуру всередині приміщення. Коли температура навколишнього середовища знижується, РСМ повертаються до твердого стану, виділяючи раніше накопичене тепло і підтримуючи більш стабільний температурний режим. Цей цикл поглинання та виділення тепла може повторюватися без значної втрати ефективності, що робить РСМ матеріали надзвичайно практичними для довготривалого використання. РСМ інтегрують у стіни, підлоги, стелі та інші конструкційні елементи будівель, створюючи енергоефективні покриття та ізоляційні матеріали. Використання РСМ у будівництві дозволяє знижувати витрати на кондиціонування та опалення, особливо в умовах екстремальних температурних коливань. У результаті, РСМ допомагають зменшити енергоспоживання, забезпечують комфортніші умови для мешканців та сприяють зниженню екологічного впливу будівель.

Таким чином, РСМ є важливим елементом сучасного енергоефективного будівництва, дозволяючи створювати будівлі, які можуть самостійно регулювати температуру без значних витрат на підтримку клімат-контролю. Завдяки своїй здатності накопичувати та віддавати тепло, РСМ підвищують загальну ефективність будівель, що робить їх цінним рішенням для екологічного та комфортного проживання.

7. Гідрогелі

Гідрогелі — це матеріали, здатні поглинати значні обсяги вологи, завдяки чому вони набухають і збільшуються в об'ємі. Їх унікальна здатність утримувати воду робить їх надзвичайно корисними в будівництві, особливо в конструкціях, де необхідно контролювати об'єм або масу залежно від наявності вологи. Гідрогелі широко застосовуються в системах затримки води, стабілізації ґрунту та захисту будівельних конструкцій від надмірного впливу вологи.



Рис. 7. Гідрогельні кульки

У системах затримки води гідрогелі використовуються для поглинання та зберігання води в періоди дощів або сильних злив, щоб запобігти затопленню або перевантаженню дренажних систем. У посушливі періоди вони можуть поступово віддавати накопичену вологу, що знижує потребу у додатковому зрошуванні або водопостачанні. Це особливо корисно в умовах нестабільного водопостачання або на територіях з ризиком засухи.

У ґрунтовій стабілізації гідрогелі використовуються для регулювання рівня вологості ґрунту, що допомагає підтримувати стабільність під час будівництва або експлуатації споруд. Наприклад, у місцевостях із високими коливаннями вологості, ґрунт може стискатися або розширюватися, що може призвести до нестабільності будівельних конструкцій. Використання гідрогелів дозволяє зберігати рівень вологості стабільним, зменшуючи ризик осідання або руйнування споруд.[14]

Гідрогелі також застосовуються для захисту фундаментів і підвальних приміщень від проникнення ґрунтової води. Вони можуть поглинати надлишкову вологу та запобігати її проникненню в будівельні матеріали, тим самим захищаючи конструкції від корозії, появи тріщин і інших видів пошкоджень, викликаних вологою.

Завдяки своїм водоутримуючим властивостям, гідрогелі сприяють підвищенню довговічності будівельних споруд і знижують потребу в частому ремонті. Вони також допомагають зменшити витрати на обслуговування та роблять будівлі більш стійкими до екстремальних погодних умов. У результаті, гідрогелі стають важливим компонентом сучасних рішень у галузі будівництва, спрямованих на забезпечення стабільності, екологічної стійкості та захисту від надлишкової вологи.

1.2 Різновиди ефективного використання смарт-матеріалів для індивідуалізації будівельних проєктів

Індивідуалізація будівельних проєктів за допомогою смарт-матеріалів означає адаптацію будівель до конкретних потреб, умов або уподобань користувачів, враховуючи особливості місцевого клімату, функціональні вимоги та естетичні побажання. Смарт-матеріали, завдяки своїм унікальним властивостям, здатні автоматично змінювати свої характеристики залежно від зовнішніх умов, що робить будівлі більш функціональними, комфортними, економічно вигідними та екологічно безпечними.

Властивості смарт-матеріалів у будівництві

1. Адаптивність

Смарт-матеріали — це матеріали, які здатні реагувати на різноманітні зовнішні фактори, такі як температура, світло, вологість, механічний тиск, електричне поле та інші фактори. Завдяки своїм унікальним властивостям, ці матеріали можуть адаптувати свої фізичні або хімічні характеристики, щоб оптимізувати умови як усередині, так і зовні будівель. Така здатність до адаптації є цінною для сучасного будівництва, оскільки дозволяє створювати "розумні" будівлі, які не лише забезпечують комфорт мешканцям, але й сприяють енергоощадності.

Використання смарт-матеріалів для контролю мікроклімату в будівлі допомагає автоматично регулювати температурні, світлові та вентиляційні показники залежно від зовнішніх умов. Наприклад, термохромні та

електрохромні матеріали можуть затемнюватися або ставати прозорими в залежності від інтенсивності сонячного світла, зменшуючи навантаження на системи опалення та кондиціонування. Це дозволяє знизити витрати на електроенергію, оскільки будівля автоматично підтримує оптимальний рівень освітлення і теплового комфорту.

Крім того, матеріали з фазовим переходом (PCM) забезпечують стабільну температуру у приміщеннях, поглинаючи або виділяючи тепло в залежності від змін температури. Це зменшує перепади температур і потребу в інтенсивному обігріві або охолодженні, що особливо важливо для регіонів із різкими коливаннями погодних умов.

Смарт-матеріали також сприяють підтримці оптимального рівня вологості та стабільності конструкцій. Наприклад, гідрогелі поглинають надлишкову вологу, а при посушливих умовах виділяють її, що дозволяє зберегти стабільний стан будівельних елементів і знизити ризик пошкоджень, пов'язаних з осіданням або набуханням ґрунту.

Таким чином, смарт-матеріали роблять будівлі більш ефективними та екологічно безпечними, створюючи комфортні умови для мешканців і знижуючи загальне енергоспоживання. Завдяки своїй здатності до адаптації, вони забезпечують високий рівень функціональності та довговічності будівель, що відповідає вимогам сталого розвитку.[10]

2. Енергоефективність

Смарт-матеріали відіграють важливу роль у зниженні енергоспоживання, оскільки дозволяють будівлям адаптуватися до змін навколишнього середовища і забезпечують пасивний контроль температури. Термохромні та електрохромні вікна є яскравим прикладом таких матеріалів, оскільки вони змінюють свою прозорість або колір залежно від зовнішніх умов. Це дає можливість знизити надмірне нагрівання приміщень влітку, блокуючи сонячне тепло, або, навпаки, пропускати більше сонячного світла в холодні сезони для підтримки тепла.

Завдяки цьому пасивному регулюванню температури вікна зі смарт-матеріалів допомагають підтримувати комфортний мікроклімат у приміщенні без необхідності інтенсивного використання систем кондиціонування чи опалення. У теплі періоди року, коли сонячне світло може швидко нагрівати

приміщення, такі вікна зменшують кількість тепла, яке потрапляє всередину, і знижують потребу в кондиціонуванні. Водночас, у холодні періоди вони можуть залишатися прозорими, сприяючи поглинанню сонячного тепла для обігріву приміщень.

Використання таких рішень значно знижує витрати на електроенергію і робить будівлю енергоефективною. За рахунок автоматичної адаптації до погодних умов смарт-матеріали забезпечують комфортні умови для мешканців і водночас знижують вплив на довкілля, зменшуючи викиди вуглекислого газу через скорочення потреби в енергії. У результаті смарт-матеріали сприяють створенню більш екологічних і стійких будівель, що відповідає сучасним вимогам до енергоефективності та сталого розвитку.

3. Здатність до самовідновлення

Самовідновлювальні смарт-матеріали мають здатність автоматично відновлювати свої властивості після пошкоджень, що робить їх більш довговічними та економічно вигідними для використання у будівельних конструкціях. Такі матеріали можуть самостійно «заліковувати» тріщини або подряпини, що значно знижує потребу в частому ремонті та технічному обслуговуванні, підвищуючи стійкість споруд і продовжуючи їхній термін служби.

Одним із найбільш відомих прикладів є самовідновлювальний бетон, який здатний самозаліковувати тріщини завдяки додаванню спеціальних мікрокапсул або бактерій, що активуються при контакті з вологою. Коли в бетоні утворюються мікротріщини, вода, проникаючи всередину, активує ці мікроорганізми або хімічні сполуки, що виробляють вапняний наліт для заповнення тріщини. Цей процес запобігає розширенню тріщин і забезпечує додатковий захист від корозії арматури, яка може виникати внаслідок проникнення води.

Використання самовідновлювальних матеріалів значно знижує витрати на обслуговування конструкцій, оскільки зменшується потреба в профілактичних і аварійних ремонтах. Це особливо цінно для інфраструктурних об'єктів, таких як мости, тунелі та великі будівлі, де ремонт може бути дорогим і складним. Завдяки здатності до самовідновлення будівлі з такими матеріалами стають

більш стійкими до впливу зовнішніх факторів, включаючи погодні умови та механічні навантаження.

Таким чином, самовідновлювальні смарт-матеріали забезпечують значні переваги для сучасного будівництва, сприяючи підвищенню довговічності конструкцій, зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню загальної ефективності будівель. Вони не тільки роблять будівлі надійнішими, але й сприяють сталому розвитку, зменшуючи споживання ресурсів, необхідних для обслуговування та ремонту.

4. Безпека та надійність

Смарт-матеріали, зокрема п'єзоелектричні сенсори, забезпечують можливість безперервного моніторингу стану будівельних конструкцій, що дозволяє завчасно виявляти потенційні проблеми і запобігати аваріям. Завдяки здатності генерувати електричний заряд у відповідь на механічний тиск чи деформацію, п'єзоелектричні сенсори можуть фіксувати зміни, викликані навантаженням або вібраціями, які впливають на цілісність споруди.

Ця технологія особливо важлива для великих інфраструктурних об'єктів, таких як мости, тунелі, висотні будівлі та дамби, де фізичний огляд усіх елементів може бути складним і дорогим. П'єзоелектричні сенсори, інтегровані в критичні зони конструкцій, дозволяють відстежувати навіть найменші зміни в напруженні чи коливаннях, викликаних погодними умовами, вітровими навантаженнями або сейсмічними явищами. Наприклад, сенсори на мостах можуть виявляти ознаки зношення або перенапруги в елементах, що дає змогу швидко реагувати на зміни та здійснювати профілактичні заходи.

Моніторинг за допомогою п'єзоелектричних сенсорів забезпечує не тільки безпеку, але й продовжує термін експлуатації конструкцій, оскільки дозволяє своєчасно усувати дрібні пошкодження до того, як вони стануть серйозними. Це також економічно вигідно, оскільки зменшується потреба у дорогих і масштабних ремонтних роботах, а ризик аварійних ситуацій знижується.[9]

Таким чином, п'єзоелектричні сенсори та інші смарт-матеріали роблять сучасні будівлі та інфраструктурні об'єкти безпечнішими, економічнішими та надійнішими, допомагаючи забезпечити стабільну роботу в умовах зростаючих технічних вимог і навантажень.

5. Естетичні властивості

Смарт-матеріали, здатні змінювати колір або прозорість, відкривають нові можливості для архітектури та дизайну, дозволяючи створювати інноваційні та динамічні рішення для фасадів і інтер'єрів. Завдяки цій здатності адаптуватися до умов навколишнього середовища або змінювати вигляд за бажанням, такі матеріали надають будівлям особливого характеру та виразності, що відповідає сучасним естетичним вимогам.

Технології, як-от електрохромні та фотохромні матеріали, дозволяють будівлям змінювати вигляд залежно від інтенсивності світла, часу доби або навіть налаштувань користувачів. Наприклад, фасади можуть автоматично затемнюватися під прямим сонячним світлом, створюючи прохолоднішу атмосферу всередині, а ввечері знову ставати прозорими, відкриваючи привабливий зовнішній вигляд. Це не лише підвищує енергоефективність будівлі, але й дозволяє створювати унікальні архітектурні образи, які змінюються протягом дня.

Унікальні можливості смарт-матеріалів також активно використовуються в інтер'єрному дизайні. Наприклад, електрохромні перегородки або вікна можуть миттєво затемнюватися для забезпечення приватності, не потребуючи додаткових завіс або жалюзі. Це дозволяє архітекторам створювати відкриті, світлі простори, які можуть змінювати свою функціональність і атмосферу відповідно до потреб мешканців.

Таким чином, смарт-матеріали не тільки сприяють енергоефективності та зручності, але й дозволяють дизайнерам та архітекторам експериментувати з естетикою, створюючи динамічні, інтерактивні простори, які гармонійно поєднують функціональність з інноваційною красою.

6. Екологічність

Смарт-матеріали значно знижують екологічний вплив будівель, оскільки дозволяють оптимізувати споживання енергії та мінімізувати використання ресурсів для їх обслуговування. Завдяки адаптивним властивостям, такі матеріали можуть автоматично регулювати внутрішній мікроклімат, зменшуючи навантаження на системи опалення, охолодження та освітлення.

Наприклад, матеріали з фазовим переходом (PCM) є одним із найефективніших способів підтримання стабільної температури у приміщенні. Ці матеріали здатні поглинати та накопичувати тепло, коли температура підвищується, і поступово віддавати його назад, коли температура знижується. Така здатність зменшує потребу в додаткових джерелах енергії для підтримки комфортної температури, що знижує витрати на електроенергію та скорочує викиди вуглекислого газу.[8]

Крім того, інші смарт-матеріали, як-от електрохромні та термохромні вікна, автоматично регулюють кількість світла і тепла, що потрапляє всередину будівлі. Це дозволяє скоротити витрати на кондиціонування повітря влітку і зменшити потребу в освітленні приміщень. В результаті будівлі зі смарт-матеріалами не лише забезпечують комфортний мікроклімат для мешканців, але й знижують енергоспоживання, сприяючи сталому розвитку.

Використання таких матеріалів у будівництві робить будівлі більш екологічно безпечними, енергоефективними і стійкими до кліматичних змін. Це допомагає зменшити залежність від традиційних джерел енергії, сприяючи створенню "зелених" будівель і збереженню природних ресурсів.

Таким чином, смарт-матеріали відкривають нові можливості для будівництва, дозволяючи створювати споруди, які адаптуються до змін довкілля, підвищують комфорт і енергоефективність та забезпечують надійність і довговічність.

1.3 Тенденції розвитку технологій смарт-матеріалів та їх роль у кастомізованому будівництві

У 1960-х роках виникла ідея створення «розумних» матеріалів, які могли б реагувати на зовнішні стимули та адаптуватися до них, змінюючи свої фізичні або хімічні властивості. Цей концепт став справжнім проривом у матеріалознавстві. Одним із перших практичних рішень у цій галузі став **сплав з пам'яттю форми** (Shape Memory Alloy, SMA). Такі сплави, зазвичай на основі нікелю та титану, здатні запам'ятовувати свою початкову форму й повертатися до неї після деформації під впливом тепла. Відкриття властивостей SMA було

революційним, і вже в 1970-х роках вони стали використовуватися в аерокосмічній промисловості для зменшення ваги і підвищення міцності компонентів.

