

свої особливості та переваги в контексті тривимірного моделювання і підготовки креслеників. AutoCAD залишається універсальним інструментом з широким спектром застосування, особливо у випадках, коли потрібна точна 2D-графіка або комбіновані рішення. Водночас Autodesk Inventor забезпечує більш зручне та автоматизоване середовище для створення параметричних 3D-моделей, що особливо важливо при проектуванні складних технічних виробів. Завдяки широкому набору вбудованих функцій, автоматичному створенню креслеників, асоціативності моделей та підтримці стандартів, Inventor значно прискорює проектувальні процеси та зменшує кількість помилок.

Отже, вибір між програмними продуктами має ґрунтуватися не лише на індивідуальних вподобаннях користувача, але й на конкретних вимогах проекту, складності виробу, потребах у деталізації та масштабах виробництва. У навчальному процесі доцільно поєднувати використання обох систем для формування в студентів комплексного уявлення про сучасні інструменти САПР і розвиток практичних навичок у різних середовищах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Саєнко С. Ю. Основи САПР / Навчальний посібник /С. Ю. Саєнко, І. В. Нечипоренко – Х. : ХДУХТ, 2017. – 120 с.
2. Донченко М. В. Технології комп'ютерного проектування: навч. посіб. / М. В. Донченко – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. – 364 с.
3. Гніденко, І.А., Воробйов, І.Є. (2016). Аналіз сучасних продуктів 3D-моделювання, можливості їх застосування в навчальному процесі. Проблеми інформатизації та управління. Збірник наукових праць Національного авіаційного університету, Том 3, 55, 25–28.

УДК 539.4.01: 004.42

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ НА МІЦНІСТЬ БАЛОЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Ю.С. Холодняк¹, О.А. Костіков²

¹к.т.н., доцент кафедри технічної механіки Донбаської державної машинобудівної академії, Краматорськ, Україна, e-mail: holodnjak.juri@gmail.com

²к.ф.-м.н., доцент кафедри цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень, ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», м. Запоріжжя, Україна, e-mail: oleksandr.kostikov@mipolytech.education

Анотація. У роботі розглядається розроблена авторами комп'ютерна програма розрахунку на міцність балочних конструкцій. Програма має зручний користувацький інтерфейс і реалізує спрощену методику розрахунку на міцність, засновану на використанні

безпечних факторних просторів балочних профілей. Наведено приклад розрахунку на міцність двохопорної двотаврової балки.

Ключові слова: балка, опорні реакції, епюри поперечних сил та згинальних моментів, міцність.

SOFTWARE FOR STRENGTH ANALYSIS OF BEAM STRUCTURES

Yurii Kholodnyak¹, Alexander Kostikov²

¹Cand. Sc.(Technology), Associate Professor, Department of Technical Mechanics, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine, e-mail: holodnjak.juri@gmail.com

²Cand. Sc.(Physics and Mathematics), Associate Professor, Department of Digital Technologies and Project Decision Analysis, Technical University "Metinvest Polytechnic" LLC, Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: oleksandr.kostikov@mipolytech.education

Abstract. The paper considers a computer program for strength calculation of beam structures developed by the authors. The program has a convenient user interface and implements a simplified method of strength calculation based on the use of safe factor spaces of beam profiles. An example of the strength calculation of a double-braced I-beam is given.

Keywords: beam, bearing reactions, diagrams of shear forces and bending moments, strength.

Вступ. Оскільки балки є основними опорними елементами більшості конструкцій, то їх розрахунок на міцність є важливим етапом у проектуванні інженерних споруд. Актуальність цього розрахунку визначається необхідністю забезпечення безпеки конструкцій, економії матеріалів, підвищенням надійності за мінливих умов. Він знаходить застосування у будівництві, машинобудуванні, енергетиці, цивільній інженерії.

У зв'язку з тим, що розрахунок балок на міцність вимагає складних розрахунків, для рішення цієї задачі використовується спеціальне програмне забезпечення. Існує багато програмних продуктів для розв'язку цієї задачі, наприклад [1-3]. Ці програми реалізують багато функцій і їх використання вимагає глибоких знань в області опору матеріалів і теоретичної механіки і тому їх застосування викликає багато труднощів у користувачів з недостатньою теоретичною підготовкою у цих областях.

Але на практиці часто необхідно виконати спрощені розрахунки на міцність, які дозволяють визначити номер профілю згідно сортаменту, який витримає задане навантаження.

Тому актуальною задачею є розробка програми повного розрахунку на міцність балочних конструкцій, яка буде простою у використанні і доступною широкому колу користувачів.

