

**ТЕОРЕТИКО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ
ДІЙСНОЇ РОБОТИ СТИСНУТО-ЗІГНУТИХ БІСТАЛЕВИХ
СТЕРЖНІВ ЗА МЕЖЕЮ ПРУЖНОСТІ.**

І.І. Хилько

Одним із шляхів зниження матеріаломісткості конструкцій та підвищення їх ефективності є подальше удосконалення норм проектування за рахунок використання прогресивних методів розрахунку, що підвищують надійність, міцність та економічність. Важливе місце при цьому має поліпшення методів розрахунку бісталевиx конструкцій за граничними станами та розробка практичних методик, які можна було б рекомендувати для застосування при проектуванні металевих конструкцій.

Для реалізації поставленої задачі використовували деформаційний критерій міцності – обмеження інтенсивності пластичної деформації граничною величиною $\epsilon_{ip,lim} = 0,002$ [1] та основні допущення в області обмежених пластичних деформацій:

- ідеалізовану діаграму Прандтля;
- гіпотезу плоских перерізів;
- деформаційну теорію пластичності.

Було розроблено відповідну методику, на основі якої побудовано алгоритм розрахунку міцності та жорсткості бісталевиx стержнів при згині з поздовжньою силою з врахуванням деформованої схеми в області обмежених пластичних деформацій [2]. Даний алгоритм було реалізовано у вигляді програми на ПЕОМ на мові TURBO СІ.

В результаті проведеного дослідження та аналізу одержаних даних було одержано ряд апроксимуючих аналітичних залежностей.

1. Залежність розміщення відносної точки в якій досягнуто максимальний прогин стержня $X_{max} = \frac{X_m}{l}$ (X_m – відстань від лівого кінця стержня до точки з максимальним прогином стержня, l – довжина стержня (рис.1)) від наступних параметрів :

$X = \frac{X_p}{l}$ - відносної точки прикладання поперечної сили (X_p – відстань від лівого кінця стержня до точки прикладення поперечної сили);

$Y = \frac{N}{N_{lim}}$ - відносної величини поздовжньої сили ;

$Z = \frac{l}{l_0}$ - відносної довжини стержня ($l_0 = 6\text{м}$), тобто залежність виду

$$X_{max} = F(X, Y, Z).$$

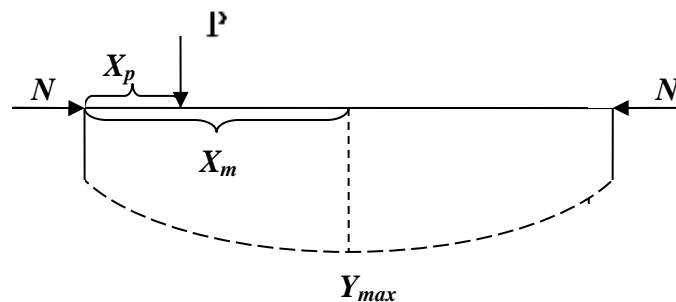


Рис.1

На основі одержаних даних, використовуючи метод найменших квадратів було одержано наступну аналітичну залежність

$$X_{max} = 0,4368 + 0,8208 X^2 - 0,0346 Y^2 - 0,2722 X + 0,0326 XY - 0,0008 YZ,$$

яка найбільш точно відповідає даним розрахунків. При цьому максимальне відхилення наближеного значення \bar{X}_{max} від точного X_{max} не перевищує 7%.

2. Залежність корегуючого коефіцієнта $k = \frac{Y_{plast}}{Y_{ypr}}$ (Y_{plast} –

максимальний прогин в точці за умови досягнення пластичної деформації $\epsilon_{ip,lim} = 0,002$, Y_{ypr} – максимальний прогин в точці за умови необмежено пружної роботи стержня) від тих же параметрів X, Y та Z , що і раніше, тобто залежність виду

$$k = F(X; Y; Z).$$

В процесі відповідної статистичної обробки числових даних було одержано,

$$k = 1,0774 + 0,0013 \frac{1}{X^2} + 0,4332 Y^2 + 0,0058 \frac{1}{X} + 0,1620 Y + 0,0089 Z - 0,1574 YZ$$

що найбільш точно

описує дану залежність наступна модель

для якої відхилення наближеного значення від точного значення не перевищує 10%.

Для підтверження правильності одержаних теоретичних результатів було проведено експериментальні дослідження дійсної роботи стиснуто-зігнутих бісталевих стержнів в області обмежених пластичних деформацій. Експериментальні дослідження бісталевих стержнів двотаврового перерізу виконувалися в лабораторії МДАА на установці "ИССС-1", конструкція якої визнана винаходом [3]. Дана установка дає можливість дослідити дійсну роботу симетричних та асиметричних стержнів, що працюють при згині, а також при одноосному згині з поздовжньою силою.