Технологія з пам'яттю форми згодом знайшла застосування у багатьох інших сферах, де важливою є здатність матеріалу адаптуватися до навколишніх умов. Наприклад, у медицині SMA почали використовувати для створення **саморозширювальних стентів** — медичних імплантатів, які при введенні до кровоносної системи змінюють форму, розширюючись під дією тепла тіла.

Етапи розширення можливостей смарт-матеріалів: 1980–1990-ті роки

У 1980-ті та 1990-ті роки відзначилися стрімким розширенням типів і властивостей смарт-матеріалів. У цей період дослідники створили та вдосконалили кілька нових матеріалів, що відповідають на різні стимули:

- **П'єзоелектричні матеріали:** ці матеріали генерують електричний заряд у відповідь на механічний тиск, і їх стали широко використовувати у виробництві сенсорів, вібраційних перетворювачів та пристроїв, що генерують енергію. П'єзоелектричні матеріали згодом знайшли місце в будівництві для моніторингу структурних змін у конструкціях, забезпечуючи безпеку та своєчасне виявлення пошкоджень.
- **Фотохромні та термохромні матеріали:** завдяки здатності змінювати колір під впливом світла чи температури ці матеріали почали використовувати в адаптивних системах, таких як "розумні" вікна. Такі вікна здатні самостійно регулювати світлопропускання, що знижує енергоспоживання для опалення або охолодження будівлі.
- **Електрореологічні та магнітореологічні рідини:** це рідини, які змінюють свою в'язкість під впливом електричного або магнітного поля. Їхні властивості використовувалися в автомобільних підвісках та гальмах для створення активних систем керування, здатних адаптуватися до дорожніх умов і забезпечувати комфорт та безпеку.

Масове впровадження в різних галузях (1990-ті – 2000-ті роки)

У 1990-х роках смарт-матеріали почали з'являтися у багатьох галузях, від будівництва до медицини та транспорту:

- **Архітектура і будівництво:** інноваційні сенсори на основі п'єзоелектричних матеріалів стали використовувати в будівлях для моніторингу стану конструкцій і визначення зони напружень. Це стало важливим інструментом для виявлення деформацій та зниження ризику руйнування конструкцій.
- **Медицина:** матеріали з пам'яттю форми, як згадувалося, знайшли широке застосування у виготовленні медичних пристроїв, таких як стенти. Їхні властивості адаптуватися до умов тіла відкрили нові можливості для мінімально інвазивних методів лікування.
- **Транспорт:** магнітореологічні рідини почали використовуватися в автомобільних амортизаторах і гальмах, дозволяючи підвищити керованість автомобіля за рахунок адаптації до дорожніх умов. Це рішення знайшло особливу популярність у спортивних автомобілях та преміум-класу.

Інтеграція з цифровими технологіями (з 2010-х років)

З початку 2010-х років смарт-матеріали стали частиною цифрових технологій та інтернету. Взаємодія з інтернетом дозволила смарт-матеріалам активно спілкуватися із системами керування та збирати дані в режимі реального часу. Це забезпечило новий рівень автоматизації в архітектурі, будівництві та інших сферах:

- **Наноматеріали:** розвиток нанотехнологій дозволив створювати ультратонкі сенсори, що можуть вбудовуватися в різні поверхні та одяг. Наприклад, графенові сенсори стали популярними в системах моніторингу якості повітря та температури в будівлях.
- **Смарт-скло:** сучасні розробки привели до створення скла, що змінює свої властивості відповідно до інтенсивності сонячного світла. Такі вікна не тільки регулюють кількість світла, але й здатні зменшувати потреби в кондиціонуванні та обігріві будівель, підвищуючи їх енергоефективність.
- **Адаптивні та екологічно безпечні матеріали:** сучасні дослідження спрямовані на створення смарт-матеріалів із можливістю самовідновлення або біорозкладання. Це важливо для зменшення екологічного впливу будівельних матеріалів.[10]

Майбутнє смарт-матеріалів

Очікується, що у найближчому майбутньому смарт-матеріали стануть основою для кастомізованого будівництва, де будівлі будуть адаптуватися до потреб своїх мешканців. Також активно досліджуються біоміметичні матеріали, які імітують природні процеси, такі як самовідновлення та адаптація до зовнішніх умов. Інші перспективні напрямки включають:

- **Нові біосумісні матеріали для медицини:** матеріали, що не викликають реакції відторгнення в організмі, а також здатні біорозкладатися після виконання своїх функцій.
- **Вдосконалення методів 3D-друку:** використання смарт-матеріалів для створення будівельних конструкцій з індивідуальними характеристиками дозволить створювати унікальні будівлі, адаптовані під певні кліматичні умови та функції.
- **Підвищення екологічної безпеки:** розробка матеріалів, які можуть повністю розкладатися після закінчення терміну служби, є важливим кроком до сталого будівництва.

Таким чином, смарт-матеріали продовжують відкривати нові можливості для архітектури, промисловості та повсякденного життя, і їх розвиток безсумнівно змінюватиме підхід до створення будівель та інфраструктури в майбутньому.

ВИСНОВОК ДО I РОЗДІЛУ

Смарт-матеріали, завдяки своїм унікальним властивостям адаптації до зовнішніх факторів, значно розширюють можливості сучасного будівництва, сприяючи підвищенню енергоефективності, комфорту та екологічної стійкості будівель. У сучасному світі, де зростають вимоги до адаптивності та стійкості інфраструктури, смарт-матеріали стають головним елементом інноваційного підходу до архітектури та інженерії. Вони забезпечують не лише покращення функціональних характеристик будівель, але й дозволяють знизити витрати на обслуговування і ремонт, що робить їх економічно вигідними для довготривалого використання.

Серед основних категорій смарт-матеріалів, які успішно використовуються для індивідуалізації будівельних проєктів, можна виділити термохромні, електрохромні, самовідновлювальні матеріали, матеріали з фазовим переходом (PCM), п'єзоелектричні сенсори та гідрогелі. Кожен із цих видів матеріалів пропонує унікальні можливості для адаптації конструкцій до кліматичних умов та змінних вимог користувачів. Термохромні та електрохромні матеріали, наприклад, дозволяють будівлям автоматично змінювати рівень прозорості вікон і фасадів, що оптимізує споживання енергії для кондиціонування та освітлення приміщень. Це забезпечує комфортний мікроклімат і дозволяє скоротити енергоспоживання, що має позитивний вплив на екологію.

Матеріали з фазовим переходом (PCM) ефективно підтримують стабільну температуру в приміщеннях, поглинаючи та віддаючи тепло залежно від температурних коливань. Це дозволяє значно зменшити навантаження на системи обігріву та охолодження, знижуючи витрати на електроенергію і сприяючи створенню енергоефективних будівель. У свою чергу, самовідновлювальні матеріали, як-от спеціальний бетон із здатністю до самозаліковування, підвищують довговічність конструкцій і знижують потребу в ремонті, що є економічно вигідним для власників будівель і зменшує використання ресурсів на обслуговування та ремонт.

П'єзоелектричні матеріали, що використовуються в сенсорах, дозволяють постійно контролювати стан конструкцій, забезпечуючи своєчасне виявлення

можливих проблем і попередження аварійних ситуацій. Це особливо важливо для великих інфраструктурних об'єктів, таких як мости, тунелі та висотні будівлі, де швидке реагування на структурні зміни може запобігти небезпеці та збільшити термін служби споруд.

Гідрогелі, здатні поглинати і утримувати велику кількість вологи, також знаходять своє застосування в сучасному будівництві. Їх використання в системах затримки води і ґрунтовій стабілізації забезпечує стійкість фундаментів і конструкцій в умовах змінної вологості та кліматичних коливань, зменшуючи ризик осідання або руйнування споруд.

Таким чином, смарт-матеріали мають значний потенціал для створення індивідуалізованих будівельних проєктів, що відповідають сучасним вимогам до енергоефективності, екологічної стійкості та комфорту. Вони дозволяють будівлям реагувати на зовнішні зміни, забезпечуючи зручність для мешканців і сприяючи сталому розвитку. Завдяки цим матеріалам, сучасне будівництво може створювати інфраструктуру, яка зменшує негативний вплив на навколишнє середовище, економить енергію та ресурси, а також забезпечує довговічність і безпеку споруд. Інтеграція смарт-матеріалів у будівельні проєкти є важливим кроком на шляху до інноваційного та екологічно відповідального будівництва, яке відповідає вимогам сьогодення та майбутнього.

РОЗДІЛ II. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ СМАРТ-МАТЕРІАЛІВ У БУДІВНИЦТВО

2.1. Найпопулярніші смарт-матеріали та їх застосування

1. П'єзоелектричні матеріали

Опис: П'єзоелектричні матеріали мають унікальну властивість: вони генерують електричний заряд під дією механічного тиску та, навпаки, деформуються під дією електричного поля. Це явище вперше було виявлено у кварці наприкінці 19-го століття, і з тих пір дослідники знайшли подібні властивості у багатьох кристалічних матеріалів, зокрема кераміки та полімерів. Застосування цієї властивості дозволяє створювати пристрої, здатні перетворювати механічну енергію у електричну й навпаки, що є дуже цінним у різних сферах технологій.

Застосування:

- **Сенсори та медичні пристрої:** П'єзоелектричні матеріали часто використовуються у сенсорах для перетворення фізичних величин (тиск, звукові хвилі) в електричні сигнали. Наприклад, вони є основою ультразвукових апаратів у медицині, де високочастотні звукові хвилі проходять через тканини, а потім повертаються, створюючи зображення внутрішніх органів.
- **Авіація та космічна промисловість:** В авіаційній і космічній техніці п'єзоелектричні матеріали допомагають контролювати і зменшувати вібрації, що покращує стабільність і знижує знос деталей літальних апаратів.
- **Збір енергії з навколишнього середовища:** П'єзоелектричні матеріали здатні перетворювати вібрації та механічний тиск в електроенергію. Це використовується, наприклад, у підлогових покриттях, які генерують електрику від кроків, що особливо корисно для збирання енергії в громадських місцях.

Цікаві факти:

- **П'єзоелектричний ефект у природі:** Кістки людини та деякі мінерали, як-от турмалін, мають природні п'єзоелектричні властивості, завдяки яким

можуть генерувати електричні імпульси під час деформації. Ця здатність використовується організмом для стимуляції росту кісткової тканини під час фізичної активності.

- **П'єзоелектричні дороговкази:** В Японії створені п'єзоелектричні тротуари, які генерують електрику, коли люди йдуть по них. Цю електроенергію використовують для живлення світлофорів та освітлення на станціях метро, що допомагає скоротити витрати на електроенергію.

2. Фазозмінні матеріали (PCM)

Опис: Фазозмінні матеріали (PCM) — це речовини, що здатні поглинати та зберігати значну кількість тепла при переході між різними фазами, наприклад, від твердого до рідкого стану. Ці матеріали забезпечують зберігання тепла без значного збільшення температури, оскільки тепло витрачається на фазовий перехід. Зазвичай вони застосовуються в температурних діапазонах, що є зручними для обігріву та охолодження приміщень, транспортування медичних препаратів тощо.[14]

Застосування:

- **Енергоефективне будівництво:** PCM інтегрують у будівельні матеріали для підтримання стабільної температури. Наприклад, PCM-фарби та штукатурки можуть вбирати зайве тепло вдень і повертати його вночі, забезпечуючи природну теплоізоляцію. Це знижує витрати на опалення та кондиціонування, підвищуючи енергоефективність будівель.
- **Охолодження електроніки:** В електроніці PCM допомагають уникнути перегріву, адже вони можуть поглинати тепло від компонентів, підтримуючи їх у стабільних температурних межах.
- **Сонячні колектори:** PCM застосовуються в установках для зберігання сонячної енергії, де вони зберігають тепло, отримане від сонця, для подальшого використання, наприклад, вночі або в похмуру погоду. Це дозволяє ефективніше використовувати сонячну енергію.

Цікаві факти:

- **PCM в текстилі:** Фазозмінні матеріали використовуються в тканинах для спортивного та захисного одягу. Наприклад, одяг з PCM може

адаптуватися до температури тіла, охолоджуючи або зігріваючи, що робить його особливо корисним для альпіністів та спортсменів.

- **Застосування РСМ для охолодження ліків:** Фазозмінні матеріали зберігають стабільну температуру під час транспортування ліків, що потребують прохолодного середовища. Вони забезпечують автономне охолодження, що є важливим для віддалених або нестабільних регіонів.

3. Самовідновлювальні матеріали

Опис: Самовідновлювальні матеріали, або «розумні» матеріали, мають здатність автоматично ремонтувати мікропошкодження, як-от тріщини та подряпини, без зовнішнього втручання. Це досягається шляхом введення в матеріал мікрокапсул із «лікувальними» агентами, які вивільняються при пошкодженні, або шляхом використання полімерів, здатних до «самозшивання». Ця здатність дозволяє значно продовжити термін служби багатьох виробів.

Застосування:

- **Авіаційна та автомобільна промисловість:** Самовідновлювальні матеріали знижують потребу в ремонті та обслуговуванні деталей транспортних засобів, адже можуть автоматично «залатувати» незначні пошкодження, що виникають під час експлуатації. Це зменшує ризик поломок і підвищує надійність транспорту.
- **Будівництво та інфраструктура:** У бетоні використовуються бактерії, які виробляють карбонат кальцію, коли виявляють тріщини, і заповнюють їх. Це «біологічне самовідновлення» продовжує термін служби бетонних конструкцій, таких як мости та тунелі.
- **Електроніка:** В електронних пристроях, особливо в гнучкій електроніці, самовідновлювальні матеріали забезпечують збереження функціональності навіть при невеликих тріщинах у мікросхемах або провідниках. Це знижує вірогідність пошкодження при згинанні та продовжує термін служби пристроїв.

Цікаві факти:

- **Інноваційний бетон з бактеріями:** Бактерії, які можуть виживати десятиліттями у бетоні, активуються під впливом вологи, коли

утворюються тріщини, та виділяють карбонат кальцію, заповнюючи пошкодження.

- **Самовідновлювальні покриття для смартфонів:** Існують покриття, які автоматично «закривають» дрібні подряпини на поверхні, зберігаючи ідеальний вигляд смартфонів або інших гаджетів, що робить їх більш довговічними і стійкими до зношення.
- **Дорожнє покриття:** У Нідерландах експериментують із самовідновлювальним асфальтом, в якому сталеві волокна з'єднуються під дією магнітного нагрівання. Це зменшує необхідність у частому ремонті дорожнього покриття, що скорочує витрати та полегшує обслуговування інфраструктури.

2.2. Використання смарт-матеріалів у освітньому процесі для підготовки педагогів професійного навчання

Використання смарт-матеріалів у освітньому процесі для підготовки спеціалістів з будівництва відкриває нові можливості для вдосконалення навчальних програм та підвищення кваліфікації майбутніх інженерів. Смарт-матеріали мають здатність змінювати свої властивості у відповідь на зовнішні подразники, такі як температура, вологість, тиск чи електричне поле. Впровадження їх у навчальний процес дозволяє студентам отримати сучасні знання про інноваційні технології, що стають дедалі більш затребуваними у будівництві.

