

4. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016.
5. Carleo G., Cirac J. I., Cranmer K. et al. Machine learning and the physical sciences. Reviews of Modern Physics, 91(4), 2019.
6. Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G. E. Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving PDEs. Journal of Computational Physics, 378, 2019.

УДК 004.8:539.3

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ОПОРУ МАТЕРІАЛІВ

М. Є. Ложнікова, О. А. Овчаренко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Lognikova13maria@gmail.com

Штучний інтелект (далі ШІ) наразі є зручним інструментом, який значно полегшує життя кожної людини. Він має доступ до величезної цифрової бібліотеки, що дозволяє знайти потрібну інформацію за декілька рухів, а також завжди готовий поділитися своєю «експертною думкою» з будь-якого питання без сумнівів та коливань.

Інженерні розрахунки відносяться до складних задач, розв'язання яких потребує наявності глибоких знань фізики, володіння спеціальними методами та наявності певного досвіду. Було б дуже заманливо мати модель ШІ, яка даватиме якісний результат у відповідь на поставлене технічне завдання без виконання рутинних розрахунків. Сучасні інформаційні технології частково вирішують цю проблему, пропонуючи розробникам системи автоматизованого проєктування, але вони потребують створення комп'ютерних моделей конструкцій, що може викликати труднощі без навичок роботи з конкретним програмним забезпеченням. Натомість ШІ задовольняється звичайним описовим промптом. Тому метою нашого дослідження стало з'ясування рівня готовності сучасних моделей до розв'язання інженерних задач на прикладі класичної задачі опору матеріалів.

Нами розглянуто три найпопулярніші моделі ШІ, які знаходяться у вільному доступі: Gemini 3 Flash, Gemini 3.1 Pro, GPT-5.3 від OpenAI, Microsoft Copilot (Smart). Поставимо перед ними однакову задачу та проаналізуємо якість її виконання. Промпт виглядатиме наступним чином: «Для заданої схеми побудувати епюри внутрішніх зусиль та підібрати балку двотаврового перерізу за ДСТУ 8768:2018 «Двотаври сталеві гарячекатані. Сортамент». Допустиме напруження $[\sigma] = 160$ МПа». До запиту

додаватимемо також схему, наведену на рисунку 1. Для порівняння отриманих значень, задача попередньо розв'язана вручну (рис. 2, а).

Перший запит отримав Gemini 3 Flash. Проблеми почалися з моменту аналізу схеми: ШІ невірно визначив напрямлення реакції опор. Далі він знаходить опорні реакції, та проводить перевірку. Розрахунки не є достовірними (оскільки ШІ переплутав знаки), проте перевірка через рівняння рівноваги сил у проекції на вертикальну вісь дорівнює 0, тому проблеми Gemini не бачить. Другим кроком він обирає побудову епюр внутрішніх зусиль та згинальних моментів (вірно). ШІ повністю проігнорував точки екстремуму, та невірно проаналізував стрибок моментів. Це привело до того, що максимальний згинальний момент був майже удвічі менше дійсного (131 кН замість 232,9 кН). Перевірка дотичних напружень відсутня. Через усі помилки Gemini 3 Flash запропонував двотавр №33, який по факту не забезпечує міцність конструкції.

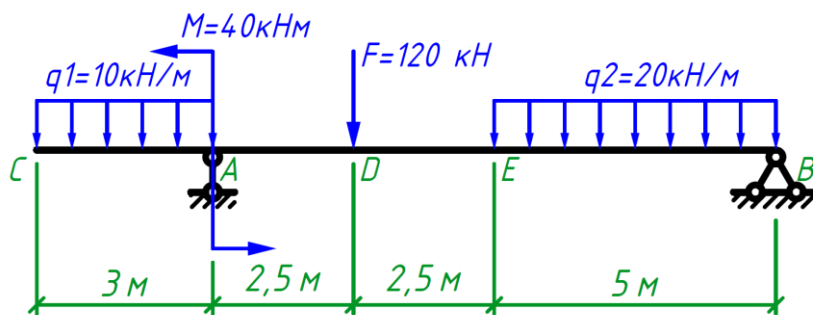


Рис. Розрахункова схема балки

Друга спроба (з наданням ДСТУ) стала більш успішною. Хоча фінальні значення реакцій збіглися, ШІ некоректно записав плечі сил у рівняннях, що могло призвести до помилок на складніших схемах. На моменті розрахунку максимального згинального моменту знов сталася помилка, але на цей раз через нерозуміння схеми (ШІ визначив що M_{\max} знаходиться у точці D, хоча він знаходиться на ділянці ED). Також невірно визначений максимальний момент. Запропонований двотавр (№50) хоч і не є вірним, але не загрожує аварією. При цьому виникає перевитрата металу. Дотичні напруження знов не були враховані в розрахунках.

