

УДК 539(076)

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕГРОВАНОГО ПІДХОДУ ДО ВИКЛАДАННЯ КУРСУ «БУДІВЕЛЬНА МЕХАНІКА» У ВИЩІЙ ШКОЛІ

І.О. Ільченко,

канд. техн. наук, доцент

Х.Ш. Бахтіярова,

канд. пед. наук, доцент

Н.Г. Марченко,

канд. техн. наук, доцент

Національний транспортний університет, вул. Омеляновича-Павленка, 1. 01010, м. Київ, Україна

DOI: 10.32347/2410-2547.2025.115.278-291

Статтю присвячено особливостям викладання інтегрованого курсу «Будівельна механіка» в технічному закладі вищої освіти. Розглянуто специфіку використання засобів, спрямованих на підвищення якості практичних занять. Наголошено, що важливою умовою ефективного засвоєння опорних знань є пошук і застосування сучасних інструментів для раціонального опрацювання матеріалу. Відзначено прикладну спрямованість курсу, інтеграцію теорії та практики, використання програмних продуктів та інформаційних технологій, а також ефективну кореляцію фізичних моделей із цифровими технологіями, що підвищує результативність навчання. Подано огляд досвіду викладання, зокрема на кафедрі опору матеріалів та машинознавства Національного транспортного університету.

Ключові слова: будівельна механіка, інформаційні технології, заклади вищої освіти, інтегроване навчання, інженерні конструктори, Національний транспортний університет.

Вступ. Дисципліни, які пов'язані з аналізом поведінки матеріалів під різними видами навантажень, відіграють важливу роль у підготовці майбутніх інженерів. У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку ефективних методів, засобів та інструментів викладання, що здатні поєднати в освітньому процесі теоретичні та практичні знання. Будівельна механіка – одна з фундаментальних дисциплін у підготовці здобувачів освіти, що навчаються за спеціальністю G19 «Будівництво та цивільна інженерія», галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво». Враховуючи позитивний український та європейський досвід підготовки конкурентоспроможних фахівців, сучасна освіта повинна мати прикладний характер, спрямовувати зусилля на розвиток образного й логічного мислення, створювати умови для формування необхідних компетентностей. Саме тому важливим стає впровадження в освітній процес інтегрованого підходу.

Інтегрований підхід розглядає освіту як комплексне поняття, метою якої є об'єднання різноманітних дисциплін в контексті конкретної спеціальності, знаходження спільних рис та виокремлення взаємозв'язків між ними.

У навчанні інтеграція зумовлена протиріччям між традиційними та новітніми методами навчання. Подолання цих суперечностей можливе за умови використання новітніх підходів до формування системи дидактичного забезпечення освітнього процесу, посилення дидактичних принципів, технологій навчання, за допомогою яких можливо створення віртуальних моделей, їх аналіз, передбачення симуляції поведінки матеріалів під різними навантаженнями. Такий взаємозв'язок традиційного та інноваційного навчання на засадах інтеграції – шлях до реалізації якісної освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В різні роки вагомий науковий внесок у розроблення основ інтегрованого підходу в процесі підготовки майбутніх фахівців внесли українські науковці. Серед досліджень, де в тій чи іншій мірі розглядалися теоретико-методологічні основи інтегрованого підходу до навчання, можна віднести публікації О. Вошук, І. Гузій, А. Коломієць, О. Надутенко, М. Опачко, Ю. Прищупа, З. Хитра та ін. Особливе значення для визначення сутнісних ознак інтегрованого підходу, можливостей застосування в

освітньому процесі, інтеграції міжпредметних зв'язків в змісті навчання мають наукові розвідки, які викладені, зокрема, в працях [1–4] та ін. Визначення та обґрунтування інтегрованого підходу в навчанні представлено в публікації Х. Бахтіярової [1]. Автор доводить, що розумна інтеграція дає змогу викладачам «виходити» за межі окремого навчального предмета (окремої освітньої галузі) і цим допомагає розширити у майбутніх фахівців уявлення про різні сфери діяльності людини, сприяє розвитку аналітичних, синтетичних та мисленнєвих навичок та вмінь. Заслугує на увагу праця Н. Божко [2], де поданий ґрунтовний аналіз тенденцій інтегрованого навчання в контексті сучасних реформаційних змін. В роботі І. Козловської [3] ретельно розглядається формування системи знань завдяки інтеграції змісту, форм, методів, засобів при викладанні фахових дисциплін в професійному навчанні. Цікавим для нашого дослідження виявилися думки О. Лавнікова та А. Лесика [4] стосовно системних елементів інтегративного підходу до навчання в системі вищої освіти.

В цьому переліку необхідно згадати відомих науковців зарубіжжя, які присвятили свої дослідження проблемам інтегрованого навчання: А. Етціоні, К. Пурсіайнен, Е. Хаас. Дослідження тривають і досі. Нещодавні статті авторів S.G. Karstina [5], С. Zhang, P. Wang, X. Zeng and X. Wang [6], А. Istenič [7] та ін. підтверджують стійкий інтерес до даної тематики, що зумовлює актуальність обраної нами теми.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблем. Водночас, позитивно оцінюючи здобутки вищезгаданих науковців, принагідно зазначимо, що проблема інтегрованого підходу до викладання будівельної механіки у вищій школі поки залишається частково висвітленою і потребує подальших досліджень.

Мета статті. Розкрити сутність інтегрованого навчання та дослідити особливості реалізації інтегрованого підходу викладання на практичних та лабораторних заняттях з будівельної механіки, зокрема, на кафедрі опору матеріалів та машинознавства Національного транспортного університету (далі НТУ).

Виклад основного матеріалу. Розвиток конструкцій, а отже і технічний прогрес, відбувається одночасно з вдосконаленням методів розрахунку і сприяє створенню нових, більш ефективних технічних рішень. Сьогодні неможливо уявити жодної споруди, яка не була б попередньо розрахована на міцність, жорсткість та стійкість. Ці розрахунки виконуються на основі методів будівельної механіки та сучасних інноваційних цифрових технологій.

Разом з тим в практиці викладання дисципліни зустрічаємося з недостатнім рівнем базових знань, необхідних для засвоєння різного роду дисциплін, в тому числі і будівельної механіки, через ситуацію, яка склалася в Україні за останні 5 років: епідемія COVID-19, збройна агресія росії проти України [8].

В ці часи дуже важлива роль викладача в підвищенні мотивації, заохоченні до творчої самостійної діяльності та дослідництва, збагачення набутого досвіду в розвитку навичок інженерного мислення.

В умовах реформування змісту освіти України передбачена необхідність побудови освітнього процесу на засадах інтегрованого підходу при викладанні фахових інженерних дисциплін. Успішна методична реалізація такого підходу передбачає якісну та конкурентно-здатну освіту, спроможну забезпечити досягнення як професійних, так і життєвих цілей. До явних переваг інтегрованого підходу в освіті можна віднести те, що цей підхід (рис. 1):

Здатність формувати комплексне сприйняття предметів є особливо важливою під час вивчення будівельної механіки, яка інтегрує знання з кількох споріднених дисциплін і в широкому розумінні є цілісною педагогічною



Рис. 1. Переваги інтегрованого підходу в освіті

системою, у змісті якої традиційно поєднуються:

1. Опір матеріалів.
2. Будівельна механіка стрижневих систем.
3. Теорія пружності та пластичності.