Основні напрямки використання смарт-матеріалів у підготовці будівельних спеціалістів:

1. Практичне вивчення властивостей матеріалів:

Використання смарт-матеріалів у лабораторних умовах дає студентам можливість практично ознайомитися з їхніми властивостями та принципами дії. Наприклад, термохромні матеріали, що змінюють колір під впливом температури, можуть демонструватися для розуміння, як ці покриття використовуються для контролю температури всередині будівель. Фазозмінні

матеріали здатні накопичувати і вивільняти тепло під час переходу між твердим і рідким станами. В лабораторії студенти можуть досліджувати їхню здатність зберігати енергію протягом дня і виділяти її вночі, що дозволяє знизити потребу в кондиціюванні та опаленні.

Електроактивні полімери, які змінюють форму під дією електричного поля, використовуються для створення адаптивних фасадів та вікон, що автоматично регулюють світловий потік і вентиляцію. Це підвищує комфорт у будівлях, знижуючи витрати енергії. Наноматеріали з високими ізоляційними властивостями дозволяють підтримувати оптимальну температуру всередині приміщень, зменшуючи тепловтрати. Практична робота з ними допомагає студентам зрозуміти їхній потенціал у забезпеченні енергоефективності. Ще одним цікавим прикладом є електрохромне скло, яке змінює прозорість під дією електричної напруги. Працюючи з ним у лабораторії, студенти бачать, як матеріал може допомагати контролювати теплове навантаження в приміщеннях, зменшуючи потребу в кондиціюванні влітку.

Лабораторне використання смарт-матеріалів дозволяє студентам не лише спостерігати за їхніми фізичними змінами, але й глибше розуміти принципи інтеграції цих інноваційних рішень у будівельні проекти. Це підвищує їхню компетентність і готовність до застосування таких матеріалів у сучасних та майбутніх проектах.

2. Навчання проєктуванню та моделюванню:

Навчання проєктуванню та моделюванню з використанням смарт-матеріалів дає студентам можливість зрозуміти, як інтегрувати інноваційні матеріали у сучасні будівельні проекти. Наприклад, смарт-матеріали, що реагують на зовнішні подразники, такі як температура, світло чи механічне навантаження, можуть забезпечувати адаптивність будівельних елементів. Це дозволяє створювати розумні системи, наприклад, електрохромні вікна, які автоматично змінюють свою прозорість для регулювання світлового та теплового потоків у приміщенні, або самовідновлювальні матеріали, здатні відновлювати мікропошкодження, подовжуючи термін служби конструкцій.

У процесі навчання студенти вчать моделювати такі інтеграції у цифровому середовищі, враховуючи, як смарт-матеріали поведуться за різних умов. Це

допомагає не лише спланувати технічні характеристики та розміщення матеріалів, але й оцінити ефективність адаптивних рішень у реальних умовах експлуатації. Такий підхід до навчання проектуванню формує у студентів комплексний підхід до розробки енергоефективних, екологічно стійких і довговічних будівель, що відповідають вимогам сучасної архітектури.

3. Дослідження вібрацій та деформацій:

Смарт-матеріали, зокрема п'єзоелектричні та сенсорні, виконують важливу функцію моніторингу стану будівель, що є критично важливим для забезпечення їхньої безпеки та довговічності. П'єзоелектричні матеріали можуть реагувати на механічні впливи, такі як деформації або вібрації, і генерувати електричні сигнали, що дозволяє точно фіксувати зміни у структурі будівлі. Сенсорні матеріали, в свою чергу, можуть бути вбудовані в різні частини конструкції, де вони постійно збирають дані про її стан, включаючи напруження, зсуви або навіть мікротріщини, які можуть виникати під впливом зовнішніх факторів.

У освітньому процесі студенти мають можливість вивчати принципи роботи таких матеріалів, а також практично застосовувати їх для моніторингу моделей будівельних конструкцій. Це дозволяє студентам оцінити, як ці інноваційні матеріали сприяють ранньому виявленню потенційних проблем, зокрема небезпечних деформацій чи надмірних вібрацій, що можуть загрожувати стабільності споруди. Застосування смарт-матеріалів у лабораторних умовах готує студентів до розробки й реалізації сучасних систем моніторингу, які підвищують рівень безпеки будівель, оптимізують їхню експлуатацію та знижують витрати на ремонт і обслуговування впродовж життєвого циклу.

4. Екологічно чисте будівництво:

Смарт-матеріали є важливим елементом у впровадженні енергоефективних та екологічних рішень, що відповідають принципам сталого розвитку. Вони дозволяють створювати будівлі, які споживають менше енергії та мають менший вплив на навколишнє середовище. Наприклад, смарт-скло здатне змінювати свою прозорість залежно від зовнішніх умов, що дозволяє контролювати потік світла та тепла в приміщення. Це сприяє зниженню потреби в додатковому опаленні в холодну пору року та кондиціонуванні в спеку, оскільки приміщення природним чином зберігає комфортну температуру.

Вивчення таких матеріалів у освітньому процесі допомагає студентам зрозуміти принципи сталого розвитку, зокрема економію ресурсів, зменшення викидів вуглекислого газу та раціональне використання матеріалів. Смарт-матеріали також можуть інтегруватися в системи збору та утилізації енергії, як-от сонячні панелі чи фасади з фазозмінними матеріалами, що зберігають тепло. Це не лише підвищує енергоефективність будівель, але й сприяє формуванню у студентів екологічної відповідальності та навичок проектування стійких архітектурних рішень.[32]

5. Симуляційні системи:

Використання цифрових симуляцій у навчанні дозволяє наочно продемонструвати поведінку смарт-матеріалів у різних умовах, що сприяє глибшому розумінню їхніх унікальних властивостей та можливостей. Завдяки спеціалізованому програмному забезпеченню студенти можуть спостерігати, як смарт-матеріали реагують на зміни температури, тиску, вологості, світла тощо, а також як вони взаємодіють з іншими елементами конструкцій і будівель.

Такі симуляції особливо корисні в інженерній, архітектурній та дизайнерській освіті, оскільки дозволяють студентам "побачити" наслідки застосування певних матеріалів ще на етапі проектування. Це зменшує кількість помилок і підвищує якість навчання, оскільки майбутні спеціалісти вже на практиці знають можливості матеріалів, з якими вони працюватимуть.

Переваги для студентів

1. Підвищення практичних навичок:

Впровадження смарт-матеріалів у освітній процес значно підвищує рівень практичних навичок у студентів, адже дозволяє їм безпосередньо працювати з сучасними, інноваційними технологіями, які є актуальними у сучасній будівельній галузі. Опанування смарт-матеріалів, таких як самовідновлювальні матеріали, матеріали з адаптивними властивостями чи термохромними ефектами, надає студентам можливість не лише теоретично ознайомитися з їх властивостями, а й на практиці побачити, як вони реагують на зміну умов, адаптуються до середовища або автоматично підтримують певні функції. Такий практичний досвід дозволяє майбутнім фахівцям здобути необхідні компетенції для роботи з інноваційними технологіями, адаптуватися до постійних змін у

галузі, а також формує готовність до впровадження новітніх рішень у реальні виробничі процеси.

2. Знання про сучасні тренди:

Ознайомлення студентів із смарт-матеріалами дає їм можливість краще розуміти сучасні тренди в будівництві та орієнтуватися в інноваціях, які швидко набувають популярності на ринку. Смарт-матеріали, такі як матеріали з самоочишувальними поверхнями, адаптивні теплоізоляційні системи або інтегровані сенсорні технології, усе частіше використовуються у сучасному будівництві для підвищення енергоефективності та стійкості будівель. Студенти, які вже на етапі навчання отримують знання про ці матеріали, стають більш затребуваними спеціалістами, адже роботодавці цінують навички роботи з новими технологіями. Така підготовка забезпечує випускникам конкурентну перевагу на ринку праці, оскільки вони не тільки обізнані про новітні технології, але й мають досвід їх використання, що сприяє кращій адаптації до інноваційних вимог у професійній діяльності.

3. Залучення до наукових досліджень:

Залучення студентів до наукових досліджень у сфері смарт-матеріалів надає їм можливість безпосередньо сприяти науково-технічному прогресу. Смарт-матеріали, що можуть змінювати свої властивості під впливом зовнішніх факторів, таких як температура, вологість, світло або електричні імпульси, є перспективним напрямом досліджень для інноваційних застосувань у будівництві, інженерії та енергетиці. Участь у таких проєктах дозволяє студентам розвивати дослідницькі компетенції, вчитися методам експериментування та розв'язувати прикладні завдання. Це досвід, який виходить за межі звичайного навчального процесу, допомагаючи студентам формувати навички критичного мислення, аналітичних підходів і впевненість у роботі з інноваційними технологіями. Така підготовка відкриває перед ними перспективи для участі в науково-дослідницьких групах, аспірантурі та подальшому професійному зростанні у високотехнологічних галузях.

Інтеграція смарт-матеріалів у освітній процес підготовки будівельних спеціалістів сприяє розвитку сучасних компетенцій у галузі будівництва, що важливо для створення безпечних, економічних та екологічно чистих будівель.

Такий підхід забезпечує адаптацію навчальних програм до новітніх тенденцій, готуючи спеціалістів до викликів майбутнього.

2.3. Приклади реалізації проєктів з використанням смарт-матеріалів у будівельній галузі

Сучасна архітектура все частіше використовує смарт-матеріали, які відкривають нові можливості для енергоефективності, стійкості та комфорту будівель. Ці матеріали мають здатність змінювати свої властивості під впливом зовнішніх факторів — таких як температура, вологість, світло або електричні імпульси. Вони не тільки підвищують функціональність споруд, але й сприяють зниженню експлуатаційних витрат, зменшенню екологічного впливу та створенню комфортного середовища для людей. Застосування смарт-матеріалів у будівництві є одним із напрямів розвитку інноваційних рішень, що дає змогу проєктувати "розумні" будівлі, які активно реагують на зміни в навколишньому середовищі.

Нижче розглянемо декілька прикладів будівель по всьому світу, які вже впровадили смарт-матеріали у свою конструкцію, ставши зразками інноваційного підходу в архітектурі.

The Edge, Амстердам, Нідерланди: Становить унікальною офісною будівлею, яка отримала визнання як одна з найрозумніших і найбільш енергоефективних у світі. Її розумні системи управління освітленням, кліматом і енергоспоживанням допомагають підтримувати комфортний робочий простір із мінімальним впливом на довкілля. Ці системи постійно аналізують дані з численних сенсорів, розміщених по всій будівлі, що дозволяє автоматично регулювати температуру та освітлення відповідно до умов і потреб працівників.



Рис 8. The Edge, Амстердам, Нідерланди

Особливістю фасаду є електрохромні вікна, що змінюють свою прозорість залежно від зовнішнього освітлення, реагуючи на яскравість сонячного світла. У сонячні дні вікна знижують проникнення прямих сонячних променів, щоб уникнути перегріву приміщень, що допомагає зменшити витрати на кондиціонування. У похмурі дні вони стають прозорішими, забезпечуючи максимальне природне освітлення. Це не лише підвищує комфорт, але й сприяє зниженню використання штучного освітлення.

The Edge також оснащена сучасними енергозберігаючими технологіями, такими як сонячні панелі на даху і фасаді, які генерують значну частину електроенергії, необхідної для роботи будівлі. Крім того, система теплових насосів і повторного використання води допомагає підтримувати екологічний баланс, знижуючи споживання ресурсів. Завдяки таким інноваціям The Edge не лише відповідає сучасним стандартам стійкості, а й прокладає шлях для майбутніх енергоефективних офісних центрів, які можуть значно зменшити свій екологічний слід і підвищити комфорт співробітників.

Bosco Verticale (Вертикальний ліс) в Мілані, Італія, є чудовим прикладом інноваційного підходу до урбаністичної архітектури, де природа інтегрована в міське середовище через використання вертикальних садів. Ці дві вежі, які складаються з понад 9 000 дерев, 5 000 кущів і 13 000 рослин, створюють еко-оазу в середовищі урбанізованого міста, допомагаючи зменшити вплив забруднення та поліпшити якість повітря.



Рис.9 Bosco Verticale (Вертикальний ліс) в Мілані, Італія

Дерева та рослини на фасаді не тільки декоративні, а й виконують важливі екологічні функції. Вони сприяють фільтрації забруднювачів повітря, поглинаючи вуглекислий газ і викиди, а також виробляючи кисень, що покращує атмосферу навколо будівлі. Крім того, зелена рослинність регулює температурні коливання, оскільки рослини на фасаді діють як природний теплоізолятор, зменшуючи ефект "міського жару" в літні місяці та знижуючи потребу в кондиціонуванні. Взимку ж вони допомагають зберігати тепло в будівлі, забезпечуючи енергоефективність.

Ще однією важливою перевагою вертикальних садів є звукоізоляція. Рослини на фасаді поглинають вуличний шум, створюючи спокійніше і комфортніше середовище для мешканців і працівників будівлі. Завдяки таким особливостям, Bosco Verticale не тільки надає місту зелені зони, а й служить зразком для застосування біоорієнтованих рішень у поєднанні зі смарт-матеріалами для досягнення сталого та комфортного середовища.

Цей проєкт демонструє, як інноваційні концепції можуть поєднувати природу та сучасні технології для покращення якості життя в міських умовах, сприяючи екологічному розвитку та стійкості.[26]

One Central Park в Сідней, Австралія, є вражаючим прикладом застосування інноваційних технологій у будівництві для досягнення енергоефективності та покращення екологічних характеристик міського

середовища. Одна з головних особливостей цієї будівлі — це інтегровані світловідбиваючі панелі на фасаді, які автоматично адаптуються до зміни положення сонця. Завдяки цьому досягається максимізація природного освітлення в будівлі, що знижує потребу в штучному освітленні вдень і таким чином скорочує споживання електроенергії. Це також допомагає регулювати температуру в інтер'єрах, зменшуючи потребу в кондиціонуванні повітря.



Рис. 10 One Central Park в Сідней, Австралія

Фасад будівлі також оснащений вертикальними садами — великою кількістю рослин, розміщених на стінах, що не тільки додають естетичної привабливості, але й виконують важливі екологічні функції. Ці зелені стіни допомагають знизити температуру навколо будівлі, зменшуючи ефект "міського жару" та підвищуючи комфорт для мешканців і працівників. Крім того, вертикальні сади сприяють поліпшенню якості повітря, фільтруючи забруднювачі та поглинаючи вуглекислий газ.

Крім цих технологій, One Central Park використовує й інші інноваційні рішення для досягнення сталого розвитку: системи збору дощової води, ефективні сонячні батареї на даху, що забезпечують частину електричних потреб будівлі, і високоефективні системи вентиляції та опалення. Всі ці елементи разом дозволяють значно знизити енергоспоживання та екологічний вплив, роблячи One Central Park зразком для майбутніх енергоефективних і сталих будівель.

Цей проєкт підтверджує, як технології, що поєднують природні елементи з інноваційними матеріалами, можуть бути використані для створення

комфортних і екологічно чистих житлових і комерційних просторах у сучасному місті.