Мета роботи полягає в створенні комп'ютерної програми розрахунку

на міцність балочних конструкцій з використанням спрощеної методики, яка ґрунтується на використанні так званих безпечних факторних просторів балочних профілей [4,5].

Матеріал і результат досліджень. Авторами розроблена комп'ютерна програма для повного розрахунку на міцність балочних конструкцій. Дана програма є модифікацією програм авторів, розроблених в середовищі Mathcad [5-7]. На відміну від цих програм, дана програма розроблена на мові програмування Python. Вибір мови Python зумовлено тим, що вона має потужні можливості для реалізації графічного інтерфейсу користувача і математичних розрахунків. Використання бібліотеки Python Tkinter дозволило реалізувати інтерфейс користувача, який забезпечує зручний доступ для всіх можливостей програми. Також дуже важливим є той факт, що Python є безкоштовним програмним забезпеченням.

Розроблена комп'ютерна програма має наступні можливості: візуалізація схеми балки на основі даних, введених користувачем, визначення опорних реакцій балки, побудова епюр поперечних сил Q та згинальних моментів M , вибір мінімального номеру профілю, який задовольняє умовам міцності за нормальними, дотичними на еквівалентними напруженнями, побудова безпечного факторного простору в координатах Q і M .

В якості ілюстрації роботи програми розглянемо рішення наступної задачі.

Задача. Для двохопорної балки (Рис. 1) визначити опорні реакції, побудувати епюри поперечних сил і згинальних моментів, визначити з умов міцності потрібний номер профілю, якщо її профіль – двотавр за ДСТУ 8768:2018, $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$.

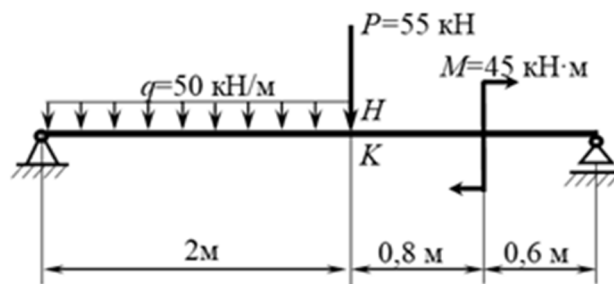


Рис. 1. – Схема навантажень та закріплення балки

Рішення:

- 1) Обираємо пункт меню Початкові дані->Введення даних і вводимо наступні дані: довжину балки, положення лівої опори, положення правої опори, згинальний момент і точку його прикладання, зосереджену силу і точку її прикладання, рівномірне навантаження, його початок і довжину. Натискаємо кнопку зберегти, після цього натискаємо додати мо-

мент, додати силу, додати навантаження. Можна додати будь яку кількість навантажень: моментів, зосереджених сил та рівномірних навантажень. Введені навантаження відображаються у списку. Після натискання на кнопку Побудувати схему будується схема згідно введених користувачем даних (Рис.2).

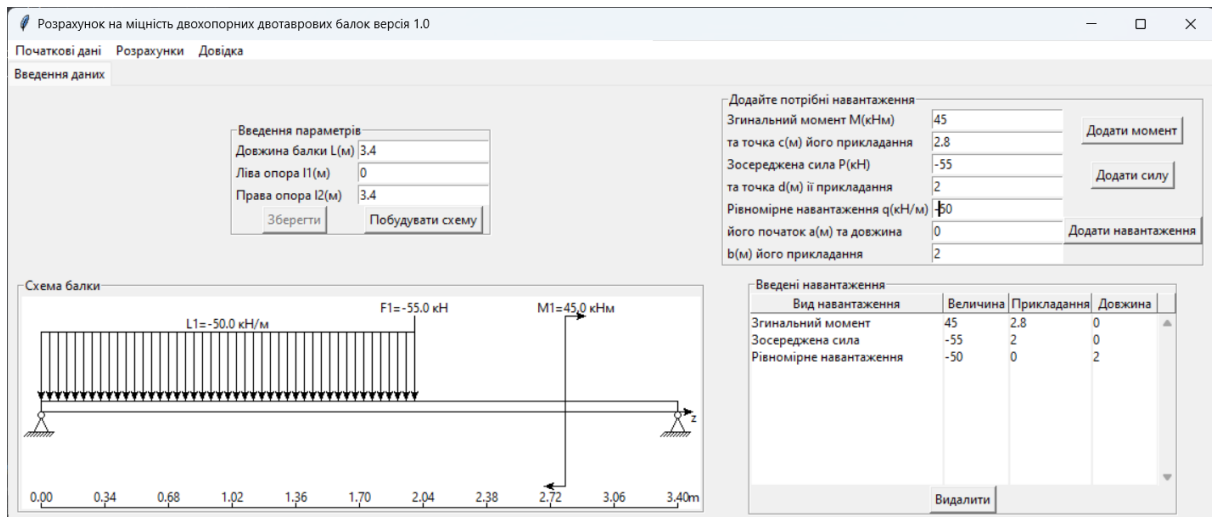


Рис. 2. – Введення початкових даних

- Обираємо пункт меню Розрахунки->Опорні реакції для визначення опорних реакцій. В результаті з'явиться діалогове вікно з визначеними опорними реакціями(Рис.3).