В статті ведеться мова про будівельну механіку стрижневих систем, яку скорочено надалі іменуємо «Будівельна механіка». Для опанування основного змісту будівельної механіки доцільно спиратися на міцний теоретичний «фундамент дисципліни», на сформовані навички та уміння використання знань при виконанні самостійної роботи, яка може займати близько 65% у навчальному плані дисципліни.

Практика роботи вищої школи доводить, що правильно обрані методи, засоби, інструменти і технології навчання дають можливість організовувати передачу інформації на такому рівні, який є необхідним і доступним саме на практичних заняттях для певної аудиторії. А якщо залучити до цього процесу дослідницьку діяльність самих здобувачів освіти, то заняття стає інноваційним та неодмінно впливає на активізацію навчально-пізнавальної діяльності, підвищує мотивацію у навчанні, а також сприяє розвитку інженерної інтуїції.

Тут варто згадати афоризм великого китайського філософа Конфуція: «те, що я чую, я забуваю; те, що я бачу, я пам'ятаю; те, що я роблю, я розумію».

На жаль, традиційні методи викладання дисципліни, які базуються на теоретичних знаннях, часто не забезпечують належного розуміння здобувачами сутності фізичних явищ, які лежать в основі будівельної механіки, і не сприяють розвитку практичних навичок та умінь. Ці недоліки варто усувати шляхом застосування наступних форм інтегрованого навчання: проєктно-орієнтованого навчання, міждисциплінарного викладання, використання інформаційних технологій та засобів навчання, які пов'язані з дослідницькою діяльністю здобувачів (рис. 2).



Рис. 2. Форми інтегрованого навчання

Необхідність формування узагальнених проєктних умінь здобувачів освіти інженерних спеціальностей визначена державним освітнім стандартом розвитку майбутніх фахівців, які навчаються за спеціальністю G19 «Будівництво та цивільна інженерія» [9]. Ці уміння полягають у формуванні здібності швидко адаптуватися до мінливих навколишніх умов і є дуже актуальними, адже в майбутній професійній діяльності випускнику потрібно буде проєктувати вискоєфективні, технічно досконалі інженерні системи, а також аналізувати ефективність таких проєктів. Саме тому в нагоді стає **проєктно-орієнтоване навчання** як вид практичної діяльності, що дає змогу здобувачам бути залученими до реальних, змістовних завдань і проблем, які імітують діяльність експертів у реальних життєвих ситуаціях [10]. За цією методикою доцільно використовувати проєктну технологію та відповідний метод проєктів в якості «випереджаючого навчання» при поясненні основних тем будівельної механіки (кінематичний аналіз систем, розрахунок статично визначуваних конструкцій на статичне та рухоме навантаження, загальні теореми про пружні системи, аналітичні методи розрахунку статично невизначуваних систем, чисельні методи розрахунку пружних систем тощо).

Робота над проєктом є максимально ефективним методом формування у здобувачів освіти наступних навичок і умінь:

- ставити цілі та формувати проектні завдання;
- планувати раціональну послідовність кроків виконання завдання від початкового етапу до отримання конкретного результату;
- розподіляти ролі між членами команди, враховуючи індивідуальність кожного;
- нести відповідальність за виконаний обсяг роботи.

При цьому висока алгоритмізація проектної діяльності створює передумови для інтегрованого вивчення та передбачає розробку наступного поетапного плану дій (на прикладі одного з проектів з будівельної механіки – рис. 3).

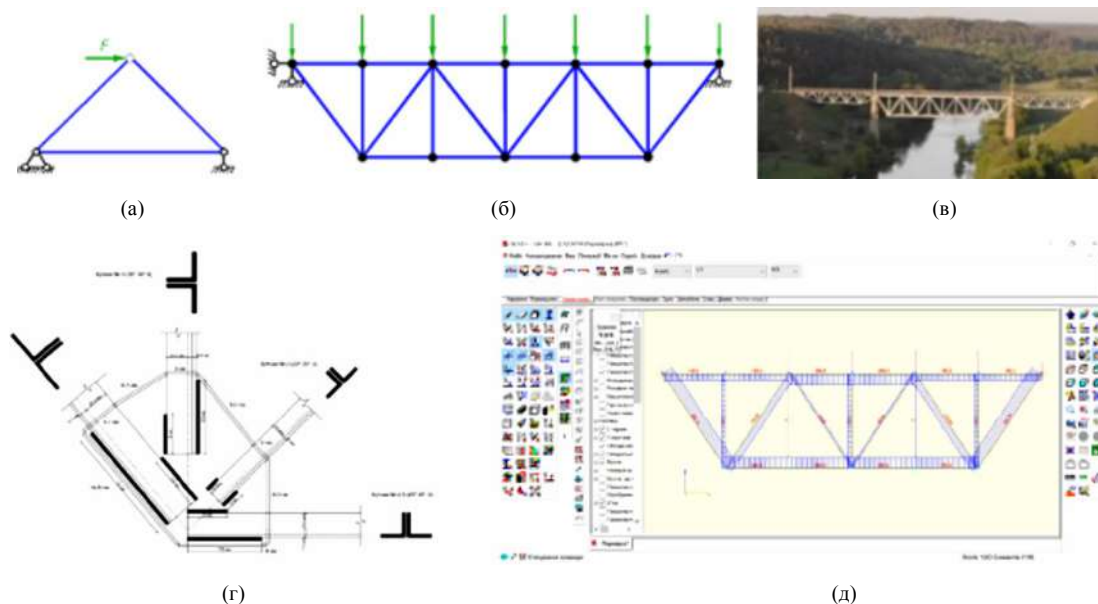


Рис. 3. Етапи проекту з будівельної механіки (приклад)

В педагогічній теорії та практиці технологія діяльності зі створення навчального проекту здійснюється в 4 етапи:

1. Постановка проблеми. Під час вивчення теми «Плоскі ферми» з курсу «Будівельна механіка» перед здобувачами освіти III курсу ставиться навчальна проблема: «Проектування плоскої ферми з перевіркою результатів у скінченно-елементному програмному комплексі». Вивчення типових конструкцій плоских ферм (рис. 3 (б)) тісно пов'язано з вивченням теми «Кінематичний аналіз», де здобувачі знайомляться з найпростішою геометрично незмінюваною системою (рис. 3 (а)), з якої, по суті, і складаються найпростіші ферми. Тип ферми для проекту обирається такий, що імітує реально існуючу споруду (рис. 3 (в)).

2. Формування гіпотези. На основі прослуханих лекцій здобувачі освіти отримують розуміння гіпотез, які закладені в основи аналітичних розрахунків плоских ферм, а також знайомляться зі скінченно-елементними комплексами, в яких можна виконувати автоматизовані розрахунки систем будівельної механіки. Такі комплекси мають студентські безкоштовні версії, які здобувачі можуть завантажувати з офіційних вебсайтів та встановлювати на свої комп'ютери або ноутбуки (SCAD, LIRA, ANSYS тощо).