Capital Gate в Абу-Дабі, Об'єднані Арабські Емірати, є одним із найбільш інноваційних і технологічно просунутих хмарочосів у світі. Це будівля, яка поєднує у собі естетичні та інженерні досягнення, зокрема використання "діагональної сітки" та сталі з пам'яттю форми. Ці технології дозволяють конструкції витримувати екстремальні навантаження, що виникають під час сильних вітрів або землетрусів, і забезпечують стабільність і стійкість будівлі в умовах суворих кліматичних умов.



Рис. 11 Capital Gate в Абу-Дабі, Об'єднані Арабські Емірати

"Діагональна сітка" на фасаді створює унікальний вигляд та одночасно служить важливою підтримкою для всієї структури. Вона ефективно розподіляє навантаження та дозволяє будівлі витримувати потужні вітри, що часто зустрічаються в пустельних районах. Сталь з пам'яттю форми додає гнучкості і міцності конструкції, дозволяючи їй адаптуватися до змінних умов, таких як температурні коливання та механічні навантаження.

Окрім цього, Capital Gate оснащена інтелектуальними системами управління температурою та вологістю, які працюють завдяки матеріалам, що змінюють свої властивості в залежності від навколишнього середовища. Це дозволяє автоматично підтримувати оптимальний мікроклімат у будівлі,

знижуючи енергоспоживання та підвищуючи комфорт мешканців. Матеріали, що реагують на зміни кліматичних умов, сприяють ефективній теплоізоляції в зимовий час і зменшують потребу в кондиціонуванні повітря в літній період.

Ці інновації в будівництві роблять Capital Gate яскравим прикладом застосування смарт-матеріалів та адаптивних технологій для створення будівель, які не тільки відповідають сучасним вимогам щодо безпеки та комфорту, але й здатні ефективно функціонувати в екстремальних погодних умовах.

Powerhouse Brattørkaia в Тронхеймі, Норвегія, є яскравим прикладом інноваційної архітектури та сталих технологій, що орієнтовані на зменшення викидів вуглецю та підвищення енергоефективності. Ця будівля не просто є частиною сучасного урбаністичного ландшафту, а й працює як енергетичний "постачальник", виробляючи більше енергії, ніж споживає. Це досягається завдяки використанню передових технологій і матеріалів, які максимально використовують природні ресурси та мінімізують споживання енергії.

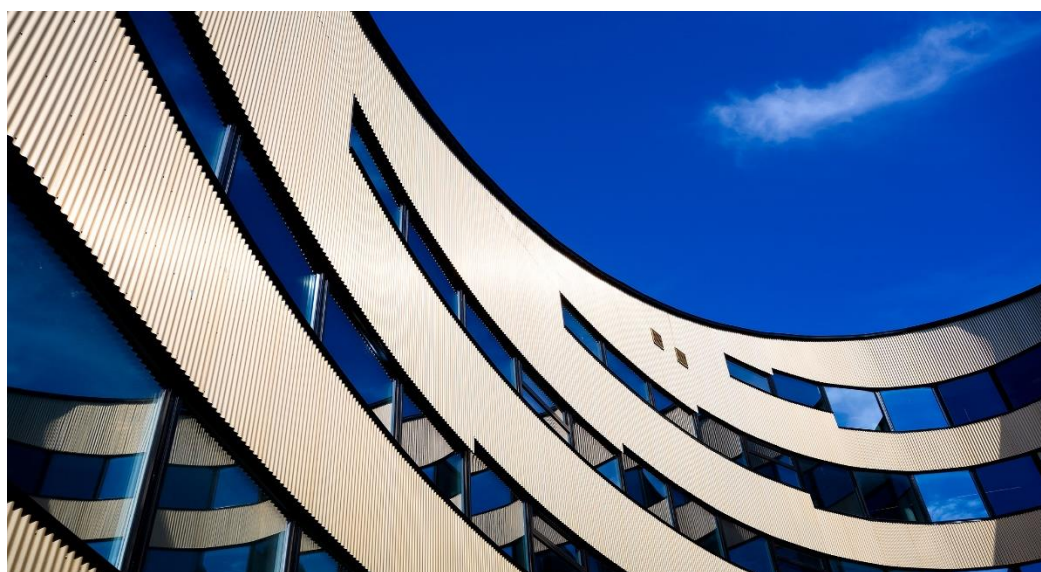


Рис.12 Powerhouse Brattørkaia в Тронхеймі, Норвегія

На фасаді та даху будівлі встановлені **фотогальванічні панелі**, які забезпечують виробництво електроенергії від сонячного світла. Це дозволяє будівлі генерувати енергію не тільки для своїх потреб, але й надлишкову енергію, яку можна використовувати або постачати в енергетичну мережу. Завдяки такій системі **Powerhouse Brattørkaia** здатна стати енергетично незалежною та навіть внести свій вклад у скорочення споживання традиційних енергоносіїв.

Інтер'єри будівлі використовують **PCM (фазозмінні матеріали)**, які є ще одним важливим елементом, що забезпечує енергоефективність. Ці матеріали здатні зберігати та віддавати тепло в залежності від температури навколишнього середовища, що дозволяє підтримувати оптимальний мікроклімат без необхідності в енергозатратних системах опалення або кондиціонування. PCM допомагають згладжувати температурні коливання, забезпечуючи комфортну температуру в будівлі протягом дня та ночі, знижуючи таким чином потребу в активних системах регулювання температури.

Ця комбінація технологій — сонячні панелі та фазозмінні матеріали — дозволяє **Powerhouse Brattørkaia** не тільки працювати як енергетично незалежна будівля, але й значно знижувати свій вплив на навколишнє середовище, сприяючи сталому розвитку та використанню відновлювальних джерел енергії.

Будівля є яскравим прикладом того, як новітні матеріали та технології можуть бути інтегровані в сучасну архітектуру, сприяючи досягненню глобальних цілей зі збереження енергії та зменшення викидів вуглекислого газу, одночасно підвищуючи комфорт і ефективність житлових та комерційних просторів.

Chanel Ginza Building у Токіо, Японія, є яскравим прикладом того, як інноваційні матеріали можуть бути використані в архітектурі для досягнення не тільки естетичних, але й енергетичних цілей. Фасад цієї будівлі оснащений **фотоелектрохромними матеріалами**, які змінюють свій колір під впливом сонячного світла. Це дозволяє фасаду адаптуватися до умов навколишнього середовища, знижуючи необхідність в активних системах освітлення та кондиціонування повітря.[6]



Рис 13. Chanel Ginza Building у Токіо, Японія

Фотоелектрохромні матеріали працюють таким чином, що вони можуть змінювати свою прозорість або колір в залежності від рівня інтенсивності сонячного світла. В результаті цього, будівля отримує унікальний, динамічний вигляд, який змінюється протягом дня, додаючи естетичний ефект. Такий підхід дозволяє будівлі не тільки бути енергоефективною, але й інтегрувати в архітектурний ландшафт міста інноваційні технології, що покращують її зовнішній вигляд.

Однією з головних переваг використання фотоелектрохромних матеріалів є значне зменшення потреби в штучному освітленні. Коли сонячне світло інтенсивніше, фасад будівлі може автоматично затемнюватися, що знижує потребу в додатковому електричному освітленні вдень.

Цей інноваційний підхід у використанні **фотоелектрохромних матеріалів** не лише підвищує енергоефективність **Chanel Ginza Building**, а й дозволяє зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, оскільки знижує витрати енергії та викиди вуглекислого газу. Ця будівля є яскравим прикладом того, як смарт-матеріали можуть поєднувати функціональність і естетику, створюючи не тільки комфортні, але й технологічно прогресивні простори.

The Crystal у Лондоні, Великобританія, є прикладом інноваційного підходу до сталого будівництва та енергоефективності. Ця будівля використовує інтегровану **систему енергоменеджменту**, що дозволяє оптимізувати споживання енергії на всіх етапах її експлуатації. Однією з технологій є

адаптивні скляні фасади, які допомагають регулювати температуру всередині будівлі, зменшуючи потребу в кондиціонуванні та опаленні.



Рис. 14 The Crystal у Лондоні, Великобританія

Адаптивні фасади будівлі можуть змінювати свої властивості в залежності від погодних умов, що дозволяє ефективно управляти тепловими втратами взимку та знижувати надмірне нагрівання влітку. Вони працюють за принципом змінної прозорості або затемнення, що допомагає максимізувати природне освітлення в холодні місяці та зменшити потребу в електричному освітленні вдень. Влітку фасад може зменшити кількість сонячного світла, яке потрапляє в будівлю, що дозволяє знизити температуру в приміщеннях і зменшити навантаження на системи кондиціонування повітря.

Інтегрована система енергоменеджменту у **The Crystal** забезпечує ефективний моніторинг та управління використанням енергії. Це дозволяє оптимізувати енергоспоживання будівлі, знижуючи витрати на енергію в порівнянні з традиційними будівлями аналогічного розміру. Будівля споживає значно менше енергії завдяки використанню передових технологій, таких як адаптивні фасади, що дозволяють зберігати тепло в холодний період і відводити надмірне тепло в теплий період року.

The Crystal демонструє, як сучасні технології можуть бути інтегровані в будівельні конструкції для створення більш енергоефективних та екологічно чистих об'єктів. Вона є прикладом того, як інноваційні підходи до проектування та використання матеріалів можуть значно знижувати енергоспоживання, роблячи будівлю більш стійкою до змін клімату та зменшуючи її вуглецевий слід.

Використання смарт-матеріалів у будівництві вже сьогодні трансформує архітектурну галузь, створюючи "розумні" будівлі, які відповідають на виклики сучасності — від енергоефективності до екологічної стійкості. Проекти, розглянуті вище, демонструють, як інноваційні матеріали та технології не лише забезпечують комфорт і безпеку, але й сприяють значному скороченню енергоспоживання та впливу на довкілля. Такий підхід закладає основу для майбутнього будівництва, де кожна будівля зможе адаптуватися до умов, підтримуючи баланс між потребами людини та природи. У перспективі це не лише підвищить якість життя, а й стане важливим кроком на шляху до сталого розвитку міст і збереження ресурсів планети.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ II

Розглядаються технологічні аспекти впровадження смарт-матеріалів у будівництво та освітній процес для підготовки фахівців. Зосереджений на найпоширеніших типах смарт-матеріалів, їхніх унікальних властивостях та практичному застосуванні в різних галузях, що особливо актуально для будівництва та інфраструктури. П'єзоелектричні матеріали можуть генерувати електричний заряд під дією механічного тиску, що робить їх корисними у сенсорах та медичних пристроях, авіації, космічній промисловості, а також у системах збору енергії. Так, їх здатність перетворювати механічну енергію у електричну дозволяє використовувати п'єзоелектричні підлогові покриття для збору енергії у місцях із великою кількістю пішоходів.

Інший важливий тип матеріалів — фазозмінні, які здатні поглинати та зберігати тепло, що забезпечує підтримання стабільної температури. Це допомагає у зниженні витрат на опалення й охолодження, оскільки такі матеріали можуть бути інтегровані в будівельні конструкції, підтримуючи оптимальний температурний режим. Фазозмінні матеріали застосовуються також у сонячних колекторах та для транспортування медичних препаратів, що потребують стабільних умов зберігання. Крім того, самовідновлювальні матеріали здатні автоматично усувати мікропошкодження завдяки вбудованим "лікувальним" агентам, що робить їх надзвичайно перспективними для використання в автомобільній, авіаційній промисловості, а також у будівництві.

У розділі детально описано переваги використання смарт-матеріалів у підготовці будівельних спеціалістів. Смарт-матеріали дозволяють студентам здобувати практичні навички роботи з інноваційними технологіями, які змінюють свої властивості під впливом різних подразників — температури, тиску, електричного поля. Навчання із використанням цих матеріалів передбачає роботу з термохромними фарбами, електрохромними склом, п'єзоелектричними матеріалами та фазозмінними речовинами, що дозволяє майбутнім фахівцям засвоїти принципи інтеграції таких рішень у реальні будівельні проєкти. Це допомагає студентам зрозуміти, як будівельні конструкції можуть адаптуватися

до умов навколишнього середовища, стаючи більш стійкими та енергоефективними.

Для формування сучасних навичок проектування і моделювання, студенти мають змогу працювати з цифровими симуляціями, які демонструють поведінку смарт-матеріалів у різних умовах. Завдяки таким симуляціям, студенти не лише вивчають фізичні властивості матеріалів, але й набувають здатності проектувати адаптивні будівельні елементи, наприклад, фасади з електрохромного скла або конструкції, що містять самовідновлювальні компоненти. Практичне використання смарт-матеріалів розширює компетенції майбутніх будівельників, дозволяючи їм працювати з новітніми матеріалами, що вже застосовуються в інноваційних будівлях.

Ми наводимо конкретні приклади проектів, у яких використані смарт-матеріали, — це сучасні будівлі, такі як The Edge в Амстердамі, Bosco Verticale в Мілані, One Central Park у Сідней, Capital Gate в Абу-Дабі та Powerhouse Brattørkaia в Тронгеймі. Кожна з них є прикладом застосування енергоефективних рішень, таких як електрохромне скло, що адаптує прозорість під впливом сонячного світла, або вертикальні сади, що допомагають зменшити рівень забруднення повітря в урбанізованих районах. Ці об'єкти підкреслюють значення смарт-матеріалів у створенні сталих та енергоефективних будівель. Таким чином, впровадження смарт-матеріалів у будівельну галузь відкриває широкі можливості для енергоефективного, екологічного та інноваційного будівництва. Ці матеріали сприяють не лише зниженню витрат на утримання будівель, а й підвищують їхню стійкість до впливу зовнішнього середовища, забезпечуючи комфорт і безпеку. У навчальному процесі використання смарт-матеріалів надає студентам актуальні знання та навички для роботи в умовах сучасного ринку, де цінується компетентність у новітніх технологіях.

РОЗДІЛ III. МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ТЕМИ ПРО СМАРТ-МАТЕРІАЛИ У ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

3.1 Методичні рекомендації для проведення практичних занять з теми «Смарт-матеріали в будівництві»

Методичні рекомендації для проведення практичних занять з теми «Смарт-матеріали в будівництві» мають на меті дати студентам комплексне розуміння сучасних інноваційних матеріалів, що здатні змінювати свої властивості у відповідь на зовнішні умови, і показати їхні можливості в реальних будівельних проектах.

На початку заняття викладач може провести огляд поняття смарт-матеріалів, зосередивши увагу на їхніх унікальних властивостях і широких можливостях використання в сучасному будівництві. Одним з ключових аспектів є їх значення у підвищенні енергоефективності споруд. Смарт-матеріали дозволяють створювати будівлі, які мінімізують втрати енергії, наприклад, завдяки адаптивним фасадам, що автоматично регулюють теплоізоляційні або світлопропускні характеристики залежно від температури або інтенсивності сонячного світла. Це важливо для зменшення споживання енергії на обігрів чи охолодження приміщень, що, у свою чергу, позитивно впливає на екологічність споруд.