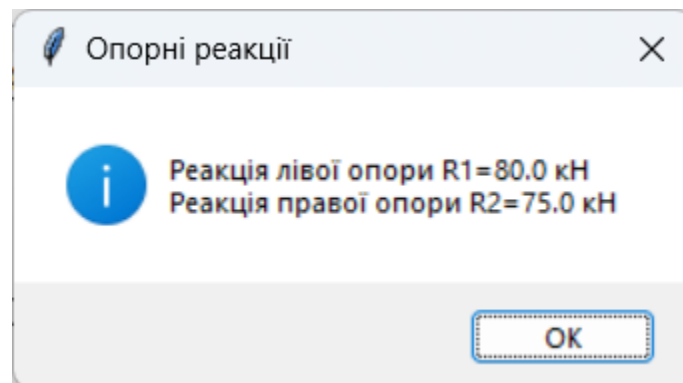


Рис. 3. – Визначення опорних реакцій

- Обираємо пункт меню Розрахунки->Епюри для побудови епюр поперечних сил та згинальних моментів. Результат розрахунків показаний на Рис.4.

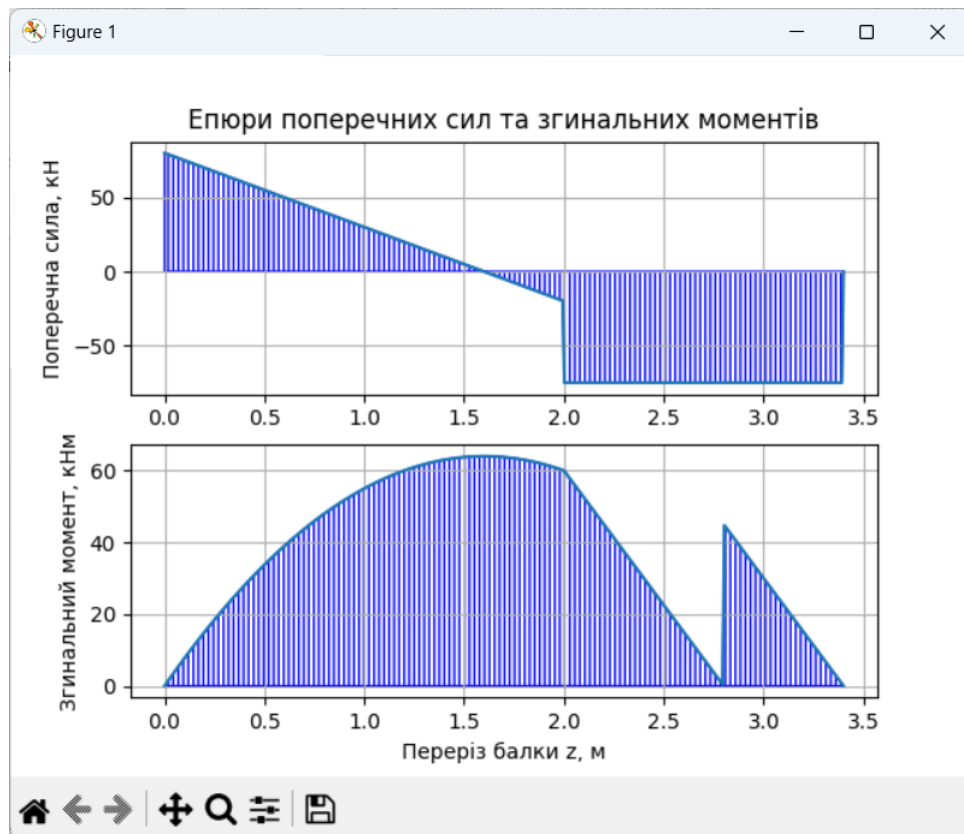


Рис. 4. – Епюри поперечних сил та згинальних моментів

- 4) Обираємо пункт меню Розрахунки->Номер профілю для розрахунку мінімального номеру двотавру, який задовольняє умові міцності за нормальними, дотичними та еквівалентними напруженнями (Рис.5).