3. Складання плану реалізації проекту. Разом із викладачем здобувачі складають поетапний план з конкретним розподілом ролей між членами проектної команди. Ролі учасників проектної діяльності відповідають плану проекту. На цьому етапі здобувачі самостійно обирають обчислювальний комплекс, який вони будуть використовувати для верифікації аналітичних розрахунків.

4. Покрокова реалізація проекту. Проект реалізується поетапно відповідно до складеного плану. Кожен учасник не лише відповідає за свою частину, але й розуміє зв'язок усіх етапів розрахунку конструкції. На будь-якому етапі виконання проекту проводиться консультація з

викладачем, аналіз та обговорення отриманих результатів. В процесі реалізації проєкту здобувачами освіти виконуються наступні дії:

- вивчення та усвідомлення конструктивних особливостей ферм та передумов їх розрахунку;
- аналітичне визначення внутрішніх зусиль в усіх стрижнях ферми;
- визначення величин внутрішніх зусиль елементів ферми в скінченно-елементному комплексі (рис. 3 (г)) та порівняння результатів аналітичного та чисельного розрахунків (верифікація);
- добір поперечних перерізів елементів ферми з умов міцності та стійкості;
- розрахунок необхідної величини флангових зварних швів, якими стрижні ферми приєднуються до фасонки при утворенні вузлових з'єднань; графічне конструювання деяких вузлів ферми – рис. 3 (в);
- створення ескізу ферми в CAD-середовищі, рис. 3 (д);
- підготовка презентації та захист проєкту.

На всіх етапах виконання проєкту здобувачі заохочуються використовувати та самостійно обирати різні за функціональним призначенням та способом реалізації інформаційні технології (месенджери, хмарні технології, штучний інтелект, zoom, google meet тощо) для обміну інформацією, взаємодії з викладачем, створення документів спільного доступу та підготовки презентацій.

Важливо зазначити, що пункти проєкту щодо добору поперечних перерізів та обґрунтування параметрів зварних швів є частиною вивчення дисципліни «Опір матеріалів», а використання скінченно-елементних обчислювальних комплексів – дисципліни «Комп'ютерні технології». Такий підхід до проєкту з будівельної механіки створює умови для міждисциплінарних зв'язків.

Окрім того, міждисциплінарний характер проєктно-орієнтованого навчання сприяє залученню як фахових, так і мовних компетентностей, зокрема через надання здобувачам права обирати мову презентації – українську чи англійську.

Міждисциплінарне викладання в будівельній механіці передбачає інтеграцію предметів, які є частиною будівельної механіки в широкому розумінні (опору матеріалів, будівельної механіки стрижневих системи та теорії пружності та пластичності), а також суміжних фундаментальних та інженерних наук (вища математика, теоретична механіка, фізика, комп'ютерні технології та інші). При такому підході науки взаємодоповнюють та взаємозбагачують одна одну. Саме інтегрований підхід сприяє формуванню цілісного розуміння поведінки конструкцій.

Окрім цього, узгоджене застосування теоретичних знань і практичних навичок з різних дисциплін дозволяє здобувачам глибше розуміти складні інженерні задачі, розвивати системне мислення та підвищувати ефективність професійної підготовки.

Завдяки доступу до інформаційних технологій здобувачі отримують розширені можливості для ефективного відбору, систематизації та критичної оцінки наукової інформації.

Інформаційні технології, зокрема цифрові, які можуть використовуватися при вивченні будівельної механіки, а також перспективність їх застосування класифіковані в [11]:

1. Simulation Software: програми симуляції.
2. Computer-Aided Design (CAD): системи автоматизованого проєктування.
3. Finite Element Analysis (FEA) Tools: інструменти скінченно-елементного аналізу (різноманітні обчислювальні комплекси, наприклад, SCAD та LIRA, які мають також студентські версії – рис. 4).
4. Virtual Reality (VR): віртуальна реальність.
5. Big Data Analytis: інструменти, які аналізують великі обсяги освітніх даних з метою виявлення тенденцій і отримання аналітичних висновків, що можуть сприяти підвищенню результативності навчання та ефективності функціонування освітніх установ.

До зазначеного списку цифрових технологій можна додати великі мовні моделі (LLM), такі, як Gemini, chatGPT, Perplexity та інші.

Опанування вищезазначених цифрових технологій є критично важливим для майбутніх інженерів-будівельників, оскільки вони є складовими або функціонально інтегруються в

сучасну методологію інформаційного моделювання будівель – BIM (Building Information Modeling). Ця технологія пропонує нові можливості для візуалізації, аналізу та управління інформацією про будівельні об'єкти протягом усього їх життєвого циклу. Технологія BIM набуває все більшої популярності у будівельній галузі. Отже, формування цифрової компетентності здобувачів через опанування сучасних інформаційних технологій є необхідною умовою їх професійної адаптації до інформаційно-орієнтованої будівельної галузі.

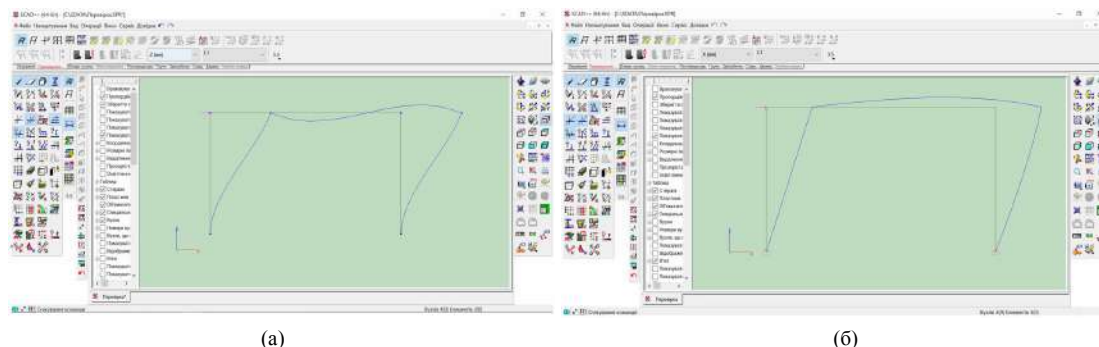


Рис. 4. Інтерфейс програми SCAD (а) – деформування жорсткої П-подібної рами та (б) – деформування П-подібної рами з одним жорстким вузлом при дії горизонтальної збурюючої сили

Окрім того, цифрові технології можуть бути корисні в набутті здобувачем освіти наступних компетентностей:

1. Критичного мислення.
2. Вміння працювати з великою кількістю даних.
3. Навчання впродовж усього життя (Life-long learning).

Цифрові технології формують у здобувачів освіти вміння аналізувати та об'єктивно оцінювати інформацію, розпізнавати логічні помилки, а також приймати обґрунтовані рішення. Критичне мислення під час навчання вкрай важливе, адже воно допомагає формувати власну думку, вдосконалює вміння знаходити логічні та креативні зв'язки між ідеями, що вкрай важливо для орієнтування в епоху фейкових новин і маніпуляцій.