Далі доцільно ознайомити студентів з основними типами смарт-матеріалів, серед яких виділяють термохромні, електрохромні, фотоактивні матеріали та матеріали з ефектом пам'яті форми. Кожен з них має свої особливості: термохромні матеріали змінюють колір під дією температури, електрохромні можуть змінювати прозорість під впливом електричного струму, фотоактивні активуються світлом, а матеріали з ефектом пам'яті форми здатні відновлювати початкову форму після деформації. Викладач може продемонструвати приклади застосування кожного виду матеріалів, підкреслюючи їхні переваги у будівництві та акцентуючи на зменшенні експлуатаційних витрат за рахунок адаптації будівлі до зовнішніх умов.

Особливу увагу слід звернути на те, як ці матеріали реагують на зміни навколишнього середовища. Студенти повинні усвідомити, що смарт-матеріали стають невід'ємною частиною адаптивних будівель, які підлаштовуються під різні зовнішні чинники, такі як температура, вологість, рівень освітлення та інші. Це дає змогу забезпечити комфортний внутрішній мікроклімат, знизити витрати на обслуговування будівель та зменшити викиди вуглецю, що є важливим кроком у напрямку екологічно відповідального будівництва.

Розуміння студентами принципу роботи смарт-матеріалів та їхньої специфіки є важливим підґрунтям для подальших практичних занять і проєктної роботи.[1]

Практичні заняття доцільно організувати у формі дослідницьких завдань, які дозволять студентам не лише теоретично вивчити особливості смарт-матеріалів, але й набути практичних навичок їх застосування. Для цього можна запропонувати студентам низку експериментів, спрямованих на дослідження властивостей таких матеріалів, як термохромні та електрохромні покриття. Ці матеріали демонструють зміну кольору або прозорості в залежності від впливу температури або електричного струму, і їхні характеристики можуть бути вивчені у лабораторних умовах.

Наприклад, завданням може бути проведення серії вимірювань, які покажуть, як термохромні матеріали змінюють свій колір при нагріванні до певних температур. Це завдання допоможе студентам зрозуміти, як матеріали можуть використовуватись для пасивного управління енергозатратами у будівлях, зменшуючи потребу в кондиціонуванні або обігріві приміщень. В іншому завданні з електрохромними матеріалами студенти можуть змоделювати процес регулювання прозорості вікон, який дозволяє змінювати рівень освітлення в приміщенні в залежності від часу доби або потреб мешканців. Вивчаючи цей процес, студенти побачать, як ці покриття реагують на різні рівні електричного струму, і це може стати основою для майбутнього проектування автоматизованих систем управління освітленням у будівлях.

Ці дослідження дозволяють студентам самостійно вивчати матеріали, формуючи навички критичного аналізу й оцінки їхньої ефективності. Студенти можуть порівнювати отримані експериментальні дані з теоретичними

очікуваннями, а також обговорювати практичні аспекти застосування цих матеріалів у будівельних проектах. Такий підхід особливо корисний для майбутніх спеціалістів, що працюватимуть у галузі будівництва, де критично важливі знання про точність і надійність матеріалів.

Корисним буде і проведення проєктних завдань, в яких студенти зможуть змоделювати використання смарт-матеріалів у конкретному елементі будівлі або навіть у цілому об'єкті. Наприклад, завданням може бути розробка фасадної системи, яка регулює прозорість вікон залежно від часу доби, або створення конструкції з матеріалів, що змінюють теплопровідність у відповідь на температуру. Це допоможе студентам зрозуміти, як правильно обирати матеріали для забезпечення оптимального мікроклімату всередині будівлі.

Завершальним етапом заняття може бути обговорення результатів, під час якого студенти мають можливість аналізувати і порівнювати отримані експериментальні дані з теоретичними знаннями. Під час рефлексії студенти можуть також розглянути перспективи використання смарт-матеріалів для зменшення екологічного сліду будівель і підвищення їхньої енергоефективності. Таке обговорення допоможе їм глибше зрозуміти переваги та обмеження смарт-матеріалів і усвідомити їхній потенціал для вирішення актуальних екологічних проблем у будівництві.

Методичні рекомендації мають орієнтувати викладача на створення такої навчальної атмосфери, яка б спонукала студентів до творчого підходу в проєктуванні із використанням смарт-матеріалів. Викладачеві слід застосовувати завдання, які дозволяють студентам експериментувати, створювати власні міні-проєкти, а також пропонувати нестандартні ідеї для вирішення сучасних будівельних задач. Наприклад, замість шаблонного підходу до проєктування віконних систем, викладач може запропонувати студентам розробити інноваційні рішення для регулювання температури і освітлення в приміщенні за допомогою електрохромних або фотоактивних покриттів. Це дозволить розвинути у студентів здатність бачити нові можливості та експериментувати з конструктивними елементами будівель.¹

Крім того, важливо включити завдання, спрямовані на розвиток критичного мислення. Викладачеві варто акцентувати увагу на аналізі

ефективності запропонованих студентами рішень, запитуючи їх про практичність, економічність та екологічність вибраних матеріалів. Наприклад, після проведення експериментів із смарт-матеріалами студенти можуть обговорити, наскільки доцільно використовувати ці матеріали в умовах конкретного клімату або для певного типу будівлі. Це дозволить їм оцінити доцільність вибору, враховуючи можливі обмеження та переваги.

Окрім того, методичні рекомендації мають підкреслювати значення самостійного аналізу отриманих результатів, де студенти зможуть узагальнювати свої висновки на основі експериментів, а також пропонувати шляхи вдосконалення. Наприклад, викладач може запропонувати студентам завдання з порівнянням теоретичних очікувань щодо властивостей смарт-матеріалів із фактично отриманими результатами. Це допоможе їм краще зрозуміти природу матеріалів та адаптувати свої підходи в проектуванні.

Таким чином, такі методичні рекомендації не лише допоможуть студентам набути професійних навичок, але й сприятимуть формуванню в них здатності до творчого мислення, критичного аналізу та самостійного пошуку нових рішень, що є ключовими у сучасній інженерній та будівельній галузі.

3.2 Розробка тестових завдань для вивчення теми смарт-матеріалів

Смарт-матеріали є інноваційними матеріалами, що мають здатність змінювати свої властивості або поведінку під впливом зовнішніх факторів, таких як температура, вологість, світло, електричні чи магнітні поля. Вони активно використовуються в будівництві, оскільки дозволяють створювати більш ефективні, економічні та енергозберігаючі конструкції. Оволодіння знаннями про смарт-матеріали є важливою складовою підготовки фахівців у сфері будівництва, оскільки ці матеріали дозволяють досягати значних покращень у якості будівельних процесів і підвищувати експлуатаційні характеристики споруд.

Тестові завдання спрямовані на оцінку знань та розуміння основних принципів використання смарт-матеріалів у будівництві. Вони допоможуть вам перевірити свої знання щодо типів смарт-матеріалів, їх властивостей та застосувань у

практиці будівництва. Відповіді на ці питання вимагатимуть як знання теоретичних основ, так і здатності застосовувати отриману інформацію для вирішення практичних завдань.

Тест №1

1. Яка властивість смарт-матеріалів дозволяє їм змінювати свої характеристики під впливом зовнішніх факторів?

- А) Водонепроникність
- В) Терморегулювання
- С) Розумна адаптація
- D) Світлопропускання

2. Який з наведених матеріалів є прикладом самоочищувального смарт-матеріалу?

- А) Поліетилен
- В) Титанова діоксидна плівка
- С) Алюмінієвий сплав
- D) Бетон з добавками цементу

3. Що з нижченаведеного найкраще описує функцію п'єзоелектричних матеріалів?

- А) Вони змінюють колір під впливом температури
- В) Вони генерують електрику при механічному навантаженні
- С) Вони поглинають вологу з повітря
- D) Вони світяться в темряві

4. Який із смарт-матеріалів найбільше підходить для теплової ізоляції завдяки зміні фаз?

- А) Пінополістирол
- В) Фазозмінні матеріали
- С) Полікарбонат
- D) Склопакети з інертним газом

5. Яку роль виконують електрохромні матеріали у будівництві?

- А) Вони змінюють прозорість під впливом електричного струму
- В) Вони підвищують міцність конструкцій
- С) Вони захищають від ультрафіолетового випромінювання

- D) Вони здатні регулювати рівень шуму

6. Який матеріал можна вважати смарт-матеріалом завдяки його здатності відновлювати форму після деформації?

- A) Термопластик
- B) Полімер з пам'яттю форми
- C) Гума
- D) Фазозмінний матеріал

7. Яка характеристика термохромних матеріалів є найбільш визначальною?

- A) Здатність поглинати звукові хвилі
- B) Здатність генерувати електрику
- C) Зміна кольору при зміні температури
- D) Водостійкість

8. Який смарт-матеріал найбільше підходить для захисту від радіаційного випромінювання?

- A) Фазозмінні матеріали
- B) Світлочутливі полімери
- C) Свинцеві композити
- D) Електрохромні матеріали

9. У якій будівельній конструкції найбільш доречно застосовувати самоочищувальні покриття?

- A) Фундамент
- B) Дах
- C) Віконні конструкції
- D) Стіни всередині приміщення

10. Яка основна перевага смарт-бетону з вбудованими сенсорами?

- A) Він легший, ніж звичайний бетон
- B) Здатний відстежувати напругу та деформацію
- C) Більш стійкий до впливу ультрафіолету
- D) Має підвищену теплопровідність

11. Що визначає роботу фотохромних матеріалів?

- A) Вони змінюють прозорість під впливом температури

- В) Вони змінюють прозорість під впливом світла
- С) Вони відбивають звук
- D) Вони зменшують теплові втрати

12. Який смарт-матеріал може використовуватись для автоматичного затемнення вікон?

- А) Фазозмінні матеріали
- В) Гідрофільні покриття
- С) Електрохромні матеріали
- D) Полімер з пам'яттю форми

13. Чому фазозмінні матеріали корисні у теплоізоляції будівель?

- А) Вони поглинають воду
- В) Вони здатні виділяти або поглинати тепло під час зміни фаз
- С) Вони світяться у темряві
- D) Вони змінюють колір залежно від освітлення

14. Який матеріал може змінювати свою жорсткість у відповідь на електричне поле?

- А) Гідрофобні покриття
- В) Електроактивні полімери
- С) Пінополіуретан
- D) Полімери з пам'яттю форми

15. В якій області будівництва часто використовуються гідрофільні покриття?

- А) У фундаментних блоках
- В) У зовнішньому склінні
- С) У теплоізоляції стін
- D) У підлогових покриттях

16. Які матеріали використовуються для будівництва, здатні реагувати на рівень вологості?

- А) Гідрогелі
- В) Поліетиленові покриття
- С) Металеві композити
- D) Електрохромні покриття

17. Яка основна особливість п'єзоелектричних сенсорів в будівельних матеріалах?

- А) Вони змінюють форму під впливом світла
- В) Вони можуть генерувати електрику від механічних навантажень
- С) Вони змінюють колір під впливом температури
- D) Вони виділяють тепло при навантаженні

18. Який матеріал найчастіше використовують для акустичних панелей зі смарт-властивостями?

- А) Алюмінієві композити
- В) Полімери з пам'яттю форми
- С) Піноматеріали зі звукоізоляційними властивостями
- D) Гідрофільні покриття

19. Який смарт-матеріал може змінювати свою провідність у відповідь на хімічні речовини?

- А) П'єзоелектричні матеріали
- В) Хемочутливі полімери
- С) Електроактивні композити
- D) Фотохромні полімери

20. Який матеріал використовується в складі "розумного" асфальту для відстеження зношування доріг?

- А) Гідрофільний полімер
- В) Смарт-бетон з датчиками
- С) Електрохромне покриття
- D) Пластик з пам'яттю форми

21. Чому електрохромні матеріали є ефективними для енергозбереження в будівлях?

- А) Вони відбивають ультрафіолетове світло
- В) Вони змінюють прозорість за потребою
- С) Вони здатні генерувати електрику з тепла
- D) Вони мають антибактеріальні властивості

22. Яка особливість хемочутливих полімерів дозволяє використовувати їх у детекторах газів?

- А) Вони змінюють колір при температурних змінах
- В) Вони змінюють електропровідність під впливом певних газів
- С) Вони реагують на вологість
- D) Вони відбивають світло

23. Який смарт-матеріал найчастіше використовується в освітленні фасадів будівель?

- А) Титанова діоксидна плівка
- В) Фотохромні полімери
- С) Світлодіодні матеріали з регульованою яскравістю
- D) Пластик з пам'яттю форми

24. Який із смарт-матеріалів має здатність поглинати сонячну енергію та перетворювати її на електричну?

- А) Фотохромний пластик
- В) Полімери з пам'яттю форми
- С) Сонячні панелі з фотоелементами
- D) П'єзоелектричні матеріали

25. Яка функція гідрофобних покриттів у смарт-матеріалах?

- А) Затримка тепла всередині приміщення
- В) Зменшення впливу ультрафіолету
- С) Відштовхування води та запобігання налипанню бруду
- D) Поглинання вологи з повітря

Ключ до тестових завдань 1:

1. С
2. В
3. В
4. В
5. А
6. В
7. С
8. С
9. С
10. В

- 11. B
- 12. C
- 13. B
- 14. B
- 15. B
- 16. A
- 17. B
- 18. C
- 19. B
- 20. B
- 21. B
- 22. B
- 23. C
- 24. C
- 25. C

Тест №2

1. Який з наведених смарт-матеріалів здатний змінювати свою форму або властивості під впливом температури?

- А) Фазозмінні матеріали
- В) П'єзоелектричні матеріали
- С) Гідрогелі
- D) Термопластики

2. Який смарт-матеріал дозволяє створювати динамічні фасади, що змінюють форму в залежності від погоди?

- А) Алюмінієвий композит
- В) Пам'ятні матеріали
- С) Силіконові композити
- D) П'єзоелектричні матеріали

3. Для яких будівельних задач найкраще використовувати матеріали з пам'яттю форми?

- А) Для теплоізоляції
- В) Для звукоізоляції

- С) Для виготовлення рухомих елементів конструкцій
- D) Для декоративних покриттів

4. Які з наступних матеріалів використовуються для створення "розумних" вікон, які регулюють прозорість в залежності від температури?

- A) П'єзоелектричні покриття
- B) Фазозмінні матеріали
- C) Термохромні покриття
- D) Полімери з пам'яттю форми

5. Яка основна перевага використання смарт-матеріалів у будівництві з точки зору енергоефективності?

- A) Покращення механічних характеристик матеріалів
- B) Підвищення термостійкості матеріалів
- C) Зменшення споживання енергії на обігрів та охолодження
- D) Підвищення довговічності матеріалів

6. Яка властивість смарт-матеріалів дозволяє зменшити енергоспоживання будівель?

- A) Здатність до самоочищення
- B) Зміна прозорості під впливом світла
- C) Автоматичне утеплення та охолодження приміщень
- D) Поглинання ультрафіолетового випромінювання

7. Який із наступних матеріалів є прикладом "розумного" скла, яке змінює свою прозорість при зміні температури?

- A) Фазозмінне скло
- B) Фотохромне скло
- C) Термохромне скло
- D) Полімерне скло

8. Яка властивість п'єзоелектричних матеріалів є корисною для будівельних конструкцій?

- A) Генерація електрики при механічному навантаженні
- B) Зміна температури при впливі на матеріал
- C) Поглинання вологи

- D) Зміна прозорості при зміні умов освітлення

9. Який смарт-матеріал можна використовувати для створення самовідновлювальних бетонних конструкцій?