В процесі експерименту деформації в моделях вимірювалися тензорезисторами з опором близько 200 Ом, які наклеювались по контуру найбільш навантаженого перерізу, а по краям нижньої та верхньої полок

деформації контролювалися механічними тензометрами. Величини навантажень та реакції опор вимірювалися кільцевими динамометрами, а величини прогинів стержня визначалися за допомогою прогиномірів ПМ-3 системи Максимова.

Для проведення експерименту було виготовлено 12 моделей бісталевих конструкцій симетричного та асиметричного перерізу. Моделі були виготовлені у вигляді двотаврів довжиною 1 м з симетричними перерізами (верхній і нижній пояс – 50x4 мм, стінка – 50x2 мм) та асиметричними перерізами (верхній пояс – 50x4 мм, нижній пояс – 25x4 мм, стінка – 50x2 мм). Розрахункові опори сталі $R_w = 2400$ кгс/см², $R_F = 3400$ кгс/см² - визначалися випробуванням стандартних зразків і приймалися рівними границі текучості.

Стійкість моделей та елементів була забезпечена у відповідності з вимогами БНП II -23-81 .

Перед проведенням експерименту для кожної моделі проводився розрахунок згідно відповідної програми на ПЕОМ. Результатом якого були теоретичні значення згинаючих моментів, величини поперечних навантажень та величини прогинів по всій довжині стержня при заданих геометричних розмірах стержня, заданій величині продольної сили при умові досягнення граничної величини пластичної деформації $\epsilon_{ip,lim} = 0,002$

Було проведено 4 серії випробувань бісталевих балок по 3 балки в кожній серії:

серія 1 – одноосний згин балок симетричного перерізу;

серія 2 – одноосний згин з поздовжньою силою балок симетричного перерізу;

серія 3 – одноосний згин балок асиметричного перерізу;

серія 4 – одноосний згин з поздовжньою силою балок асиметричного перерізу.

Навантаження проводились 5 етапами за розробленою методикою навантаження згідно таблиці 1.

При цьому при дослідженні на одноосний згин з поздовжньою силою навантаження проводилося таким чином, що поздовжня сила і згинальні моменти зростали пропорційно, тобто $\frac{N}{M_x}$ на кожному етапі залишалися незмінними, що контролювалося показниками динамометрів.

Таблиця 1

Етапи	1	2	3	4	5
Серія 1					
Моменти (кн·м)	13.0	26.0	29.6	33.4	36.9
Серія 2					
Моменти (кн·м)	7.8	15.6	19.5	23.3	27.1
Серія 3					
Моменти (кн·м)	7.4	14.8	17.2	19.5	21.9
Серія 4					
Моменти (кн·м)	4.5	9.0	14.6	20.2	25.9

Опрацювання результатів експериментального дослідження дало можливість на кожному етапі навантаження будувати ряд графіків: залежність деформації в найбільш напруженому перерізі стержня від величини згинаючих моментів, епюри згинаючих моментів в стержні, залежність прогинів стержня від величини згинаючих моментів.

В пружній області теоретичні та експериментальні деформації майже співпадають, а за межами пружності експериментальні лінії деформацій проходять вище теоретичних, тобто переріз стержня має деякий запас міцності.

Аналіз теоретичних M_{lim} та експериментальних M_{lim}^d граничних згинаючих моментів, в момент досягнення в найбільш напруженому перерізі стержня заданого обмеження величини пластичної деформації $\epsilon_{ip,lim}$ показало наявність в перерізі стержня запас міцності до 9 % .