Здобувачам освіти, які опановують будівельну механіку, важливо вміти працювати з великими обсягами даних, адже сучасні реалії проектування потребують аналізу складних моделей (часто тривимірних, таких як BIM) та інтерпретації чисельних результатів. Цифрові технології допомагають візуалізовувати, систематизовувати й осмислювати ці дані.

Корисними цифрові технології можуть бути і при глобальному підході до освіти: Life-Long Learning (безперервне навчання, навчання впродовж усього життя), адже такий підхід до освіти формує у здобувачів готовність до постійного саморозвитку. Саме тому при вивченні предмету вважаємо доцільним розвивати у здобувачів здібності з аналізу наукових робіт з будівельної механіки, таких, як [12–14], та нормативних документів, що має на меті закріпити адаптацію до постійних змін в інженерній справі.

Застосування цифрових технологій в навчанні, окрім переваг, має і деякі недоліки:

- занадто велика залежність від цифрових технологій може зумовити соціальну ізоляцію та зниження навичок міжособистісного спілкування;
- величезний обсяг інформації в Інтернеті може призвести до інформаційного перевантаження та ускладнити пошук достовірних джерел;
- (занадто велика) залежність від цифрових технологій може стати причиною втрати інших корисних навичок, таких, як читання книг або ведення записів;
- заміна традиційних форм організації навчання виключно на цифрові може знизити ефективність засвоєння матеріалу;
- інтеграція цифрових інструментів у навчання з будівельної механіки може поставити низку технологічних викликів, зокрема питання, що стосуються інфраструктури, доступності та технологічної грамотності.

Окремим недоліком є той факт, що цифрові технології можуть привести до втрати людиною вміння писати від руки. Важливе значення цього вміння досліджене в роботах [15–16]. В роботі [16] показано, що письмо від руки активізує більше ділянок мозку в порівнянні з веденням записів за допомогою натискання на кнопки клавіатури цифрових засобів. Письмо від руки призводить до кращого запам'ятовування та успішних навчальних ефектів, проте клавіатура може бути корисною при створенні об'ємних текстів.

Засоби навчання, які пов'язані з дослідницькою діяльністю здобувачів. Окрім суто традиційних лабораторних робіт (випробовування зразків на розтяг, стиск, згин, зріз тощо) з використанням стандартного устаткування кафедри опору матеріалів та машинознавства, посилаючись на досвід європейських закладів [12, 17–19], адаптувала деякі засоби навчання під потреби української освіти (використання інженерних конструкторів, проведення макет-конкурсів тощо).

Виявилось, що використання на практичних заняттях спагеті (придбаних в маркетах), дитячих конструкторів (Lego), професійних інженерних конструкторів (Mola Models) в якості елементів конструювання перетворювало заняття на більш ефективні та творчі. Це давало можливість привернути увагу здобувачів освіти до вивчення дисципліни, а також розвивати їх креативне мислення та дослідницькі навички й уміння (рис. 5). Наприклад, при використанні конструктора Mola Models здобувачі отримують можливість моделювати розрахункові схеми конструкцій, які вони вивчають під час опанування основних тем будівельної механіки. При використанні конструктора Lego можливим стає дослідження системи зі стиснутих та розтягнутих елементів, відомої як tensegrity.



Рис. 5. Використання на практичних заняттях та конкурсах, що проводилися в НТУ, дитячих конструкторів (Lego), спагеті, професійного інженерного конструктора Mola Models

Під час дослідження систем будівельної механіки за допомогою конструкторів можна «відчути на пальцях» зміну поведінки таких систем в залежності від зміни умов закріплення та під дією різноманітних навантажень. Це дає змогу знайти відповіді на питання основних тем курсу, освоєння яких входять до програмних результатів вивчення дисципліни. Окрім цього, ці відповіді у вигляді зміни поведінки системи, утвореної за допомогою конструктора, можна також побачити неозброєним оком. Це є важливим нюансом, оскільки більшість переміщень системи розглядається у пружній стадії роботи матеріалу, і в реальних конструкціях побачити такі переміщення часто неможливо.

Отже, деякі питання, які можна вирішити, є наступними: чи є система геометрично змінюваною або незмінюваною; яким чином змінюється жорсткість системи при зміні умов закріплення; спостерігати, які саме волокна будуть розтягуватися, які саме стискатися; спостерігати точку перегину та інші.

Дослідження конструкцій згідно з [12, 19] за допомогою інженерних конструкторів прекрасно поєднується з моделюванням таких конструкцій за допомогою скінченно-елементних комплексів. Це дає можливість інтеграції фізичних моделей та інформаційних технологій. Розглянемо деякі приклади.

Одне з основних понять будівельної механіки – це поняття геометричної незмінюваності. Шарнірно-стрижневий прямокутник під дією горизонтальної збурюючої сили буде проявляти себе як геометрично змінювана система, тобто вузли системи отримують переміщення за напрямком навантаження при відсутності деформацій в стрижнях. При моделюванні за

допомогою конструктора Mola Models можна отримати фізичне підтвердження цього явища (рис. 6).

Моделюючи хоча б один проміжний вузол шарнірно-стрижневого прямокутника жорстким, отримуємо геометрично незмінювану систему (рис. 7 (а)-(в)). Тут ми приходимо до одного з понять будівельної механіки – поняття рами (рама – стрижнева система, в якій принаймні деякі вузли є

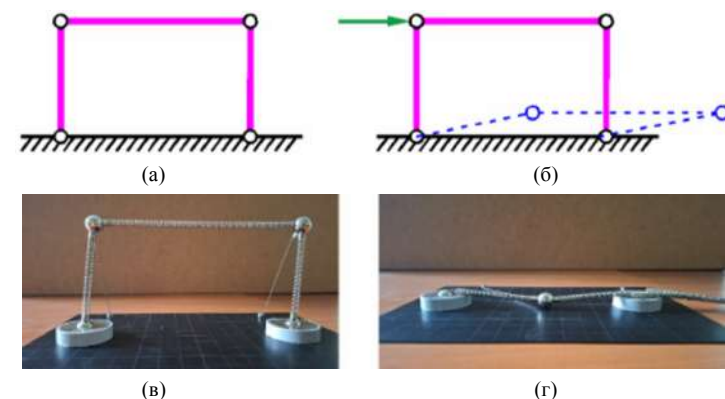


Рис. 6. Моделювання шарнірно-стрижневого прямокутника за допомогою Mola Models

жорсткими). Якщо зробити всі вузли жорсткими, то система стає перетворюється на жорстку П-подібну раму (рис. 7 (г)-(е)). При прикладанні навантаження (як горизонтального, так і вертикального), здобувачі освіти можуть «відчути на пальцях» зміну в поведінці системи.