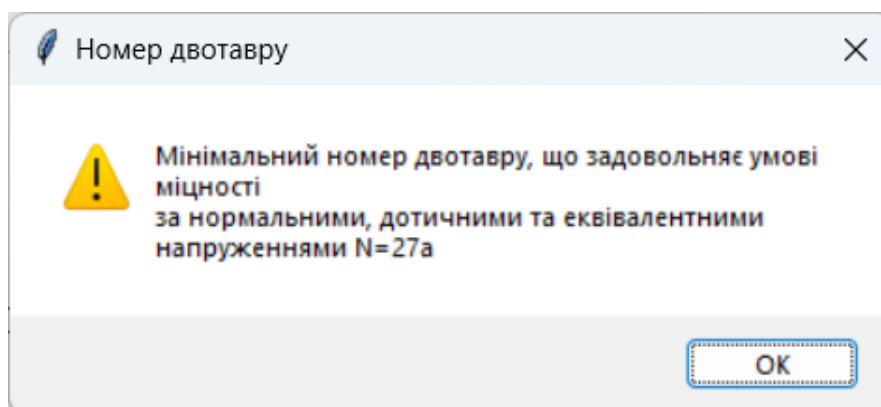


Рис. 5. – Визначення номеру двотавру

- 5) Обираємо пункт Розрахунки->Безпечний факторний простір для побудови безпечного факторного простору профіля, який задовольняє умові міцності за нормальними, дотичними та еквівалентними напруженнями (Рис.6). Точками на Рис.6 показані координати (Q,M) у перерізах ба-

лки. Згідно зі спрощеною методикою розрахунку на міцність, якщо всі точки з координатами (Q, M) у перерізах балки не виходять за межі безпечного факторного простору, то обраний профіль задовольняє умові міцності за нормальними, дотичними та еквівалентними напруженнями.

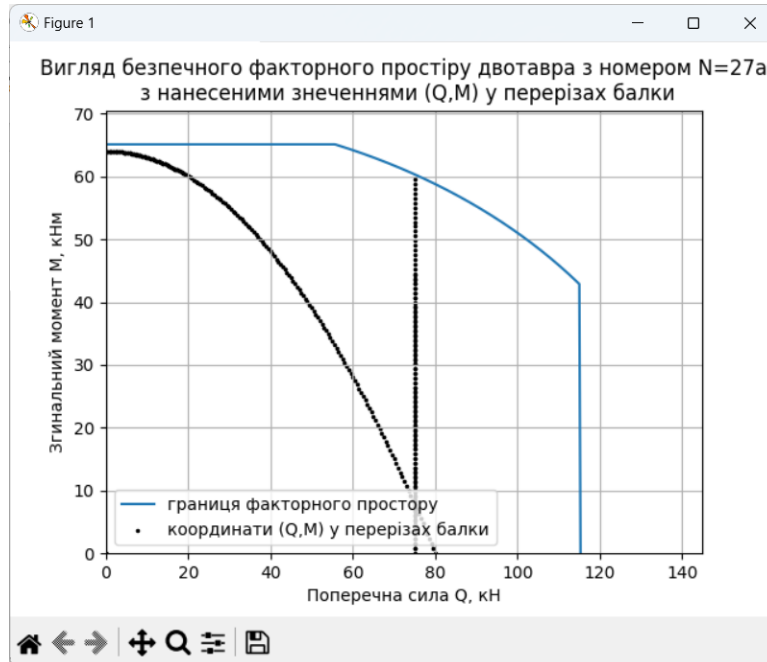


Рис. 6. – Безпечний факторний простір

- б) Обираємо пункт Розрахунки->Порівняння з попереднім номером профілю для того, щоб переконатися, що обраний профіль є мінімальним, який задовольняє умовам міцності за нормальними, дотичними та еквівалентними напруженнями (Рис.7). З Рис.7 видно, що для попереднього номеру двотавру згідно ДСТУ 8768:2018 існують такі перерізи балки, в яких координати поперечних сил та згинальних моментів (Q, M) виходять за межі безпечного факторного простору. Це свідчить про те, що знайдений номер двотавру є мінімальним, що забезпечує економію матеріалів.

Висновки. Створено комп'ютерну програму розрахунку на міцність балочних конструкцій за нормальними, дотичними та еквівалентними напруженнями на основі методики використання безпечних факторних просторів, що спрощує і прискорює процес обчислень.

Програма є простою у використанні і має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача.