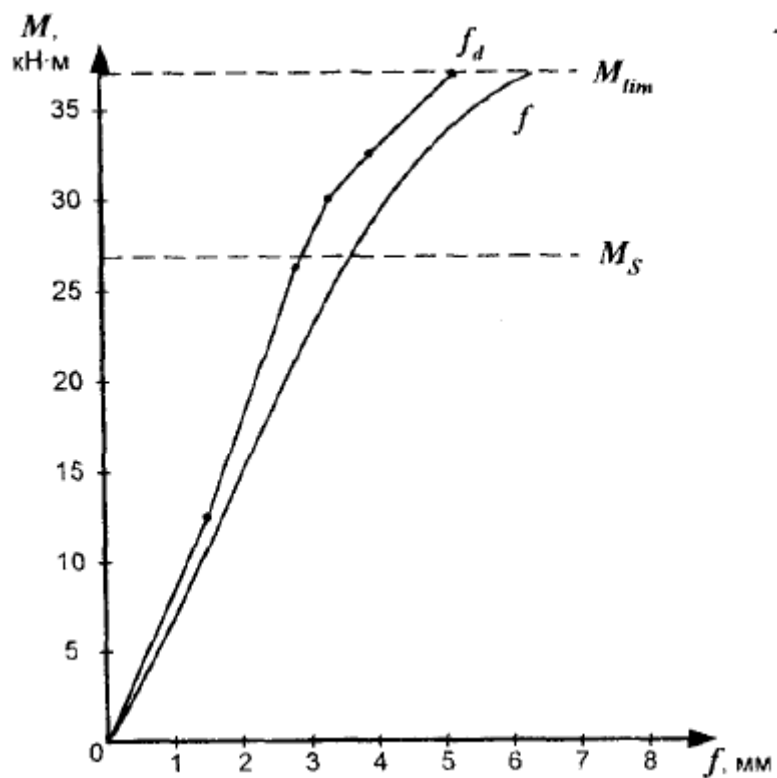


Рис. 2. Дослідні прогини стержня при одноосному згині.

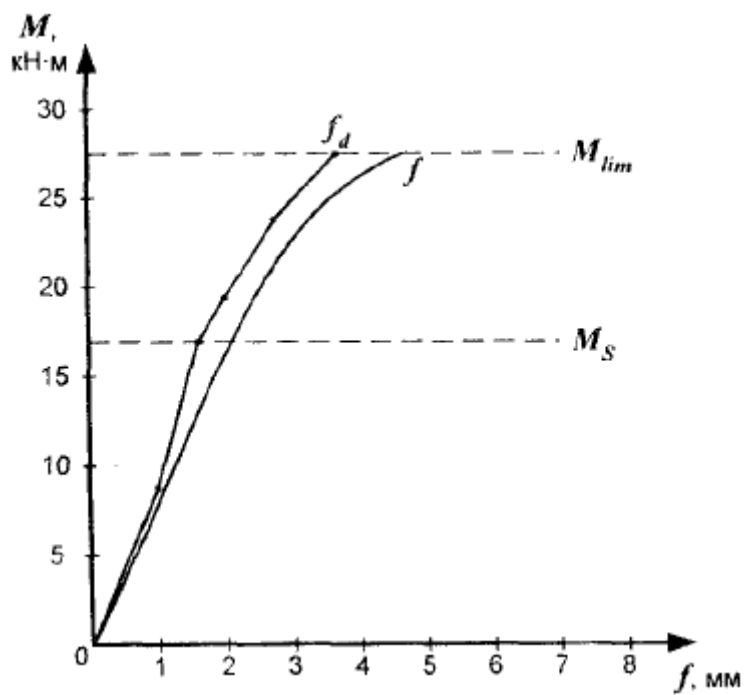


Рис. 3. Дослідні прогини стержня при одноосному згині з
 поздовжньою силою.

На рис.2 показано графічну залежність згинаючих моментів і прогинів стержнів симетричного перерізу при одноосному згині, а на рис.3 - графічну залежність згинаючих моментів і прогинів стержнів симетричного перерізу при одноосному згині з поздовжньою силою. Приняті позначення : f - теоретична крива прогинів; f^d - дослідна крива прогинів; M_s - максимальний момент в межах пружності ; M_{lim} - розрахунковий граничний згинаючий момент в області обмежених пластичних деформацій.

Одержані в процесі експерименту значення прогинів менші теоретичних, це видно з того, що експериментальна крива прогинів розміщена вище теоретичної кривої прогинів. Отже, експериментальна модель має не тільки запас міцності, а й запас жорсткості .

Характер експериментальних графіків деформацій і прогинів аналогічний як для симетричних так і для асиметричних перерізів.

Таким чином, експериментальні дослідження не тільки підтвердили теоретичні результати, а й показали наявний запас міцності та жорсткості.

Література

1. Чернов Н.Л., Стрелецкий Н.Н., Любаров Б.И. Расчеты стальных конструкций на прочность по критерию ограниченных пластических деформаций. // Известия вузов. Строительство и архитектура, 1984, №7, С.1-9.
2. Шибанін В.С., Хилько І.І. Міцність бісталевих стержнів при згині з поздовжньою силою з врахуванням деформованої схеми в області обмежених пластичних деформацій. // Вісник аграрної науки Причорномор'я 1998, вип.2, с.123-128.
3. Богза В.Г., Чернов Н.Л., Шибанін В.С., Веремеенко Н.А. Установка для испытаний. – А.С. № 1146572, БН № 11, 1985.