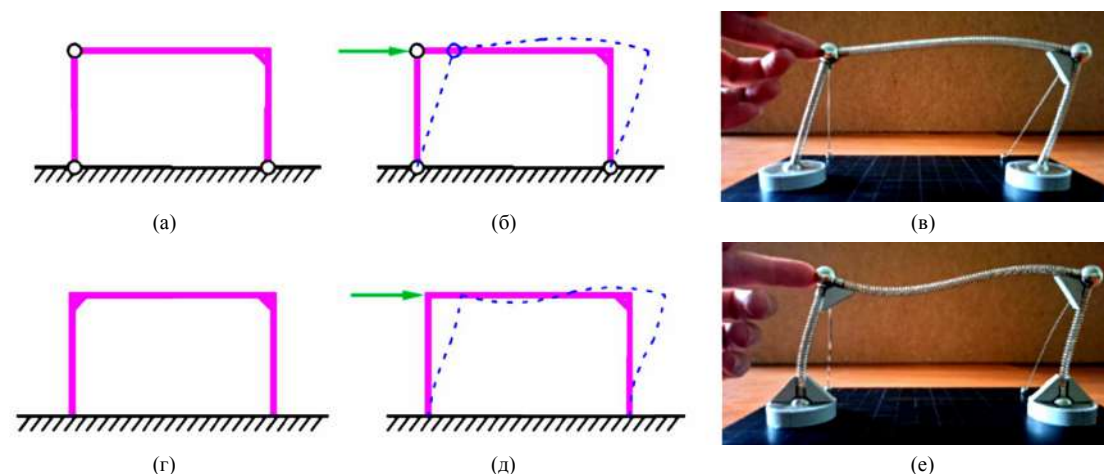


Рис. 7. П-подібна рама з одним жорстким вузлом (а-в) та П-подібна рама з чотирма жорсткими вузлами (г-е) під дією горизонтальної збурюючої сили

Деформування будь-якої системи будівельної механіки за допомогою інженерного конструктора Mola Models добре корелюються з характером деформування цієї системи, отриманим з використанням скінченно-елементних комплексів (рис. 4 (а) – рис. 7 (е), рис. 4 (б) – рис. 7 (в)).

Це свідчить про доцільність використання інформаційних технологій і навчальних засобів, орієнтованих на дослідницьку діяльність, що, у свою чергу, підтверджує ефективність інтегрованого підходу під час вивчення будівельної механіки.

В 2018 році в НТУ було започатковано проведення макет-конкурсів, де здобувачі мають змогу за допомогою простих предметів моделювати складні конструкції будівельної механіки. Здобувачам освіти пропонувалося змоделювати будівельні ферми зі спареті [20]. Вперше такий конкурс – Spaghetti Bridge Building Contest – було проведено в Okanagan College (Канада), а в цьому році (2025) конкурс святкує своє 40-річчя [18].

На макет-конкурсах, що проводились кафедрою, моделі здобувачів оцінювалися за візуальним критерієм та за критерієм випробовування на міцність. В першій категорії здобувачі намагалися відтворити відомі споруди або змоделювати «свою» конструкцію. Моделі цієї категорії оцінювалися за естетичною привабливістю. Моделі в другій категорії піддавалися навантаженню до їх руйнування. Оцінювання велося за величиною коефіцієнта $k = F/W$ (F – навантаження, при якому відбулося руйнування моделі; W – вага моделі).

Як зазначають винахідники Mola Models [19], перевагою використання інженерного конструктора є зв'язок дисципліни, що опановується, з дослідницькою діяльністю здобувачів та навчання їх через наступні досвіди:

- сенсорний (кінестетичний) досвід;
- візуальний досвід.

Природньо, що моделювання (як на макет-конкурсах) також має перелічені переваги.

Візуальний досвід може бути сформований як за допомогою цифрових освітніх технологій, так і за допомогою засобів навчання, пов'язаних з дослідницькою діяльністю. Натомість цифрові технології не здатні забезпечити сенсорний досвід, значущість якого ґрунтовно висвітлена в дослідженнях [21–23]. Дослідження [21] показало результати численних робіт, які доводять вплив тактильного навчання на академічну успішність. Спроби поєднання візуальної інформації з тактильною взаємодією в цифрових технологіях для підвищення ефективності в навчанні стикаються з великими труднощами, що робить такі технології на сьогоднішній день занадто трудомісткими та нерациональними, і, що найголовніше, не можуть бути заміною традиційним формам навчання.

Через те цілком обґрунтовано видається позиція Dr. Eng. Henrique Lindenberg Neto (University of São Paulo), згідно з якою, попри зростаючу увагу до потужних чисельних моделей, фізичні моделі не втрачають своєї практичної значущості, а навпаки – сприяють зростанню мотивації здобувачів освіти до навчання [19].

Разом з тим важливим є той факт, що під час освоєння будівельної механіки фізичні моделі добре узгоджуються з використанням цифрових технологій. Кафедрою опору матеріалів та машинознавства було проведено опитування з приводу зміни мотивації при використанні сенсорно-візуального досвіду в навчанні та ефективності залучення інформаційних технологій (скінченно-елементних програмних комплексів), в якому взяли участь здобувачі освіти факультету транспортного будівництва 3 курсу (2025 рік). За результатами опитування, наводимо деякі відповіді респондентів, які, на нашу думку, заслуговують на увагу:

• «Коли щось будуєш своїми руками, той самий міст, одразу краще розумієш, як усе працює. Було цікаво не просто сидіти й слухати, а ще й самому експериментувати, а також бачити, як відбувається розрахунок у сучасних програмах, і як все це пов'язано між собою» (Сліпоконь Валентин).

• «Сподобалося, що можна не просто слухати лекції, а самому щось робити і паралельно освоювати програмний комплекс» (Соколовський Роман).

• «Було цікаво не тільки вчитись, а й вигадувати щось з конструктора. А ще можна побачити, як ця ж конструкція деформується так само і за допомогою програмного комплексу» (Маршевська Олександра).

• «Зробили модель з конструктора, і нарешті дійшло, як все працює разом. Так набагато легше зрозуміти конструкцію. Коли тепер розраховуєш конструкцію в програмному комплексі, то легше зрозуміти, що до чого працює» (Гринчак Світлана).

• «Коли є демонстрація (і конструктор, і сучасний комплекс), тоді є розуміння природи того чи іншого процесу, наслідки і шляхи вирішення» (Муравйов Антон).

Важливим є розуміння того, що інтегроване навчання може задовольнити запити та потреби здобувачів освіти з різним рівнем підготовленості та типом сприйняття інформації (рис. 2). Згідно з [17] за критерієм ефективності засвоєння матеріалу здобувачів освіти можна поділити на наступні групи:

- Активні (краще засвоюють матеріал через обговорення, пояснення, виконання завдань).
- Рефлексивні (краще засвоюють матеріал через самостійне осмислення).
- Відчуваючі (віддають перевагу фактам та результатами експериментів).
- Інтуїтивні (такі здобувачі тяжіють до теорій).
- Візуальні (краще навчаються через графіки, відео та демонстрації).
- Вербальні (краще навчаються через письмові та усні пояснення).
- Послідовні (краще сприймають інформацію в логічній послідовності).
- Глобальні (краще сприймають інформацію через загальну картину).

З огляду на наведені поняття можна зробити висновок, що механізми реалізації інтегрованого підходу до навчання дають можливості формування ключових компетентностей з метою досягнення програмних результатів у відповідності до Стандарту вищої освіти [9] для рівня освіти – перший (бакалаврський), галузі знань 19 – «Архітектура та будівництво», спеціальності – 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (коди класифікації з 2025 року: галузь знань – G «Інженерія, виробництво та будівництво», спеціальність – G19 «Будівництво та цивільна інженерія») – рис. 8.