- A) Бетон з наночастинками
- B) Бетон з додаванням фібробетону
- C) Бетон із самовідновлювальними властивостями
- D) Силіконовий бетон

10. Яке з наступних покриттів застосовується для зменшення рівня шуму в будівлях?

- A) Фазозмінні покриття
- B) Звукоізоляційні матеріали з пам'яттю форми
- C) Термохромні матеріали
- D) Фотохромні матеріали

11. Як працюють електрохромні матеріали у будівництві?

- A) Змінюють свою форму під впливом електричного струму
- B) Змінюють свою прозорість або колір при зміні електричного поля
- C) Генерують тепло при зміні електричного струму
- D) Поглинають ультрафіолетове випромінювання

12. Які властивості смарт-матеріалів використовуються для створення динамічних дахових систем, які реагують на погодні умови?

- A) Терморегулюючі властивості
- B) Властивість змінювати форму під впливом вологи
- C) Здатність до самоочищення
- D) Здатність змінювати структуру під впливом механічного навантаження

13. Що таке фотохромні матеріали?

- A) Матеріали, які змінюють колір при зміні температури
- B) Матеріали, які змінюють прозорість при зміні температури
- C) Матеріали, які змінюють колір при впливі світла
- D) Матеріали, які поглинають вологу

14. Які смарт-матеріали використовуються для виготовлення енергоефективних вікон?

- A) Фазозмінні матеріали

- В) Термохромні матеріали
- С) П'єзоелектричні матеріали
- D) Гідрофобні матеріали

15. Як можуть бути використані наноматеріали у створенні смарт-матеріалів для будівництва?

- А) Для створення міцних і легких матеріалів
- В) Для створення матеріалів, що змінюють колір при зміні освітлення
- С) Для створення матеріалів, що реагують на механічні навантаження
- D) Для створення самовідновлювальних покриттів

16. Яка із властивостей смарт-матеріалів може використовуватися для автоматичного регулювання температури в будівлях?

- А) Здатність до терморегулювання
- В) Зміна прозорості під впливом температури
- С) Володіння енергоефективними властивостями
- D) Взаємодія з ультрафіолетовим випромінюванням

17. Який матеріал може бути використаний для створення самовідновлювальних покриттів у бетоні?

- А) Самовідновлювальні полімери
- В) Бетон з додаванням мікроорганізмів
- С) Смарт-металеві покриття
- D) Самовідновлювальні піни

18. Які смарт-матеріали використовуються в інноваційних фасадних системах для забезпечення термічної ефективності?

- А) Термохромні матеріали
- В) Фазозмінні матеріали
- С) П'єзоелектричні матеріали
- D) Пластик з пам'яттю форми

19. Яке з наступних застосувань смарт-матеріалів є найбільш підходящим для зменшення теплових втрат у будівлях?

- А) Використання світлопропускних матеріалів для фасадів
- В) Використання фазозмінних матеріалів для утеплення
- С) Використання фотохромних покриттів на дахах

- D) Використання матеріалів з пам'яттю форми в конструкціях

20. Який матеріал може автоматично змінювати свою форму в залежності від зміни вологи?

- A) Гідрогелі
- B) П'єзоелектричні матеріали
- C) Фазозмінні матеріали
- D) Термопластики

21. Як смарт-матеріали допомагають в управлінні мікрокліматом в приміщеннях?

- A) Зменшують рівень вологості
- B) Автоматично контролюють температуру та вологість
- C) Змінюють рівень освітленості в приміщенні
- D) Поглинають шкідливі гази з повітря

22. Яка властивість смарт-матеріалів дозволяє знижувати рівень забруднення повітря в будівлях?

- A) Поглинання вуглекислого газу
- B) Поглинання шкідливих часток
- C) Здатність до самоочищення
- D) Поглинання запахів

23. Які властивості термохромних матеріалів дозволяють зменшити витрати на кондиціонування?

- A) Зміна прозорості при зміні температури
- B) Поглинання ультрафіолетових променів
- C) Виведення вологи з конструкцій
- D) Автоматичне очищення від бруду

24. Як п'єзоелектричні матеріали можуть бути використані в будівництві?

- A) Для накопичення енергії при впливі механічних навантажень
- B) Для зменшення теплових втрат у будівлях
- C) Для автоматичного освітлення
- D) Для створення водонепроникних покриттів

25. Яка з властивостей смарт-матеріалів дозволяє покращити енергозбереження в будівлях?

- А) Поглинання сонячної енергії
- В) Зміна прозорості під впливом освітлення
- С) Здатність до самоочищення
- D) Використання фазозмінних матеріалів для теплоізоляції

Ключ до тестів 2

1. А
2. В
3. С
4. С
5. С
6. С
7. С
8. А
9. С
10. В
11. В
12. А
13. С
14. В
15. А
16. А
17. В
18. В
19. В
20. А
21. В
22. С
23. А
24. А
25. D

3.3 Створення безпечного середовища для здобуття освіти в умовах воєнного стану

З урахуванням дій воєнного стану на всій території України, одним з основних завдань в галузі освіти сьогодні є належна підготовка освітнього середовища в умовах триваючих бойових дій і можливих артилерійських обстрілів на певних територіях, загрози ракетно-бомбових ударів.

У таких умовах основним пріоритетом для закладу професійної (професійно-технічної) освіти є забезпечення безпечних умов навчання та праці для всіх учасників освітнього процесу.

З метою забезпечення безпеки учасників освітнього процесу від можливих артилерійських і ракетних обстрілів у період активних бойових дій було прийнято рішення про створення спеціальних споруд цивільного захисту. Ці захисні споруди призначені для захисту людей від можливих небезпек і створення безпечного середовища для навчання і роботи. Вони володіють спеціальною конструкцією і оснащені необхідним обладнанням, щоб забезпечити максимальний захист від можливих загроз. Ці споруди є важливою складовою системи цивільного захисту та демонструють турботу про безпеку всіх учасників освітнього процесу. При виникненні загрози, учасники освітнього процесу можуть надійно сховатися в зазначених спорудах і бути захищені від можливих наслідків військових дій. Це дозволяє забезпечити безперервність освітнього процесу та зберегти безпеку всіх його учасників.

В освітніх закладах основним засобом колективного захисту є найпростіші укриття - підвальні приміщення, розташовані в будівлях. Якщо заклад освіти володіє придатним для укриття підвальним приміщенням, то це і стає найбільш доступним місцем, де як персонал, так і здобувачів освіти можуть знайти укриття.

Для організації укриття персоналу та здобувачів освіти у підвальних приміщеннях (у найпростіших укриттях) такі приміщення необхідно заздалегідь підготувати і утримувати в постійній готовності до моменту загрози різного роду.

Необхідно довести до відома всіх співробітників, дітей і студентів план укриття, так само як і план евакуації. Під час практичної підготовки рекомендується проводити тренування з укриття за участю 100% персоналу та студентів у захисних спорудах. Це допоможе досягти автоматизму в діях усіх учасників освітнього процесу.

До споруд, що використовуються для укриття (споруди подвійного призначення та найпростіші укриття) сформовано певні вимоги.

1. Незалежно від форми власності та напряму діяльності підприємств, установ та організацій, всі споруди цивільного захисту, які є їх балансоутримувачами або органами управління, повинні завжди бути готові до використання за призначенням. Не можна допускати проведення заходів, які можуть зменшити їх захисні властивості, надійність і безпеку.

2. Дотримання та використання захисних споруд повинні здійснюватися відповідно до вимог з обслуговування та експлуатації цивільного захисту, які були затверджені наказом МВС України від 09.07.2018 № 579.

3. Належний технічний стан потрібен для обладнання захисних споруд, їх комунікацій, інженерних мереж, інженерного та спеціального обладнання, а також систем життєзабезпечення. У спорудах Фонду захисних споруд заборонено зберігати або використовувати речовини, які можуть легко займатися, небезпечні хімічні та радіоактивні речовини.

4. Відповідальність за належний технічний стан та готовність захисних споруд покладається на керівників суб'єктів господарської діяльності. Використання матеріалів, які можуть виділяти небезпечні хімічні речовини під час нагрівання або експлуатації, суворо заборонено. Це потрібно для забезпечення безпеки і запобігання можливих аварій або подій.

5. Основні вимоги до технічного забезпечення, експлуатації та підтримання готовності до прийняття найпростіших укриттів, таких як підвальні приміщення, є важливими і невід'ємними. Згідно даної специфікації, обладнання, що використовується для створення таких укриттів, має забезпечувати населенню можливість безперервного перебування в них протягом не менше 48 годин.

6. З метою забезпечення подвійного призначення і найпростіших укриттів передбачено такі споруди і предмети:

- для комфорту і відпочинку передбачені лавки, стільці, ліжка та інші предмети меблів, на яких можна сидіти або лежати;
- для забезпечення водою передбачені ємності з питною водою, розраховані на 2 літри на день на одну людину, яка потребує укриття. Також передбачена ємність із технічною водою в разі відсутності централізованого водопостачання;
- для зберігання продуктів харчування передбачені контейнери;
- для збору нечистот передбачені виносні баки, що щільно закриваються, призначені для неканалізованих будівель і споруд;
- для освітлення передбачено резервні штучні джерела світла, як-от електричні ліхтарі, свічки, газові лампи та інші;
- для гасіння пожеж передбачені первинні засоби, які відповідають нормам для приміщень такого призначення;
- для надання медичної допомоги передбачено відповідні засоби;
- для зв'язку та оповіщення передбачені телефон і радіоприймач;
- для виконання різних завдань передбачені інструменти, такі як штикові та совкові лопати, ломи, сокири, пили-ножівки для роботи з деревом і металом та інші.

За можливості у будівлях подвійного призначення та базових укриттях встановити додаткове оснащення, пристосування та інструменти, відповідно до встановлених стандартів для захисних споруд.

Окрім вимог до облаштування укриттів, необхідно дотримуватися правил заповнення та перебування в них.

1) У всіх освітніх закладах необхідно провести розрахунки та розробити план укриття, щоб забезпечити надійний захист усіх учасників освітнього процесу. У цьому плані мають бути відображені заходи з укриття працівників та студентів. Важливо, щоб всі працівники і здобувачі освіти були ознайомлені з планом і проводили періодичні тренування з укриття в захисних спорудах.

2) При вході в споруди забороняється приносити легкозаймисті або сильно пахучі речовини. Також не рекомендується вносити громіздкі предмети або приводити тварин.

3) Заповнення споруд фонду захисних споруд має бути організованим і без паніки. Необхідно дотримуватися порядку і правил заповнення і переконатися,

що всі учасники освітнього процесу можуть безпечно сховатися в цих спорудах. У цій споруді заборонено куріння, створення зайвого шуму і використання газових ламп і свічок без попереднього дозволу. Рекомендується уникати зайвих переміщень по приміщенню, крім випадків, коли це необхідно. Важливо дотримуватися дисципліни і мінімізувати рух всередині споруди.

4) Навчальний заклад вимагає від керівників груп і класів спостерігати за здобувачами освіти та їх поведінкою під час перебування в укритті в захисній споруді, такому як підвальне приміщення. Для відволікання уваги від очікування вибуху необхідно зайняти їх справами, продовжити заняття, організувати інтелектуальну гру тощо.

5) Необхідно постійно стежити за станом учасників освітнього процесу. Під час перебування людей у сховищі повинні бути контрольовані різні фактори якості внутрішньої атмосфери, такі як температура, вологість, рівень вуглекислого газу, оксидів вуглецю і кисню. Це необхідно для забезпечення безпечних і комфортних умов перебування.

Температура повинна бути підтримувана на оптимальному рівні, щоб уникнути перегріву або переохолодження.

Вологість повинна бути контрольована, щоб запобігти сухості або зайвій вологості повітря, що може негативно позначитися на здоров'ї.

Вміст у повітрі двоокису вуглецю, окису вуглецю та кисню має бути в безпечних межах, щоб уникнути отруєння або нестачі кисню. Це важливо для підтримки здоров'я і благополуччя дітей, які перебувають у захисній споруді.

б) З метою забезпечення безпеки в захисній споруді потрібно врахувати наступні аспекти. По-перше, необхідно мати достатній запас питної води, щоб забезпечити потреби людей у разі надзвичайної ситуації. По-друге, слід забезпечити наявність засобів аварійного освітлення, щоб забезпечити видимість у разі відключення основного освітлення. Крім того, важливо забезпечити наявність необхідної кількості медичних аптечок для надання першої допомоги у разі необхідності. Нарешті, важливо мати різні інструменти, такі як штикові і совкові лопати, ломи, сокири, пилки-ножівки для роботи з деревом і металом та інші, які можуть знадобитися в екстрених ситуаціях.

7) Здійснення виходу зі споруди відбувається при отриманні інформації про те, що небезпеки немає (після уточнення ситуації в галузі споруди), а також у випадках примусової евакуації відповідно до вказівок командира (відповідальної особи).

8) Якщо проявляються наступні ситуації, то організовується примусова евакуація зі споруди фонду захисних споруд:

- споруда отримала пошкодження, які роблять її непридатною для перебування в ній;
- споруда була затоплена;
- у споруді сталася пожежа і утворилися небезпечні концентрації шкідливих газів;
- внутрішнє повітряне середовище досягло граничних параметрів, що становить небезпеку.

Освітній процес в умовах збройного конфлікту на території України часто переривається зі змінами безпекової ситуації. Страждають як прифронтові області, так і віддалені.

У разі, якщо відбувається обстріл стрілецькою зброєю на території або поруч з закладом освіти, тобто з пістолетів, автоматів, гвинтівок, кулеметів, необхідно негайно вжити заходів для забезпечення безпеки. В першу чергу слід сховатися в захищеному приміщенні, що знаходиться подалі від вікон і дверей. Для цього можна використовувати сховище, спортивний зал без вікон, сходовий майданчик, актовий зал, коридор або санвузол. У разі, якщо немає можливості знайти таке приміщення, необхідно лягти на підлогу, використовуючи предмети в якості прикриття, які можуть захистити від уламків і куль.

Відповідальні особи повинні обов'язково перевірити, чи всі виконали вимоги безпеки і вжити всіх необхідних заходів, щоб запобігти паніці і можливі непередбачені ситуації. Важливо забезпечити спокій і зберегти контроль над ситуацією.[13]

Міністерство освіти і науки України розробило спеціальний алгоритм заходів, який слід дотримуватися під час освітнього процесу при отриманні сигналів про можливі аварійні ситуації в повітряному просторі. Цей алгоритм розроблено на основі рекомендацій Державної служби з надзвичайних ситуацій.

Мета якого - забезпечити безпеку всіх учасників освітнього процесу у разі виникнення повітряної тривоги.

У навчальних закладах необхідно створити відповідні умови та вжити попередніх заходів для підготовки всіх учасників освітнього процесу. Це включає:

- ознайомлення з розташуванням укриттів цивільного захисту, правилами поведінки при переміщенні до притулку та знаходженні в ньому.
- пояснення дій, передбачених планом реагування на надзвичайні ситуації або Інструкцією навчального закладу;
- обговорення необхідних речей, які учасники освітнього процесу повинні взяти з собою в притулок;
- розподіл учасників освітнього процесу в притулках з урахуванням їх місткості та місця розташування;
- встановлення покажчиків, що вказують напрямок руху до притулків для швидкого і безпечного переміщення.