Розроблений програмний продукт можна рекомендувати фахівцям та студентам для використання в інженерній практиці та для навчання.

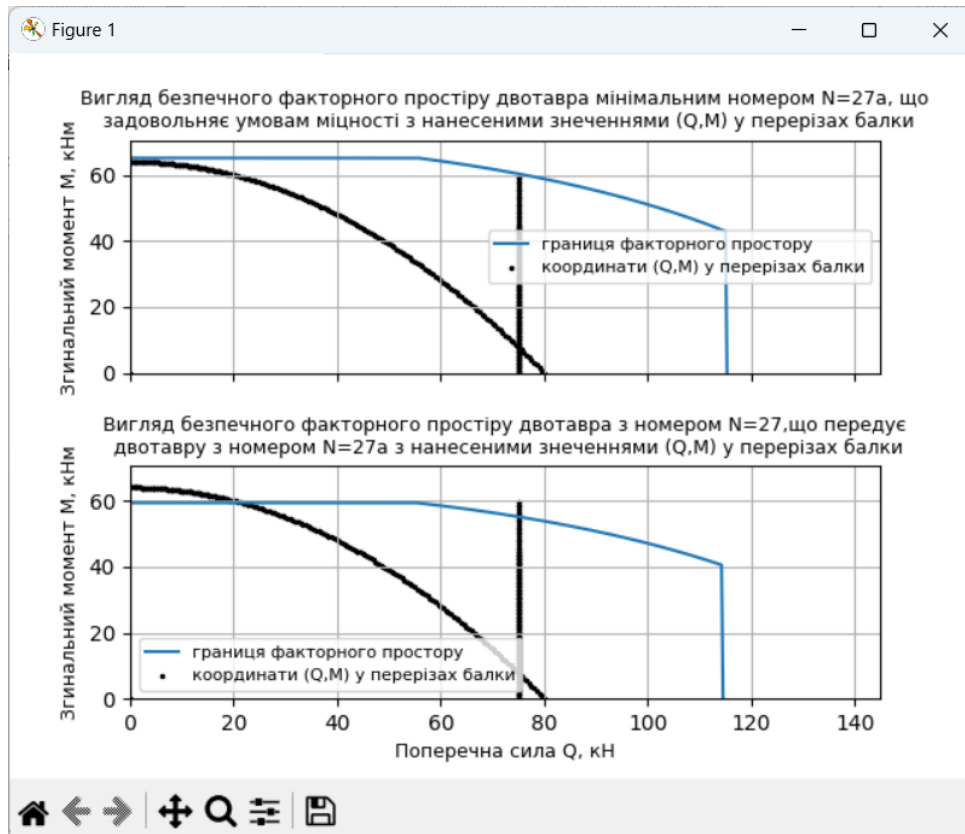


Рис. 7. – Порівняння з попереднім номером двотавру.

ЛІТЕРАТУРА

1. SkyCiv Beam Software | SkyCiv Engineering. SkyCiv Cloud Structural Analysis Software | Cloud Structural Analysis Software and Calculators. URL: <https://skyciv.com/structural-software/beam-analysis-software/> (date of access: 15.10.2024).
2. Steel Beam Calculator - Detailed Calculations in Just Minutes. Steel Beam Calculator. URL: <https://www.steelbeamcalculator.com/en-us/> (date of access: 15.05.2024).
3. Beam Calculator. MechaniCalc: Quick & Intuitive Calculations for Mechanical Engineers. URL: <https://mechanicalc.com/calculators/beam-analysis/> (date of access: 15.10.2024).
4. Холодняк Ю. С., Костіков О.А., Чоста Н. В. Опір матеріалів : курс лекцій для студентів усіх механічних спеціальностей денної і заочної прискорених форм навчання. Краматорськ : ДДМА, 2023. 259 с.
5. Холодняк Ю. С., Костіков А. А., Подлесний С. В., Капорович С. В. Про комп'ютерні програми до спрощеної методики комплексної оцінки міцності двотаврових балок. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. 2019. № 3 (47). С. 72–81.
6. Kholodnyak Yu., Kostikov A., Podlesny S. et al. About Computer Programs for Simplified Methodology of Complex Assessment of Strength of Two-beam Beams. Перспективні технології та прилади. 2019. No. 15. P. 99–108. URL: <https://doi.org/10.36910/6775-2313-5352-2019-15-15> (date of access: 15.10.2024).
7. Холодняк Ю. С., Костіков А. А., Подлесний С. В., Капорович С. В. Розвиток комп'ютерних програм спрощеного розрахунку на міцність двотаврових балок. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. 2020. № 1 (48). С. 117–126.