Рис. 8. Програмні результати спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія»

Висновки та перспективи подальших досліджень. Донині залишається актуальною думка вченого-педагога, засновника дидактики Яна Амоса Коменського, який ще в XVII ст. проголосив, що успіх у навчанні відбувається шляхом активного спостереження, узагальнення кращого досвіду та творчого пошуку у результаті досягнення цілей навчання.

Наявні проблеми пов'язані з реаліями російської агресії та дистанційним навчанням і стосуються, зокрема, впровадженню інтегрованих курсів. Попри це можна стверджувати, що саме інтегроване навчання закладає нові можливості творчої діяльності в площині «викладач – здобувач освіти», є діючою моделлю активізації критичного мислення, інтелектуальної

діяльності, справжньою школою співпраці та створення дослідницьких засобів і прийомів навчання, що допомагає здобувачам освіти та викладачам досягати необхідних програмних результатів.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що, оскільки галузь будівельної механіки продовжує еволюціонувати, відповідно повинен змінюватися й підхід до навчання. Отже, на нашу думку, зміст інтегрованого підходу до навчання успішно формують наступні положення: проєктно-орієнтоване навчання, міждисциплінарне викладання, використання інформаційних технологій та креативних засобів навчання, які пов'язані з дослідницькою діяльністю здобувачів освіти.

Разом з цим, попри значні переваги цифрових технологій в освітньому процесі, вони мають і певні обмеження. Ці недоліки можуть бути успішно компенсовані при застосуванні інтегрованого підходу, зокрема, шляхом поєднання цифрових технологій та фізичних моделей під час освоєння дисципліни.

Постійна інтеграція інформаційних технологій із змістом дисциплін та втілення результатів в освітні практики є багатобічним шляхом до розвитку більш ефективних та науково-обґрунтованих програм інженерної освіти. Зазначені положення були апробовані та знайшли своє практичне застосування при викладанні будівельної механіки на кафедрі опору матеріалів та машинознавства НТУ. Заклади освіти, які зможуть швидко адаптуватися до змін та інвестувати в інтегрований підхід навчання, матимуть найкращі можливості для підготовки наступного покоління інженерів, готових до усіх можливих викликів майбутнього.

Проведене дослідження не вичерпує всіх аспектів проблеми, що розглядається. Подальших досліджень потребує визначення видів інтегрованих завдань, пошук нових методів, методик, засобів та інструментів для розв'язання складних завдань в царині будівельної механіки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бахтіярова Х. Інтегративний підхід у підготовці майбутніх педагогів професійного навчання // Професійна педагогіка, 2021, Том 1. № 22. – С. 143–150. DOI: <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2021.22.143-150>
2. Божко Н. Інтегративний підхід до навчання в контексті реформування системи освіти України // Молодь і ринок, 2018, № 7 (162). – С. 84–89. DOI: [10.24919/2308-4634.2018.140424](https://doi.org/10.24919/2308-4634.2018.140424)
3. Козловська І.М. Теоретико-методологічні аспекти інтеграції знань учнів професійно-технічної школи: дидактичні основи // Львів: Світ, 1999, 302, 6.
4. Лавніков О.А., А.С. Лесик. Інтегративний підхід у системі вищої освіти: поняття і особливості // Вісник університету імені Альфреда Нобеля, 2020, № 1 (19). – С.195-199. DOI: <http://dx.doi.org/10.32342/2522-4115-2020-1-19-23>
5. Karstina S.G. Application of Integrated Learning Technologies in Engineering Training. In: Auer, M.E., Rüttmann, T. (eds) Futureproofing Engineering Education for Global Responsibility. Lecture Notes in Networks and Systems // Springer, 2025, Vol 1260. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-85652-5_62
6. Zhang C., Wang P., Zeng X. and Wang X. A case study on developing students' problem-solving skills through interdisciplinary thematic learning // Front. Psychol., 2025, Vol. 16. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1447089>
7. Istenič, A. Blended learning in higher education: the integrated and distributed model and a thematic analysis // Discov Educ. 2025, Vol. 3, Article number 165. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00239-y>
8. Kharchenko, A., Tsybul'skyi, V., Kovbasenko, S., Simonenko, V., & Kolbasin, M. Devising an approach to the use of distance education technologies in performing control measures for technical students. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. Vol. 6. No. 2 (126). PP. 49–58. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292924>
9. Стандарт вищої освіти. Рівень вищої освіти: перший бакалаврський. Ступінь вищої освіти: бакалавр. Галузь знань: 19 – будівництво. Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія. Видання офіційне. Міністерство освіти і науки України, Київ, 14 с., 2021
10. Žerovnik, A., Nančovička Šerbec, I. Project-Based Learning in Higher Education. In: Vaz de Carvalho, C., Bauters, M. (eds) Technology Supported Active Learning. Lecture Notes in Educational Technology // Springer, Singapore, 2021. – PP. 31-57. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-2082-9_3
11. Hongxi Chen, Tingting Dong & Xiaoruo Yang, Research on the Application of Digital Intelligence in Structural Mechanics Teaching // World Journal of Educational Research, 2024, Vol. 11, No. 3. DOI: <http://dx.doi.org/10.22158/wjer.v11n3p152>
12. Márcio Sequeira de Oliveira. Qualitative structural model for pre-evaluation of the behavior of metallic structures. Master dissertation, // Federal University of Ouro Preto, Brasil. Ouro Preto. August 2008.
13. Gomez-Jauregui V., Carillo-Rodriguez A., Manchado C., Lastra-Gonzalez P. Tensegrity Applications to Architecture, Engineering and Robotics: A Review // Appl. Sci., July 2023, Vol. 13, Paper number 8669. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13158669>
14. Ilchenko I., Gorbunovich I. Analysis of the effect of transverse shear deformation on the stiffness of short beams // Automobile Roads and Road Construction. 2025, 117(1). –PP. 76–85. DOI: <http://dx.doi.org/10.33744/0365-8171-2025-117.1-076-085>
15. Mangel Anne, Velay Jean-Luc. Digitizing Literacy: Reflections on the Haptics of Writing [Online]. Published 01 April 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/8710>

16. Van der Weel F.R., Van der Meer A.L.H. Handwriting but not typewriting leads to widespread brain connectivity: a high-density EEG study with implications for the classroom // *Front. Psychol.*, 2023. Vol. 14. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1219945>
17. Bijelic N., Skiadopoulos A., Heredia Rosa D. I., Lignos, D. G. Use of interactive tools in seismic engineering and structural stability to facilitate learning and foster engagement: Application to high-school outreach and university courses // *SEFI Journal of Engineering Education Advancement*, 2025, Vol. 2, No.1. – PP. 40–62. DOI: <https://doi.org/10.62492/sefijeea.v2i1.27>
18. What is “Spaghetti Bridge?”. [Online]. Available: <https://www.okanagan.bc.ca/spaghetti-bridge>. Accessed: June 23, 2025
19. Your gateway to the world of structural engineering [Online]. Available: <https://molamodell.com/>. Accessed: June 23, 2025.
20. Макет-конкурси [Online]. Available: <https://sites.google.com/ntu.edu.ua/strengthofmaterials/робота-зі-студентами/макет-конкурси>. Accessed: June 23, 2025
21. Hamza-Lup Felix G., Stanescu Ioana A. The haptic paradigm in education: Challenges and case studies // *Internet and Higher Education Journal*, 2010, Vol.13, No.1. – PP.78–81. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1811.11943>
22. Naghizade Mohammad, Ostadi Maryam. The Application of Tactile Experience in Urban Perception // *International Journal of Architecture and Urban Development*, 2014. Vol.4. URL: https://www.researchgate.net/publication/361338493_The_Application_of_Tactile_Experience_in_Urban_Perception
23. Suleiman Sa'adu Matazu. Akilu Isma'il. Theoretical Frameworks and Empirical Evidences of Tactile Learning Style as a Veritable Tool for Improving Biology Performance among Secondary School Students // *Journal of Learning and Educational Policy*, June-July 2024, Vol.4, No. 4. –PP. 10–20. DOI: <https://doi.org/10.55529/jlep.44.10.20>