Після отримання сигналу оповіщення, необхідно організувати переміщення учасників навчального процесу в супроводі педагога професійного навчання або відповідальної особи. Після закінчення небезпеки та оголошення про припинення тривоги, ця особа забезпечує повернення учасників навчального процесу до запланованих заходів. Вони також повинні перевірити наявність здобувачів освіти в укритті і в приміщеннях навчального закладу після закінчення повітряної тривоги.[29]

Тривалість перебування в укритті неможливо передбачити, тому вкрай важливо, щоб в освітньому закладі був мінімальний набір коштів для задоволення їхніх життєвих потреб. Установа повинна бути обладнана необхідними ресурсами для забезпечення безпеки і комфорту в екстремальних ситуаціях. Це гарантує, що діти і співробітники будуть мати все необхідне для виживання і збереження здоров'я в разі надзвичайної ситуації.

Список речей, які необхідно мати в екстреному рюкзаку для евакуації здобувачів освіти був опублікований освітнім омбудсменом Сергієм Горбачовим.

ВМІСТ НЕВІДКЛАДНОГО ЕВАКУАЦІЙНОГО РЮКЗАКА

ДЛЯ КЛАСУ/ГРУПИ



- папір
- ручка, олівець
- блокнот із твердою палітуркою
- ліхтарик + батарейки
- радіо + батарейки
- свисток
- вода, стаканчики
- термоковдри
- великі сміттєві пакети
- маркери
- вінілові рукавички
- мотузка
- маски
- скотч, ножиці
- відро (бажано складне)
- туалетний папір
- вологі серветки
- розкладна клейонка
- мультитул
- енергетичні батончики для всіх дітей

Рис. 15. Вміст невідкладного евакуаційного рюкзаку для класу/групи

Такий рюкзак в разі виникнення небезпеки зобов'язані мати при собі й працівники закладу освіти Керівники навчальних закладів мають відповідним чином підготувати необхідні предмети, щоб вони були легко доступні у разі необхідності.

ВМІСТ НЕВІДКЛАДНОГО ЕВАКУАЦІЙНОГО РЮКЗАКА

ДЛЯ ЗАКЛАДУ ОСВІТИ



- довідник з управління в надзвичайній ситуації
- карта закладу освіти, план поверхів
- план евакуації
- список працівників закладу освіти з контактами
- список дітей та розклад занять
- список контактів батьків дітей (за можливості)
- важливі номери телефонів
- ручки та блокноти, маркери
- ключі
- мегафон
- скотч
- ножиці
- ліхтарик + батарейки
- свисток
- радіо + батарейки
- аптечка першої допомоги

Рис. 16. Вміст невідкладного евакуаційного рюкзаку для закладу освіти

Чітка та злагоджена робота з організації безпечного середовища для здобуття освіти мінімізує загрозу життю та здоров'ю всіх учасників освітнього процесу, а також створює майже без безперервне навчання.

3.4 Методи та рішення для проведення занять в умовах дистанційного навчання

Дистанційне навчання стало все більш поширеним способом отримання освіти, особливо в умовах сучасних технологій та глобальних викликів, які вплинули на традиційну освітню систему. Для ефективного проведення занять у

цих умовах важливо використовувати різні методи та рішення. Нижче наведено деякі з них:

1. **Відео-лекції та відео-матеріали:** Використовуйте відео-лекції для надання основного матеріалу. Інші відео-матеріали, такі як документальні фільми, можуть допомогти зрозуміти тему з іншого ракурсу.
2. **Вебінари та віртуальні класи:** Організуйте онлайн-зустрічі, де ви можете взаємодіяти зі студентами у реальному часі, відповідати на їхні питання і обговорювати теми.
3. **Платформи для дистанційного навчання:** Використовуйте спеціалізовані платформи для навчання, такі як Moodle, Blackboard, Google Classroom або використовуйте системи віддаленої доставки контенту, такі як Zoom чи Microsoft Teams.
4. **Електронні підручники та матеріали:** Розробляйте або використовуйте електронні підручники та навчальні матеріали, які студенти можуть легко отримувати в цифровому форматі.
5. **Завдання та тести:** Використовуйте інтерактивні завдання та тести для перевірки знань студентів. Онлайн-платформи зазвичай надають інструменти для створення та оцінювання завдань.
6. **Форуми та обговорення:** Створюйте віртуальні форуми та платформи для обговорення тем, де студенти можуть взаємодіяти один з одним і з вами.
7. **Соціальні мережі та месенджери:** Використовуйте популярні соціальні мережі та месенджери для спілкування зі студентами, надсилання оновлень та сповіщень.
8. **Оцінка та звіти:** Використовуйте системи оцінювання, щоб надавати оцінки студентам, та створюйте звіти для відстеження їхнього прогресу.
9. **Підтримка та консультації:** Забезпечуйте можливість звертатися до вас для консультацій і підтримки, використовуючи електронну пошту, відеоконференції або інші комунікаційні канали.
10. **Організація робочого часу:** Встановіть розклад для занять та обов'язкові строки для подачі завдань, щоб студенти могли легко планувати свій час.

11. Адаптація до потреб студентів: Розгляньте можливість адаптувати матеріали та методики навчання відповідно до потреб різних студентів, включаючи тих, які мають особливі потреби.

12. Оцінка ефективності: Слідкуйте за ефективністю вашого дистанційного навчання, аналізуйте результати та зворотний зв'язок від студентів і вдосконалюйте свій підхід.

Дистанційне навчання може бути дуже продуктивним, якщо ви правильно використовуєте ці методи та рішення, а також враховуєте потреби і можливості вашої аудиторії.

Дистанційна освіта має свої плюси та мінуси, і вони можуть різнитися в залежності від індивідуальних обставин та потреб студентів. Нижче наведено деякі з основних плюсів та мінусів дистанційної освіти:

Плюси дистанційної освіти:

Гнучкість та зручність: Студенти можуть навчатися власним темпом та в обраному місці, що дозволяє враховувати робочий графік та особисті обставини.

Доступність: Дистанційна освіта відкриває доступ до навчання для людей, які мають обмеження фізичного доступу до навчальних закладів.

Різноманітність ресурсів: Інтернет та віртуальні платформи надають доступ до великого розмаїття навчальних матеріалів та ресурсів.

Економія часу і коштів: Відсутність потреби в дорогах до навчальних закладів дозволяє зекономити час і кошти на проїзді та проживанні.

Індивідуалізація навчання: Дистанційна освіта може дозволити студентам більш індивідуалізоване навчання, враховуючи їхні потреби та темп навчання.

Мінуси дистанційної освіти:

Відсутність особистого контакту: Відсутність фізичного контакту з викладачами та одногрупниками може призвести до почуття відокремленості та самотності.

Потреба у самодисципліні: Для успішного навчання в дистанційному режимі потрібна велика самодисципліна та самоконтроль.

Технічні проблеми: Наявність надійного інтернет-з'єднання та технічної підтримки може бути викликом для деяких студентів.

Брак особистого спілкування та обговорення: Відсутність можливості обговорювати матеріал наживо з викладачем та одногрупниками може призвести до втрати обміну ідеями та обговорення проблем.

Не всі предмети підходять для дистанційної освіти: Деякі предмети можуть вимагати фізичної практики та лабораторних робіт, що ускладнює їх навчання в дистанційному режимі.[27]

Проблеми з оцінкою та надійністю: Оцінка студентів та попередження плагіату можуть бути складними завданнями в дистанційному навчанні.

Загалом, дистанційна освіта має багато переваг, але вимагає самодисципліни та підтримки, і не підходить для всіх студентів та усіх предметів. Важливо ретельно вибрати метод навчання, який найкраще відповідає ваших потребам і цілям.

Дистанційна освіта має значний потенціал для подальшого розвитку і модернізації освітнього процесу. Ось деякі перспективи розвитку дистанційної освіти:

Розширення доступу до освіти: Дистанційна освіта дозволяє забезпечити доступ до якісної освіти для людей з віддалених регіонів, осіб з обмеженими фізичними можливостями, а також для тих, хто має зайнятий графік.

Освіта на замовлення: Дистанційна освіта дозволяє студентам вибрати курси та програми, які відповідають їхнім індивідуальним потребам і цілям.

Ефективне використання технологій: Розвиток технологій, таких як штучний інтелект, віртуальна реальність та аналітика даних, може покращити процеси навчання та надавати студентам персоналізовану підтримку.

Більш інтерактивні навчальні матеріали: Розвиток інтерактивних та мультимедійних матеріалів дозволяє створити більш залучаючі інструменти навчання, які сприяють активному засвоєнню знань.

Розвиток спільнот і форумів: Розширення можливостей спілкування між студентами і викладачами через віртуальні спільноти та форуми сприяє обміну ідеями і досвідом.

Оцінка та педагогічні інновації: Розвиток ефективних методів оцінки та адаптація педагогічних підходів до особистих потреб студентів.

Сертифікація та визнання результатів: Зростає важливість визнання кваліфікацій, отриманих через дистанційну освіту, що сприяє розвитку стандартів та міжнародної взаємодії в цьому плані.

Глобалізація освіти: Можливість навчання в різних країнах та отримання освітніх послуг від університетів із всього світу.

Підготовка до майбутніх робочих викликів: Розробка програм, спрямованих на підготовку студентів до професій майбутнього та технологічних змін у глобальному ринку праці.

Більше можливостей для життєвого навчання: Дистанційна освіта надає можливості навчання протягом усього життя, підтримуючи життєву навчаність.

Зростаюча популярність дистанційної освіти та швидкий розвиток технологій свідчать про те, що вона залишається важливою галуззю освіти та матиме значний вплив на майбутнє навчання.

Створення анімованих інфографік - це важливий інструмент для візуалізації інформації в дистанційній освіті, оскільки це допомагає студентам легше розуміти та запам'ятовувати складні статистичні дані, тренди та інші інформаційні матеріали. Ось кроки та рекомендації для створення анімованих інфографік:

Визначте цільову аудиторію і повідомлення: Перш за все, визначте, для кого призначена ваша анімована інфографіка і яке повідомлення ви хочете передати. Розробіть чіткий план та основні пункти інформації, яку ви бажаєте включити.

Зберіть дані: Зіберіть всі необхідні дані, які ви плануєте включити в інфографіку. Це може бути статистика, графіки, числа, тексти та інша інформація.

Оберіть правильні інструменти: Для створення анімованих інфографік ви можете використовувати спеціалізовані програми та інструменти для анімації і графіки, такі як Adobe After Effects, Adobe Animate, Canva, Piktochart або онлайн-платформи для створення інфографік.

Виберіть стиль та дизайн: Оберіть стиль та дизайн для інфографіки, які відповідають вашому повідомленню та цільовій аудиторії. Важливо зробити дизайн чистим, легким для розуміння і естетично привабливим.

Створіть анімацію: Використовуйте анімаційні ефекти для візуалізації даних та підкреслення ключових моментів. Наприклад, можна використовувати анімацію для відображення зміни трендів у часі або інших динамічних процесів.

Додайте графіку та ілюстрації: Використовуйте графіку, ілюстрації та іконки для підсилення повідомлення та полегшення розуміння інформації.

Забезпечте чіткість і послідовність: Впевніться, що анімація є чіткою та послідовною, щоб студенти могли легко відслідковувати інформацію.

Перевірте відповідність повідомленням: Впевніться, що ваша анімована інфографіка точно передає те повідомлення, яке ви хотіли подати.

Тестування та відгуки: Перед публікацією протестуйте свою анімовану інфографіку на декількох користувачах та зберіть відгуки для подальшого вдосконалення.

Публікація та розповсюдження: Опублікуйте свою анімовану інфографіку на платформі для дистанційної освіти, на веб-сайті, в соціальних мережах або в інших відповідних місцях, де ваша аудиторія зможе легко знайти та переглянути її.

Анімовані інфографіки можуть робити складну інформацію більш доступною та зрозумілою для студентів і допомагати їм легше засвоювати навчальний матеріал.

Для дистанційного навчання існує багато програм і платформ, які допомагають студентам і викладачам взаємодіяти та навчатися в онлайн-середовищі. Ось кілька популярних програм і платформ для дистанційного навчання:

Moodle - це відкрита система управління навчанням, яка надає інструменти для створення онлайн-курсів, завдань, форумів та інших навчальних матеріалів.

Blackboard - це інтегрована система управління навчанням та ефективності навчальних програм, яка використовується багатьма вищими навчальними закладами.

Canvas - це система для управління навчанням від Instructure, яка надає інструменти для створення, оцінювання та ведення курсів в онлайн-форматі.

Google Classroom - це безкоштовна платформа для навчання, яка інтегрована з іншими інструментами Google, такими як Google Drive та Google Docs.

edX - це онлайн-платформа для вищої освіти, яка спільно створена Массачусетським технологічним і Гарвардським університетами. Вона надає доступ до безлічі курсів від різних університетів та організацій.

Coursera - це інша відома платформа для онлайн-навчання, яка співпрацює з численними університетами та організаціями для надання курсів.

Udemy - це платформа для створення та розповсюдження курсів, де вчителі можуть створювати власні навчальні матеріали та продавати їх.

Zoom - це популярний інструмент для відеоконференцій, який використовується для віддалених уроків та вебінарів.

Skype for Business: Ця програма для бізнесу від Skype надає можливості для відеоконференцій та спілкування в режимі реального часу.

Adobe Connect - це платформа для віддалених занять, яка дозволяє створювати відеоконференції та інтерактивні уроки.

Це лише декілька з численних програм і платформ для дистанційного навчання. Вибір залежить від ваших потреб, цілей та бюджету, і важливо ретельно розглянути різні варіанти перед вибором того, який найкраще підходить для вас чи вашої установи.

А зараз ми опишемо найпопулярніші системи для дистанційного навчання:



Рис 17. Moodle

Moodle:

Опис: Moodle - це відкрита система управління навчанням (LMS), яка дозволяє створювати та керувати онлайн-курсами та навчальними ресурсами. Moodle дуже популярний серед вищих навчальних закладів і шкіл.

Основні функції:

Створення та керування курсами.

Завдання та тестування.

Форуми для обговорення.

Журнали для відстеження прогресу.

Відстеження відвідуваності та активності студентів.

Інтеграція з іншими системами та розширеннями.

Вартість: Moodle є відкритим програмним забезпеченням, тому ви можете встановити його безкоштовно. Однак, вартість господарювання та підтримки сервера може залежати від ваших потреб і ресурсів.



Рис. 18 Blackboard

Blackboard:

Опис: Blackboard - це інтегрована система управління навчанням (LMS), яка надає інструменти для створення та керування навчальними курсами та ресурсами. Blackboard використовується в багатьох вищих навчальних закладах та школах.

Основні функції:

Створення та керування курсами.

Можливість завдань, тестування та оцінювання.

Форуми та спільноти для спілкування студентів та викладачів.

Інтегрована аналітика та відстеження прогресу.

Засоби для співпраці та відеоконференцій.