Наступною тестувалася модель Gemini 3.1 Pro (платна версія, але надана для здобувачів України безкоштовно). Різниця величезна: розрахунки правильні навіть без додавання ДСТУ. Також ця модель здійснила перевірку міцності без нагадувань, та запропонувала двотавр (№50) із забезпеченням запасу міцності. Задача вирішена ідеально. Зазначена модель позиціонується, як текстовий процесор, і, оскільки в запиті була вимога побудувати епюри внутрішніх зусиль, вона правильно знайшла ординати на всій довжині балки, включаючи точку екстремуму згинальних моментів. Бонусом були побудовані епюри (рис. 2, б). Gemini 3.1 Pro вірно відобразив форму епюри,

але «не побачив» моменту, прикладеного до балки, не всі величини мають коректні значення (у розрахунках вони вірні).

Далі розглянемо модель GPT-5.3. Вона неправильно розрахувала плечі сил. Перевірки реакції опор не було. Через це всі подальші розрахунки епюр також хибні. Наступний крок – еюра поперечних сил та моментів. Значення повністю невірні через хибні реакції опор. Максимальний згинальний момент вийшов майже вдвічі більше (437 кН). З умови міцності ШІ пропонує 30 або 35 номер двотавру, але при цьому розрахункове значення осевого моменту опору $W_y = 2730 \text{ см}^3$ вимагає набагато більшого профілю (двотавр №65). ШІ суперечить сам собі навіть у своєму (помилковому) розрахунку. При наданні додаткової інформації (ДСТУ) ChatGPT особливо не змінив свого рішення, проте вкінці запропонував двотавр №55, що досі суперечить його особистому розрахованому W_y . Перевірка дотичних напружень відсутня у обох випадках.

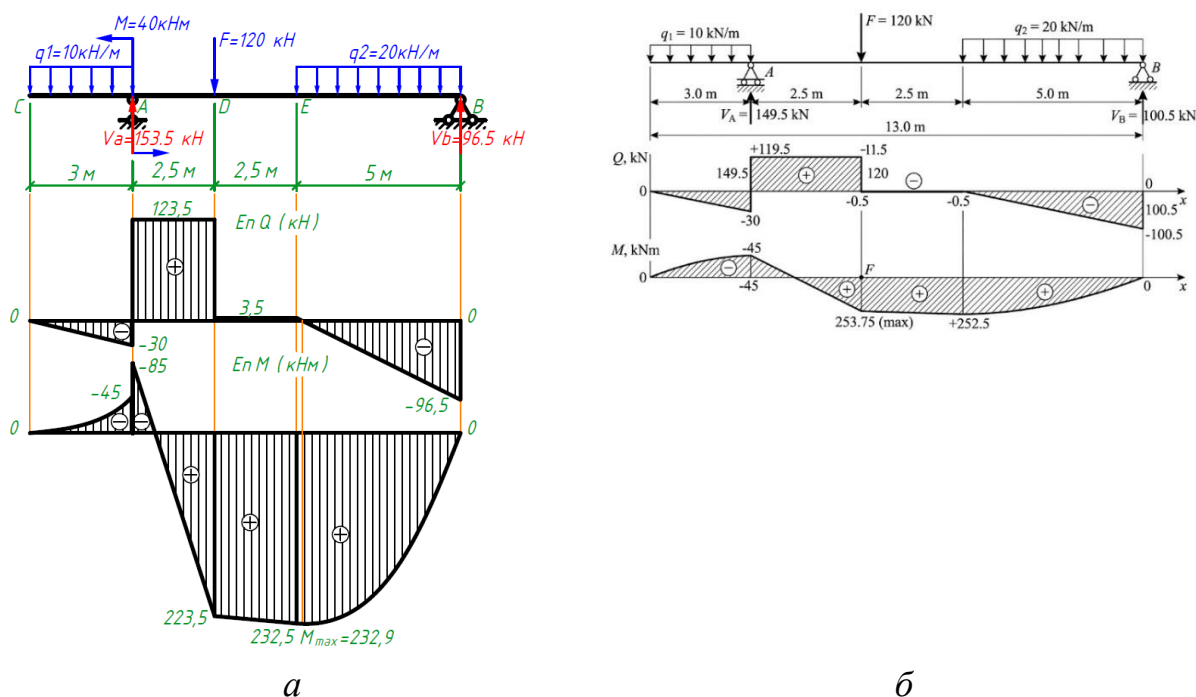


Рис. 1. Епюри внутрішніх зусиль: а – ручний розрахунок; б – побудовані моделлю Gemini 3.1 Pro

Далі розглянемо Microsoft Copilot (Smart). Цей ШІ не з першого разу зрозумів поставлену задачу, але після розгорнутого пояснення почав розрахунки. Задача залишилася незрозумілою для ШІ. Він «придумав» значення R_B та R_A . Прийняв усі розподілені навантаження як діючі вниз та почав не з 0 або -30, а з +119 (число взято з невідомих розрахунків). Значення M_{max} було взято «з повітря» (розрахунку не було) та дорівнювало 300 кНм. ШІ запропонував двотавр №30 (зазначивши, що W_y цього номеру дорівнює 1340 см^3). Якщо подивитися у стандарт, то у 30-го номеру $W_y = 472 \text{ см}^3$, а надана цифра 1340 см^3 – вигадка. Друга спроба з наданим стандартом була

така ж некоректна та суперечила існуючим методам розрахунку опору матеріалів.

