

УДК 624.012.35/46(075.8)

**ПОРІВНЯЛЬНІ РОЗРАХУНКИ СТІЙКОСТІ ОДНОПРОЛІТНИХ МЕТАЛЕВИХ БАЛОК ЗА РІЗНИМИ МЕТОДИКАМИ РОЗРАХУНКУ****І. Д. Кочкар'юв**

здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, 3 курс,  
спеціальність «Будівництво та цивільна інженерія»,  
навчально-науковий інститут будівництва, архітектури та дизайну  
Науковий керівник – к.т.н., доцент В. В. Савицький

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
м. Рівне, Україна*

У статті проведено порівняльні розрахунки стійкості однопролітних металевих балок за різними методиками. Розглянуто визначення навантаження, за якого відбувається втрата стійкості металевих однопролітних балок. Такий розрахунок виконаний за чинними нормами проектування ДБН В.2.6-198:2014, за нормами Eurocode 3 EN 1993-1-1:2005/AC:2009 та СНиП II-23-81\*. Додатково стійкість балок була перевірена на їх просторовій моделі, змодельованій оболонковими скінченими елементами в пружній постановці. Проаналізовано вплив пластичного та стержневого методів на загальну стійкість металевих балок. Найбільше значення навантаження, за якого відбувається втрата стійкості балки, отримали для СНиП II-23-81\*, найменше значення навантаження, при якому відбувається втрата стійкості, отримали при моделюванні оболонковими скінченими елементами в пружній постановці.

**Ключові слова:** стійкість, стержневий метод, пластичний метод, граничний стан, однопролітні металеві балки, норми проектування, САПР.

The article presents comparative calculations of the stability of single-span steel beams using various methodologies. It examines the determination of the load at which stability loss occurs in single-span steel beams. The calculation was carried out according to the current design standards DBN V.2.6-198:2014, as well as the standards Eurocode 3 EN 1993-1-1:2005/AC:2009 and SNiP II-23-81\*. Additionally, the stability of these beams was verified using a spatial model simulated with shell finite elements under an elastic analysis. The influence of the plastic and beam methods on the overall stability of steel beams was analyzed. The highest critical load causing loss of stability was obtained according to SNiP II-23-81\*, while the lowest was found through modeling with shell finite elements under elastic analysis.

**Keywords:** stability, beam method, plastic method, limit state, single-span steel beams, design standards, SAPR.

На сьогодні розрахунок металевих конструкцій, одночасно з використанням чинних нормативних документів, зокрема ДБН В.2.6-198:2014 [1], може бути виконаний за нормами Eurocode 3 EN 1993-1-1:2005/AC:2009 [2]. При цьому переважна більшість конструкцій запроєктована за нормами СНиП II-23-81\* [3]. Варто відзначити, що в питаннях розрахунку на міцність використовуються схожі підходи [4; 6; 7], тому результати розрахунку на міцність доволі близькі. Щодо розрахунку на стійкість згинальних металевих елементів, такого сказати не можна. Цей розрахунок суттєво впливає як на підбір остаточного поперечного перерізу, так і на його розкріплення з площини, що безперечно впливає на

остаточну вартість металевих конструкцій. Отже, питання порівняння результатів розрахунків на стійкість за різними методиками є доволі актуальними.

**Мета статті** полягає у виконанні порівняльних розрахунків стійкості згинальних однопролітних металевих балок за ДБН В.2.6-198:2014 [1], Eurocode 3 (EN 1993-1-1:2005/AC:2009) [2] та СНиП II-23-81\* [3], визначенні навантаження, при якому настає втрата стійкості, та проведенні оцінки впливу стержневого і пластичного методів (скінченні елементи, пружна постановка) моделювання на значення критичного навантаження.