REFERENCES

1. Bakhtiarova Kh. Intehrativnyi pidkhd u pidhotovtsi maibutnikh pedahohiv profesiinoho navchannia (Integrative approach to the training of future professional teachers) // *Profesiina pedahohika (Professional pedagogics)*, 2021, Vol. 1. № 22. – P. 143–150. DOI: <https://doi.org/10.32835/2707-3092.2021.22.143-150>
2. Bozhko N. Intehrativnyi pidkhd do navchannia v konteksti reformuvannia systemy osvity Ukrainy (Integrative Approach to Learning in the Context of Reforming the Education System of Ukraine) // *Molod i rynek (Youth&Market)*, 2018, № 7 (162). – P. 84–89. DOI: [10.24919/2308-4634.2018.140424](https://doi.org/10.24919/2308-4634.2018.140424)
3. Kozlovskaya I.M. Teoretyko-metodolohichni aspekty intehratsii znan uchniv profesiino-tekhnichnoi shkoly: dydaktychni osnovy (Theoretical and Methodological Aspects of Knowledge Integration of Vocational School Students: Didactic Foundations) // *Lviv: Svit*, 1999, 302, 6.
4. Lavnikov O.A., A.S. Lesyk. Intehrativnyi pidkhd u systemi vyshchoi osvity: poniattia i osoblyvosti (Integrative Approach in the System of Higher Education: Concept and Characteristics) // *Visnyk universytetu imeni Alfreda Nobelia (Alfred Nobel University Journal of Philology)*, 2020, № 1 (19). – P. 195–199. DOI: <http://dx.doi.org/10.32342/2522-4115-2020-1-19-23>
5. Karstina S.G. Application of Integrated Learning Technologies in Engineering Training. In: Auer, M.E., Rüttmann, T. (eds) *Futureproofing Engineering Education for Global Responsibility. Lecture Notes in Networks and Systems* // Springer, 2025, Vol 1260. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-85652-5_62
6. Zhang C., Wang P., Zeng X. and Wang X. A case study on developing students' problem-solving skills through interdisciplinary thematic learning // *Front. Psychol.*, 2025, Vol. 16. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1447089>
7. Istenič, A. Blended learning in higher education: the integrated and distributed model and a thematic analysis // *Discov Educ.* 2025, Vol. 3, Article number 165. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00239-y>
8. Kharchenko, A., Tsybulskiy, V., Kovbasenko, S., Simonenko, V., & Kolbasin, M. Devising an approach to the use of distance education technologies in performing control measures for technical students. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 6. No. 2 (126). PP. 49–58. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292924>
9. Standart vyshchoi osvity. Riven vyshchoi osvity: pershyi bakalavrs'kyi. Stupin vyshchoi osvity: bakalavr. Haluz znan: 19 – budivnytstvo. Spetsialnist: 192 – Budivnytstvo ta tsyvilna inzheneriia. Vydannia ofitsiine. Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy, Kyiv, 14 s., 2021 (Standard of Higher Education. Level of Higher Education: First (Bachelor's). Degree of Higher Education: Bachelor. Field of Knowledge: 19 – Construction. Specialty: 192 – Construction and Civil Engineering. Official publication. Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 14 p., 2021).
10. Žerovnik, A., Nančovska Šerbec, I. Project-Based Learning in Higher Education. In: Vaz de Carvalho, C., Bauters, M. (eds) *Technology Supported Active Learning. Lecture Notes in Educational Technology* // Springer, Singapore, 2021. – PP. 31–57. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-2082-9_3
11. Hongxi Chen, Tingting Dong & Xiaoruo Yang, Research on the Application of Digital Intelligence in Structural Mechanics Teaching // *World Journal of Educational Research*, 2024, Vol. 11, No. 3. DOI: <http://dx.doi.org/10.22158/wjer.v11n3p152>
12. Márcio Sequeira de Oliveira. Qualitative structural model for pre-evaluation of the behavior of metallic structures. Master dissertation, // Federal University of Ouro Preto, Brasil. Ouro Preto. August 2008.
13. Gomez-Jauregui V., Carillo-Rodriguez A., Manchado C., Lastra-Gonzalez P. Tensegrity Applications to Architecture, Enginnering and Robotics: A Review // *Appl. Sci.*, July 2023, Vol. 13, Paper number 8669. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13158669>
14. Ilchenko I., Gorbunovich I. Analysis of the effect of transverse shear deformation on the stiffness of short beams // *Automobile Roads and Road Construction*. 2025, 117(1). –PP. 76–85. DOI: <http://dx.doi.org/10.33744/0365-8171-2025-117.1-076-085>
15. Mangen Anne, Velay Jean-Luc. Digitizing Literacy: Reflections on the Haptics of Writing [Online]. Published 01 April 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/8710>
16. Van der Weel F.R., Van der Meer A.L.H. Handwriting but not typewriting leads to widespread brain connectivity: a high-density EEG study with implications for the classroom // *Front. Psychol.*, 2023. Vol. 14. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1219945>
17. Bijelic N., Skiadopoulos A., Heredia Rosa D. I., Lignos, D. G. Use of interactive tools in seismic engineering and structural stability to facilitate learning and foster engagement: Application to high-school outreach and university courses // *SEFI*

- Journal of Engineering Education Advancement, 2025, Vol. 2, No.1. – PP. 40–62. DOI: <https://doi.org/10.62492/sefjeea.v2i1.27>
18. What is “Spaghetti Bridge?”. [Online]. Available: <https://www.okanagan.bc.ca/spaghetti-bridge>. Accessed: June 23, 2025
 19. Your gateway to the world of structural engineering [Online]. Available: <https://molamodel.com/> Accessed: June 23, 2025.
 20. Maket-konkursy (Design Model Contests) [Online]. Available: <https://sites.google.com/ntu.edu.ua/strengthofmaterials/робота-зі-студентами/макет-конкурси>. Accessed: June 23, 2025
 21. Hamza-Lup Felix G., Stanescu Ioana A. The haptic paradigm in education: Challenges and case studies // Internet and Higher Education Journal, 2010, Vol.13, No.1. – PP.78–81. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1811.11943>
 22. Naghizade Mohammad, Ostadi Maryam. The Application of Tactile Experience in Urban Perception // International Journal of Architecture and Urban Development, 2014. Vol.4, URL: https://www.researchgate.net/publication/361338493_The_Application_of_Tactile_Experience_in_Urban_Perception
 23. Suleiman Sa’adu Matazu. Akilu Isma’il. Theoretical Frameworks and Empirical Evidences of Tactile Learning Style as a Veritable Tool for Improving Biology Performance among Secondary School Students // Journal of Learning and Educational Policy, June-July 2024, Vol.4, No. 4. –PP. 10–20. DOI: <https://doi.org/10.55529/jlep.44.10.20>

Стаття надійшла 12.08.2025

Ільченко І.О., Бахтіярова Х.Ш., Марченко Н.Г.