Microsoft Copilot (модель «think deeper»). Якщо минула модель просто не вміла рахувати плечі сил, то ця пішла значно далі – вона змінила саму фізичну модель задачі. ШІ стверджує що у точці С є опора (шарнір), та запропонував європейські профілі (які мають зовсім іншу геометрію) замість вказаних у ДСТУ. Після уточнення пунктів, де ШІ допустив критичні помилки, він зрозумів, що в точці С – вільний край. Абсолютно правильно знайшов опорні реакції. Але уся побудова епюри моментів $M(x)$ посипалася на арифметичному кроці: не був врахований зосереджений момент $M = 40$ кНм у точці А. Оскільки ШІ помилився на 80 кНм (-5 замість -85), ця помилка призвела до моменту в крайній правій точці балки $M_B = 80$ кНм, де повинно бути нульове значення. ШІ порадив звернутися до повної таблиці ДСТУ щоб обрати двотавр №65-75.

Порівняльний аналіз роботи ШІ зведений до таблиці 1. Він показав, що ШІ схилений до галюцинацій та потребує постійної перевірки з контролем відповідей. При цьому моделі краще працюють над докладними промптами, які містять невеличкі завдання, хоча надмірне дроблення призводить до ситуації, коли модель «забуває» початкові дані. Найкращі результати в розв'язанні інженерної задачі показала платна модель Gemini 3.1 Pro, хоча побудова рисунків досить залишається недосяжним завданням.

Таблиця 1 – Аналіз відповідей усіх 3 моделей ШІ

Модель ШІ	Вирішення без додаткових даних	Вирішення з наданим ДСТУ	Висновок
1	2	3	4
Gemini 3 Flash	Невірно визначив напрямки реакцій та знаки, проігнорував точки екстремуму. Запропонований двотавр №33 призвів би до аварійного стану конструкції	Результати реакцій збіглися, але логіка запису плеч сил залишилася некоректною. Помилково визначив точку M_{max} , запропонував №50 (перевитрата металу)	Успішна модель при наданні контексту, проте все ще припускається логічних помилок у складних схемах.
Gemini 3.1 Pro	Поставлена задача виконана чітко, за правильним алгоритмом. Запропонований двотавр є вірним.	-	Найбільш успішна модель серед наведених. Епюра була побудована схематично вірно

1	2	3	4
GPT-5.3 від OpenAI	Неправильно розрахував плечі сил, через що всі подальші епюри хибні. Значення моменту вийшло майже вдвічі більше за дійсне (437 кНм)	Запропонував номер двотавру №55, що суперечить його власному розрахованому значенню модуля опору W_y . Перевірка дотичних напружень відсутня	Модель демонструє низьку достовірність: вона схильна суперечити сама собі навіть у межах одного помилкового розрахунку
Microsoft Copilot (Smart)	«Вигадав» значення реакцій та M_{max} без реальних розрахунків. Вказав характеристики для двотавра №30, які утричі перевищують дані з ДСТУ	Друга спроба залишилася некоректною	Генерує фіктивні числові дані, які не мають нічого спільного з реальною нормативною базою
Microsoft Copilot (think deeper)	Відмовився вирішувати через нестачу інформації	Рішення суперечить законам фізики	Розрахунки хибні на рівні розуміння роботи фізики

Висновки

Результати дослідження свідчать, що на поточному етапі розвитку моделей штучного інтелекту повна автоматизація розрахунків ще не гарантує абсолютної точності. Водночас спостерігається стійка тенденція до покращення якості результатів. Найбільшу надійність у межах цього дослідження продемонструвала модель Gemini 3.1 Pro, яка виявила глибоке розуміння завдань, здатність застосовувати розрахункові методи та знання актуальної нормативної бази.

Попри значний потенціал ШІ у сфері генеративного дизайну та його інтеграції в системи автоматизованого проєктування, використання інтелектуальних моделей на сучасному етапі потребує обов'язкової верифікації з боку кваліфікованого інженера для запобігання критичним помилкам.

Література

1. ДСТУ 8768:2018. Двотаври сталеві гарячекатані. Сортамент. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 15 с.
2. Писаренко Г. С. Опір матеріалів : підручник / Г. С. Писаренко, О. В. Квітів, Е. С. Уманський. К. : Вища школа, 2004. 655 с
- Buvailo A. Artificial Intelligence in Engineering: Applications and Challenges / A. Buvailo. «Electronic resource», 2023. 144 с.