**Для проведення порівняльних розрахунків** розглянемо однопролітну металеву балку двотаврового поперечного перерізу (рис. 1) прольотом 6 м з однієї сторони шарнірно рухомою опорою та шарнірно нерухомою опорою з іншої. Переріз балки прийнятий у вигляді зварного двотавра (рис. 2), з розміром поясу  $20\text{ см} \times 1\text{ см}$  та розміром стінки  $30\text{ см} \times 0.8\text{ см}$ . Балка виготовлена із сталі С245 та має наступні жорсткісні характеристики:

$EI_x$  – жорсткість елемента на осьовий стиск (розтяг) =  $1.3184 \times 10^6$  кН;

$EI_y$  – жорсткість елемента на згин навколо осі  $Y_1$  =  $23511.5$  кН\*м<sup>2</sup>;

$EI_z$  – жорсткість елемента на згин навколо осі  $Z_1$  =  $2749.44$  кН\*м<sup>2</sup>;

$GI_k$  – жорсткість елемента на кручення навколо осі  $X_1$  =  $14.0556$  кН\*м<sup>2</sup>;

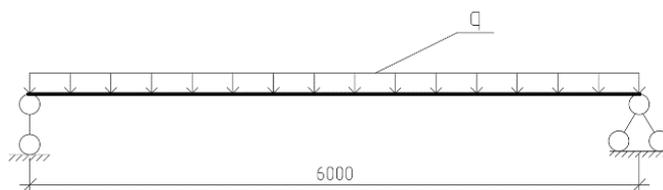


Рис. 1. Розрахункова плоска модель металевої балки з прикладеним рівномірно розподіленим навантаженням

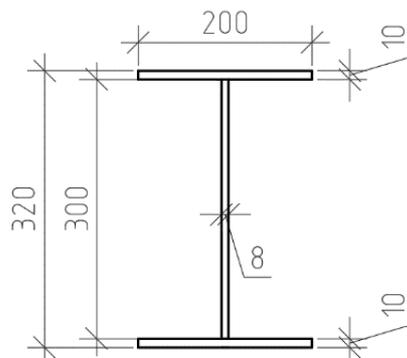


Рис. 2. Склад перерізу балки

На балку рівномірне розподілене навантаження “q” прикладається на верхній пояс балки. Розкріплення балки прийняті на опорах. Розрахунок виконано за допомогою програмного комплексу ЛІРА-САПР 2024 методом скінчених елементів. При розрахунку за нормативними методиками використано стержневі елементи типу 2 (СЕ плоскої рами). Розрахунок виконано ітераційним методом, шляхом підбору рівномірно розподіленого навантаження, яке відповідає коефіцієнту використання 100%.

Також для порівняння змодельовано просторову схему, що виконана із пластинчастих скінчених елементів типу 41 (універсальний прямокутний СЕ). Оболонкові елементи змодельовано по серединним площинам полицки і стінки двотавра (рис. 3, рис. 4). Розрахунок проведено з врахуванням моментів за першою формою витрат стійкості.

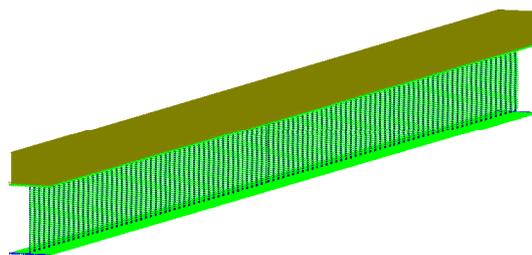


Рис. 3. Розрахункова модель з прикладеною силою балки побудована за допомогою оболонкових елементів у ПК ЛІРА-САПР 24

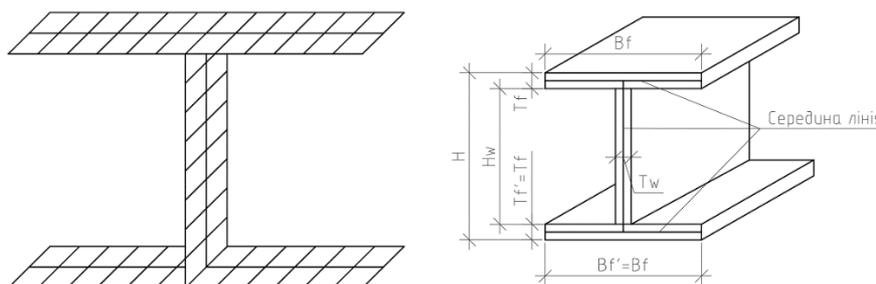


Рис. 4. Оболонкові елементи змодельовані по серединним площинам полицки і стінки двотавра

Навантаження, що відповідає втраті стійкості балки, за нормативним документом ДБН В.2.6-198:2014 [1] склало 28,7 кН. При такому навантаженні коефіцієнт використання досліджуваної балки склав 100% за 1 граничним станом.