Вартість: Blackboard - це комерційний продукт, і вартість використання зазвичай залежить від кількості користувачів та функцій, які ви обираєте.



Рис 19. Google Classroom

Google Classroom:

Опис: Google Classroom - це безкоштовна платформа для навчання, яка інтегрована з іншими інструментами Google, такими як Google Drive, Google Docs та Gmail. Він спрощує організацію та співпрацю між викладачами та студентами.

Основні функції:

Створення та керування курсами та завданнями.

Можливість надсилати, редагувати та спільно працювати над документами.

Спільні обговорення та відстеження завдань.

Інтеграція з іншими сервісами Google.

Вартість: Google Classroom є безкоштовним для осіб та освітніх установ.



Рис 20. Додаток Zoom

Zoom:

Опис: Zoom - це відеоконференц-платформа, яка дозволяє проводити відео-уроки, віддалені заняття та вебінари. Вона надає інструменти для відеоконференцій, спілкування та співпраці в реальному часі.

Основні функції:

Відеоконференції для великої кількості учасників.

Спільна робота над документами та екраном.

Інтерактивні опції, такі як чат, питання та голосове голосування.

Вартість: Zoom пропонує безкоштовний план, але також є платні плани з розширеними можливостями для великих аудиторій.



Рис.21 Додаток Udemy

Udemy:

Опис: Udemy - це онлайн-платформа для створення та продажу курсів. Якщо ви викладач, ви можете створити свій власний курс на Udemy та продавати його студентам з усього світу.

Основні функції:

Створення та публікація навчальних курсів.

Можливість продавати курси через платформу.

Зручна аналітика та статистика.

Вартість: Udemy дозволяє створювати та публікувати курси безкоштовно, але вони беруть комісію за продажі курсів.

Традиційне навчання і дистанційне навчання - це дві різні форми освіти зі своїми особливостями та перевагами. Ось головні різниці між ними:

1. **Фізична присутність:** У традиційному навчанні студенти та викладачі зазвичай знаходяться в одному місці, у класній кімнаті або лабораторії. У дистанційному навчанні немає фізичного контакту, і навчання відбувається в онлайн-або віртуальному середовищі.
2. **Гнучкість графіку:** У дистанційному навчанні студенти можуть навчатися у зручній для них час та місце, що надає їм більше гнучкості. У традиційному навчанні графік зазвичай визначається інституцією.
3. **Спілкування та взаємодія:** Традиційне навчання сприяє більш безпосередньому спілкуванню між студентами та викладачами. У дистанційному навчанні комунікація часто відбувається через електронні засоби, такі як електронні листи, чати або відеоконференції.[31]
4. **Доступ до ресурсів:** У традиційному навчанні студенти можуть мати безпосередній доступ до бібліотек, лабораторій та інших навчальних ресурсів. У дистанційному навчанні доступ до ресурсів може бути обмежений, хоча часто доступ до електронних бібліотек та матеріалів в Інтернеті компенсує цю обмеженість.
5. **Самостійність та саморегуляція:** Дистанційне навчання вимагає від студентів більшої самостійності та саморегуляції. Вони повинні бути відповідальні за організацію свого навчання та виконання завдань без нагадувань викладача.
6. **Оцінка та відстеження прогресу:** У традиційному навчанні викладачі можуть більш ефективно відстежувати прогрес студентів через усні та письмові тести, а також регулярні контрольні роботи. У дистанційному навчанні оцінка може базуватися на онлайн-тестах та завданнях.

7. **Витрати:** Дистанційне навчання може бути менш коштовним для студентів, оскільки вони можуть уникнути витрат на проживання на кампусі та транспорт. Також, інституції можуть зменшити витрати на інфраструктуру.

ВИСНОВОК ДО III РОЗДІЛУ

Розділ представляє методику викладання теми смарт-матеріалів у будівництві, підкреслюючи їхню унікальну роль у підвищенні енергоефективності та екологічності споруд. Методичні рекомендації для викладачів зосереджені на тому, щоб студенти отримали ґрунтовне розуміння характеристик смарт-матеріалів і навчилися застосовувати ці знання для створення адаптивних, економічно вигідних і стійких будівель. Серед смарт-матеріалів, на яких акцентується увага, — термохромні, електрохромні, фотоактивні матеріали та матеріали з пам'яттю форми. Ці матеріали мають здатність змінювати свої властивості залежно від зовнішніх умов, що робить їх ефективними для будівництва екологічних споруд, які можуть автоматично регулювати теплоізоляцію, світлопропускання чи прозорість. Такий адаптивний підхід до матеріалів допомагає мінімізувати енергетичні витрати на обігрів або охолодження, сприяючи зменшенню викидів і оптимізації умов всередині будівлі.

Методика викладання передбачає поєднання теоретичних занять та практичних експериментів. Викладачам рекомендується надавати студентам можливість самостійно досліджувати різні матеріали в лабораторних умовах, щоб спостерігати, як вони змінюють свої властивості у відповідь на температурні, світлові та електричні стимули. Такий підхід допомагає студентам не лише теоретично зрозуміти особливості смарт-матеріалів, але й відчутти їхню ефективність на практиці. Студенти можуть виконувати завдання з вимірювання та аналізу змін у кольорі чи прозорості матеріалів під час експериментів, що сприяє розвитку критичного мислення, вмінню зіставляти отримані результати з теоретичними даними та оцінювати практичну корисність цих матеріалів у реальних проєктах.

Розділ також зосереджується на забезпеченні безпечного середовища для проведення занять в умовах воєнного стану, особливо у навчальних закладах, розташованих у зонах ризику бойових дій. Для цього передбачено використання підвальних приміщень або спеціально облаштованих укриттів, які мають бути завжди доступними та готовими до прийняття людей. Укриття повинні бути обладнані всім необхідним для тривалого перебування, зокрема запасами води,

харчів, медичних засобів і джерел освітлення. Навчальні заклади мають забезпечити регулярне проведення тренувань для персоналу та студентів, щоб у випадку загрози всі знали план дій і могли діяти організовано. Це включає також запобіжні заходи щодо внутрішнього порядку та комфорту в укриттях, зокрема підтримання оптимальної температури, вологості та контролю повітряного складу.

Для організації освітнього процесу в складних умовах дистанційне навчання стає важливою альтернативою. Розділ описує методи та платформи, які допомагають підтримувати навчальний процес в онлайн-форматі. Відеолекції, інтерактивні завдання та платформи на кшталт Moodle і Zoom дають змогу студентам отримувати знання у зручний для них час, що забезпечує гнучкість та доступність навчання. З іншого боку, дистанційне навчання вимагає високого рівня самодисципліни та наявності технічних ресурсів. Розділ також порівнює переваги і недоліки такого формату, зокрема наголошуючи на зменшенні особистого контакту і труднощах у виконанні практичних завдань.

Загалом, демонструє сучасний підхід до освіти, поєднуючи вивчення інноваційних матеріалів із практичними навичками їх застосування. Акцентує увагу на важливості критичного мислення, самостійного дослідження і безпеки в умовах кризових ситуацій, що є важливими аспектами для підготовки фахівців у галузі будівництва, орієнтованих на стійкість, ефективність та екологічну відповідальність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Авторське право в дистанційній освіті / В. М. Ждан [та ін.] // Сімейна медицина. – 2015. – N 4. – С. 26–28. 2 Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини 2018 / МОЗ України, Запоріж. держ. мед. ун-т, Нац. мед. акад. післядип. освіти імені П. Л. Шупика. – 2018 – 102 с.
2. Аналіз особливостей дистанційного навчання та можливість його повноцінної інтеграції у навчальний процес / І. К. Чурпій [та ін.] // Art of Medicine. – 2020. – N 4. – С. 135–139 4 Бачурін Г. В.
3. Аналіз особливостей дистанційного навчання та можливість його повноцінної інтеграції у навчальний процес / І. К. Чурпій [та ін.] // Art of Medicine. – 2020. – N 4. – С. 135–139
4. Балик Н. Р. Інноваційне навчання в університеті: досвід та перспективи. Комп'ютер у школі та сім'ї. 2013. № 5(46). С. 49–59.
5. Бачурін Г. В. Дистанційне навчання – як виклик часу під час пандемії COVID–19 / Г. В. Бачурін, С. С. Ломака, Ю. С. Коломoeць // Урологія. – 2020. – Т. 24, N 3. – С. 257–258 5 Вовдюк Л. В. Дистанційне навчання / Л. В. Вовдюк // Безпека життєдіяльності. – 2018. – N 3. – С. 16–17 6 Галата, С.
6. Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків:ДБН В.2.2-24-2009.
7. Будівельне матеріалознавство: методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів будівельних спеціальностей / Костянтин Пушкар'юв, Віктор Барановський, Михайло Кочевих та інші. – Київ: КНУБА, 2008. – 116 с.
8. Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва:ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013.
9. Володимир Большаков. Будівельне матеріалознавство: Навчальний посібник для студентів будівельних спеціальностей вузів / Леонід Дворкін. – Дніпро, РВА "Дніпро-VAL", 2004. – 677 с.
10. Володимир Микульський. Будівельні матеріали (Матеріалознавство. Будівельні матеріали): навчальне видання / В.Г. Микульський. – М.: АСВ, 2004. – 536 с.

11. Володимир Чистяков, Юрій Гасан. Сучасні теплоізоляційні матеріали: Конспект лекцій / Олексій Петропавловський. – Київ: КНУБА, 2007. – 28 с.
12. Глибовець М.М., Олецький О.В. Штучний інтелект: Підручник для студентів вищих навчальних закладів, що навчаються за спец. "Комп'ютерні науки" та "Прикладна математика". - К .: Вид. будинок "КМ Академія", 2002. - 366 с.
13. Глинський Я. М. Практикум з інформатики. Навчальний посібник. Львів, 2002. С. 222.
14. Гнатієнко Г.М., Снитюк В.Є. Експертні технології прийняття рішень. - К .: Маклаут, 2008. - 444 с.
15. Девятков В.В. Системи штучного інтелекту: Навч. посібник для вузів. - М .: Вид-во МГТУ ім. Н.Е. Баумана, 2001. - 352 с. (Серія "Інформатика в технічному університеті").
16. Джарратано Дж., Райлі Г. Експертні системи: принципи розробки і програмування, 4-е видання .: Пер. з англ. - М .: ТОВ "І. Д. Вільямс", 2007. - 1152 с.
17. Експертні системи. Принципи роботи і приклади: Пер. з англ. / А. Брукінг, П. Джонс, Ф. Кокс і ін .; Під ред. Р. Форсайта. - М .: Радіо і зв'язок, 1987. - 224 с.
18. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН Мінрегіонбуд України, 2009. – 30 с. – (Національні стандарти України).
19. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: [підручник]/ [М. Л. Зоценко, В. І. Коваленко, В. Г. Хілобок, А. В. Яковлев].- К.: "Вища школа", 1992. - 408 с. – ISBN 5-11-003835-X.
20. Концепція розвитку сфери штучного інтелекту в Україні. Міністерство цифрової трансформації. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text> (дата звернення: 30.03.2023).
21. Лор'є Ж.-Л. Системи штучного інтелекту. Пер. з франц. - М .: Мир, 1991. - 569 с. ДОДАТКОВА

22. Люгер Ф. Дж. Штучний інтелект. Стратегії та методи розв'язання складних проблем. - М.: "Вільямс", 2003. - 864 с.
23. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування з основ та фундаментів для студентів спеціальності "Промислове та цивільне будівництво". Частина 1. Фундаменти мілкового закладання / Уклад. І. І. Ваганов, І. В. Маєвська, М. М. Попович. – Вінниця: ВНТУ, 2009. - 57 с.
24. Надія Балик, Галіна Шмигер, Ярослав Василенко, Василь Олексюк, Анна Скасків. Підхід STEM до перетворення педагогічної освіти. Монографія "Електронне навчання та освіта STEM". Катовіце – Чешин. Університет Сілезії. 2019. Том 11. С. 109–123.
25. Надія Балик, Галіна Шмигер. Моделі впровадження електронного навчання у педагогічному університеті. Комп'ютер у школі та сім'ї. 2016. № 2(130). С. 10–15.
26. Основи і фундаменти будівель та споруд: ДБН В.2.1-10-2009. - [Чинний від 2009-07-01]. – К.: Мінбуд України, 2009. – 105 с. – (Національні стандарти України).
27. Правила визначення вартості проектно-вишукувальних робіт та експертизи проектної документації на будівництво: ДСТУ БД.1.1-7:2013.
28. Прогини і переміщення. Вимоги проектування: ДСТУ Б В.1.2-3:2006.
29. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість: ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012
30. Прокопенко Н. С., Проценко Т. Г. Книга вчителя інформатики: довідково-методичне видання. Харків. Торсінг плюс. 2006. С. 272.
31. Рассел С., Норвіг П. Штучний інтелект: сучасний підхід, 2-ге вид.: Пер. з англ. - М.: Видавничий дім "Вільямс", 2006. - 1408 с.
32. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів: ДБН В.1.2-5-2007.
33. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження та впливи: ДБН В.1.2-2:2006.

34. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд пожежна безпека:ДБН В.1.2-7-2008.
35. Снитюк В.Є. Прогнозування. Моделі, методи, алгоритми. - К .: Маклаут, 2008. - 364 с.
36. Становлення нової вітчизняної парадигми освіти: off–line освіта як система vs on–line освіта як мережа / І. Книш // Вища освіта України. – 2016. – N 3. – С. 42–49 8 Кравченко Ю.
37. Технологія будівельного виробництва / за ред. В. К. Черненко, М. Г. Ярмоленко. – Київ : Вища школа, 2002.
38. Технологія будівельного виробництва / за ред. М. Г. Ярмоленко. – Київ : «Вища школа», 2008.
39. Уоссермен Ф. Нейрокомп'ютерна техніка: теорія і практика. - М .: ЮНІТІ, 1992. - 240 с.
40. Хайкін С. Нейронні мережі: повний курс. - М .: Вільямс, 2006. - 1104 с.
41. Черненко В. К. Технологія будівельного виробництва / В. К. Черненко. – Київ : Вища Школа, 2004. – 425с.
42. Як підтримати чесність дистанційного навчання? / С. Галата // Освіта України. – 2020. – N 18–19, 11 трав. – С. 10. 7 Книш І.
43. Ярмоленко М. Г. Технологія будівельного виробництва / М. Г. Ярмоленко. – Київ : Вища Школа, 2008. – 322с.
44. <http://eprints.zu.edu.ua/37808/1/Yatsenko.pdf>
45. https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/78281/3/Shcherbonos_Bachelous_paper.pdf;jsessionid=D1F126D2D59FD8B45E923BA4B8D29607
46. https://iktmvi.rshu.edu.ua/files/konf/Zbirnyk_ITvPD-2021.pdf
47. <https://lib.iitta.gov.ua/734475/1/2023-381-marienkokovalenko.pdf>
48. https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/779151/mod_resource/content/1.pdf
49. <https://spylka.com.ua/wp-content/uploads/2022/02/ch2.pdf>
50. https://vsau.org/assets/images/content/dokPDF/kaf-komp_nayku/Metodu-ta-sistem_shtuch_intellekt.pdf