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕГРОВАНОГО ПІДХОДУ ДО ВИКЛАДАННЯ КУРСУ «БУДІВЕЛЬНА МЕХАНІКА» У ВИЩІЙ ШКОЛІ

Статтю присвячено особливостям викладання інтегрованого курсу «Будівельна механіка» в технічному закладі вищої освіти. Підкреслено важливість пошуку сучасних методів, засобів, допоміжних інструментів, інформаційних технологій навчання, використання яких в освітньому процесі може гарантувати передбачувані програмні результати. Зосереджено увагу на особливостях будови навчальних матеріалів, спрямованих на підвищення якості організації та проведенні практичних занять з дисципліни. Курс «Будівельна механіка» в предметному циклі загальнотехнічної підготовки має ключове значення, оскільки він поєднує декілька інженерних наук (теоретичну механіку, опір матеріалів, комп’ютерні технології та ін.), займає у своєму циклі найбільший обсяг навчального часу, включає знання основ теорії будівель і споруд, базується на знаннях фундаментальних дисциплін та слугує підґрунтям для вивчення спецдисциплін. Якість навчання курсу та його особливий статус у системі загальнотехнічної підготовки має важливе значення для професійної підготовки майбутніх фахівців. Вказано на особливості викладання курсу, який характеризується практичною направленістю, інтеграцією теорії і практики, використанням різноманітних інструментів, сучасних технологій, інтерактивних симуляцій, спеціалізованих програмних продуктів, цифрових ресурсів тощо. З огляду на вказану специфіку курсу безпосередньою умовою успішного засвоєння опорних знань здобувачами освіти є пошук та використання в освітньому процесі сучасних допоміжних засобів раціонального опрацювання практичного матеріалу, а перспективи застосування інформаційних технологій, зокрема, систем автоматизованого проєктування є вкрай важливими у підготовці здобувачів освіти до виконання реальних інженерних завдань. Виділено переваги впровадження та розглянуто пріоритети інтегрованого навчання у закладах вищої освіти. Здійснено огляд українського та міжнародного досвіду. Багаторічний досвід читання лекцій, ведення практичних та лабораторних занять з будівельної механіки дозволив авторам провести власний аналіз деяких особливостей викладання цієї дисципліни, а також представити огляд засобів навчання, які використовуються на кафедрі опору матеріалів та машинознавства в Національному транспортному університеті.

Ключові слова: будівельна механіка, інформаційні технології, заклади вищої освіти, інтегроване навчання, інженерні конструктори, Національний транспортний університет.

Ilchenko I.O., Bakhtiyarova Kh.Sh., Marchenko N.H.

THE SPECIFICS OF IMPLEMENTING AN INTEGRATED APPROACH WHILE TEACHING THE COURSE “STRUCTURAL MECHANICS” AT HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

The article is dedicated to the specific aspects of teaching the integrated course «Structural Mechanics» in technical educational institutions. The importance of identifying modern methods, tools, auxiliary instruments, and contemporary educational technologies is emphasized, as their implementation in the educational process can ensure the achievement of the expected learning outcomes. Particular attention is given to the structure of learning materials aimed at improving the quality of organization and implementation of practical classes in the subjects. The course «Structural Mechanics» holds a key position within the cycle of general technical training, as it integrates several engineering subjects (theoretical mechanics, strength of materials, computer technologies etc.) and occupies the largest share of academic time within its cycle, encompasses foundational knowledge of theory of buildings and structures, relies on fundamental subjects, and provides a basis for studying specialized subjects. The quality of teaching this course and its special status within the system of general technical education are crucial for the professional training of future specialists. Therefore, the article highlights the features of teaching this course, which is characterized by practical orientation, integration of theory and practice, and the use of various tools, modern technologies, interactive simulations, specialized software products, digital resources, and more. Given the specific nature of the course, a key condition for the successful acquisition of core knowledge by students is the identification and use of modern auxiliary tools that facilitate the rational assimilation of practical material. The prospects of applying digital technologies and computer-aided design systems are also essential in preparing students for real-world engineering tasks. The study outlines the advantages and priorities of implementing integrated learning in higher education institutions. Additionally, an overview of international experience is provided. The authors’ experience in delivering lectures, conducting practical and laboratory classes in Structural Mechanics enabled them to conduct their own analysis of certain teaching features of the discipline and to present

an overview of learning tools used by the Department of Strength of Materials and Mechanical Engineering at the National Transport University (NTU).

Keywords: structural mechanics, information technologies, technical educational institutions, integrated learning, engineering kits, National Transport University.

УДК 539(076)

Ільченко І.О., Бахтіярєва Х.Ш., Марченко Н.Г. Особливості реалізації інтегрованого підходу до викладання курсу «Будівельна механіка» у вищій школі // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірник. – К.: КНУБА, 2025. – Вип. 115. – С. 278-291.

Розглядається питання викладання будівельної механіки у вищій школі з використанням інтегрованого підходу.

Іл. 8. Бібліогр. 23 назви.

UDC 539(076)

Ilchenko I.O., Bakhtiyarova Kh.Sh., Marchenko N.H. The specifics of implementing an integrated approach while teaching the course “Structural Mechanics” at higher education institutions // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2025. – Issue 115. – P. 278-291. – Ukr.

The paper addresses the issue of teaching structural mechanics in higher education using an integrated approach.

Fig. 8. Ref. 23.

Автор (вчена ступень, вчене звання, посада): кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри опору матеріалів та машинознавства НТУ Ільченко Ірина Олексіївна

Адреса: 01010 Україна, м. Київ, Омеляновича-Павленка 1, Національний транспортний університет

Тел. +38(044) 280-43-68

E-mail: i.ilchenko@ntu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9355-5632>

Автор (вчена ступень, вчене звання, посада): кандидат педагогічних наук, доцент, професор кафедри філософії та педагогіки НТУ Бахтіярєва Халідахон Шамшитдинівна

Адреса: 01010 Україна, м. Київ, Омеляновича-Павленка 1, Національний транспортний університет

Тел. +38(044) 280-52-65

E-mail: bakhty47@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8274-9581>

Автор (вчена ступень, вчене звання, посада): кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри опору матеріалів та машинознавства НТУ Марченко Ніна Григоріївна

Адреса: 01010 Україна, м. Київ, Омеляновича-Павленка 1, Національний транспортний університет

Тел. +38(044) 280-43-68

E-mail: nina.marchenkogr@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8212-811X>