Аналогічний показник за нормативним документом Eurocode 3 EN 1993-1-1:2005/АС:2009 [2] становить 17,9 кН.

За нормативним документом СНиП II-23-81\* [3] навантаження, що відповідає втраті стійкості балки, склало 37,3 кН. При такому навантаженні коефіцієнту використання досліджуваної балки склав 100% за 1 граничним станом. Найменше навантаження, що відповідає втраті стійкості однопролітної металевої балки відповідає типу розрахунку, коли елемент змодельовано скінченими елементами у вигляді пластин (СЕ 41), (див. таблиця). Це пояснюється тим, що розрахунок таких елементів виконано пружній постановці, без допущення розвитку пластичних деформацій. Основною перевагою цього методу є можливість виконувати розрахунок пошкоджених металевих елементів.

Таблиця

Порівняння навантаження відповідно до різних нормативних документів

| № | Тип розрахунку                      | Навантаження, що відповідає втраті стійкості (кН, (кН/м <sup>2</sup> )) | q <sub>пл</sub> /q*100% |
|---|-------------------------------------|---|-------------------------|
| 1 | ДБН В.2.6-198:2014                  | 28,7  | 183                     |
| 2 | Eurocode 3 EN 1993-1-1:2005/АС:2009 | 17,9  | 114                     |
| 3 | СНиП II-23-81*                      | 37,3  | 239                     |
| 4 | Оболонкова проектна модель          | 15,6(78)  | 100                     |

Найбільше навантаження відповідає СНиП II-23-81\* [3]. Різниця між СНиП II-23-81\* [3] та чинними нормами проектування складає 1,3%. Це варто взяти до уваги при реконструкції існуючих об'єктів, які були запроектовані за СНиП II-23-81\* [3]. Такі об'єкти будуть потребувати або збільшення поперечного перерізу, або влаштування додаткових розкріплень з площини. Це стосується елементів, які можуть втрачати стійкість. Також зауважимо, що норми Eurocode 3 EN 1993-1-1:2005/AC:2009 [2] є найбільш консервативними, тому при переході на цей нормативний елемент також необхідно буде проводити певні посилення.

**Проведені розрахунки** стійкості балки, завантаженої рівномірно розподіленим навантаженням за різними нормативними документами, дозволяють зробити наступні висновки:

- необхідно здійснювати посилення балок, які можуть втратити стійкість та були запроектовані за СНиП II-23-81\* [3] при переході на нові нормативні документи [1];
- усі нормативні методики допускають пружно-пластичну роботу при розрахунку балок на стійкість, але найбільш консервативним є розрахунок за нормами Eurocode 3 EN 1993-1-1:2005/AC:2009 [2].

1. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. URL: [https://dbn.co.ua/dbn\\_v\\_2\\_6\\_198\\_2014\\_stalevi\\_konstrukciji](https://dbn.co.ua/dbn_v_2_6_198_2014_stalevi_konstrukciji) (дата звернення: 10.11.2025). 2. EN 1993-1-1 (2005) (English): Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]. 3. СНиП II-23-81.\* СТАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/snip/4-1-0-18> (дата звернення: 10.11.2025). 4. Клименко Ф. С., Барабаш В. М. Металеві конструкції: підручник для вузів. Львів: Світ, 1994. 277 с. 5. Simões da Silva L., Tankova T. & Rebelo C. Safety Assessment of Eurocode 3 Stability Design Rules for Prismatic Members in Bending and Compression. *Int J Steel Struct* 20. 2020. P. 343–354. <https://doi.org/10.1007/s13296-019-00285-5> (дата звернення: 17.11.2025). 6. Клименко Ф. С., Барабаш В. М., Стороженко Л. І. Металеві конструкції. URL: [https://dbn.co.ua/load/book/klimenko\\_fe\\_barabash\\_vm\\_storozhenko\\_li\\_metalevi\\_konstrukciji/16-1-0-332](https://dbn.co.ua/load/book/klimenko_fe_barabash_vm_storozhenko_li_metalevi_konstrukciji/16-1-0-332) (дата звернення: 17.11.2025). 7. Перельмутер А. В., Юрченко В. В. Вибрані проблеми розрахунку та оптимального проектування сталевих конструкцій із холодногнутих профілів. Київ: Каравела, 2022. 205 с.