

УДК 624.072.014

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ БІСТАЛЕВИХ СТЕРЖНІВ СИМЕТРИЧНОГО ПЕРЕРІЗУ ЗА МЕЖЕЮ ПРУЖНОСТІ

*Л.П.Шебаніна, кандидат технічних наук, доцент*

*Миколаївський державний університет імені В.О. Сухомлинського*

*І.І.Хилько, старший викладач*

*Миколаївський державний аграрний університет*

*В статті надано результати експериментального дослідження роботи бісталевих стержнів симетричного перерізу за межею пружності, які підтвердили теоретичні дослідження і показали запас міцності до 15%.*

*В статье приведены результаты экспериментального исследования работы бистальных стержней симметрического сечения за пределом упругости, которые подтвердили теоретические исследования и показали запас прочности до 15%.*

**Постановка проблеми.** Теоретичні дослідження несучої здатності моно- та бісталевих стержнів в області обмежених пластичних деформацій з врахуванням виконання умов першого та другого граничних станів [1,2,3,4] ґрунтуються на значній кількості різних гіпотез та спрощень. При цьому деякі фактори не враховувалися в припущенні незначного їх впливу на кінцеві результати. Саме тому, для перевірки результатів теоретичних досліджень несучої здатності стиснуто(розтягнуто)- зігнутих моно- та бісталевих стержнів в області обмежених пластичних деформацій з врахуванням виконання умов першого та другого граничних станів, а також для одержання достовірних даних, які можна було б рекомендувати для практичного використання при розрахунку реальних стержнів за методикою, що пропонується необхідна експериментальна перевірка дійсної роботи моно- та бісталевих стержнів на поздовжньо-поперечний згин при різних рівнях навантаження.

**Мета та задачі досліджень.** У зв'язку з цим перед експериментальними дослідженнями було поставлено наступні задачі:

1. Підготовка до експерименту установки, яка дозволяє проводити випробування на стиск(розтяг) з поперечним згином.
2. Конструювання, розрахунок та виготовлення різних моделей моно- та бісталевих стержнів.
3. Розробка методики навантаження зразків і вимірювання необхідних даних.
4. Уточнення методики обробки даних результатів випробувань.

При проведенні випробувань необхідно було отримати наступні характеристики:

1. Величини пластичних деформацій у найбільш напружених волокнах зразків і ступень їх зростання при збільшенні навантаження.
2. Розподіл деформацій в найбільш напружених перерізах стержнів.
3. Величини пружно-пластичних переміщень стержнів, які досліджуються.

**Методика проведення експериментальних досліджень.** У відповідності з цілями, які було поставлено перед експериментальним дослідженням, на ПЕОМ, по програмі, розробленій у відповідності з алгоритмом розрахунку несучої здатності моно- та бісталевих стержнів в області обмежених пластичних деформацій з врахуванням умов першого та другого граничних станів, були розраховані, спроектовані та виготовлені наступні серії моделей стержнів довжиною 1000 мм:

1. Моносталеві зварні стержні симетричного двотаврового перерізу для випробувань на чистий згин без поздовжньої сили - серія МС.
2. Бісталеві зварні стержні симетричного двотаврового перерізу для випробувань на чистий згин без поздовжньої сили - серія БС.

Після обробки результатів експериментального дослідження, одержаних на кожному етапі навантаження, будувались наступні графіки:

- а) епюри деформацій в найбільш напруженому перерізі стержня;

б) залежність деформацій по краях полок від поздовжньої та поперечної сил;

в) залежність значень максимальних прогинів від прикладених поздовжніх та поперечних сил.

Дослідження виконувалося в лабораторії МДАУ на установці "ИССС - 1", конструкція якої визнана винаходом [5]. Для проведення експерименту було виготовлено 6 моделей бісталевих стержнів у вигляді двотаврів довжиною 1 м з симетричними перерізами (верхня і нижня полка – 50x4 мм, стінка – 50x2 мм). Розрахункові опори сталі  $R_w = 2400$  кгс/см<sup>2</sup>,  $R_F = 3400$  кгс/см<sup>2</sup> - визначалися випробуванням стандартних зразків і приймалися рівними границі текучості. Стійкість моделей та елементів була забезпечена у відповідності з вимогами БНП II-23-81. Було досліджено по 3 моделі в 2 серіях випробувань.

Навантаження поперечними та поздовжніми силами, а також розрахунок їх величин на всіх 7-ти етапах навантаження проводився за методикою аналогічною, як і у випадку випробування моносталевих стержнів, тобто таким чином, щоб поздовжня сила і згинальні моменти зростали пропорційно, тобто  $\frac{N}{M_x}$  на кожному етапі не змінювалися, що контролювалося показниками динамометрів.

Перед дослідженням для кожної моделі проводився необхідний розрахунок згідно відповідної програми на ПЕОМ, для одержання теоретичних значень згинаючих моментів, величини поперечних навантажень та величини прогинів по всій довжині стержня при заданих геометричних розмірах стержня, заданої величини поздовжньої сили при умові досягнення граничної величини пластичної деформації.  $\varepsilon_{ip,lim} = 0,002$ .

В таблиці приведена схема навантаження для найбільш характерного випадку при випробуванні бісталевих стержнів: симетричного перерізу при одноосному згині.

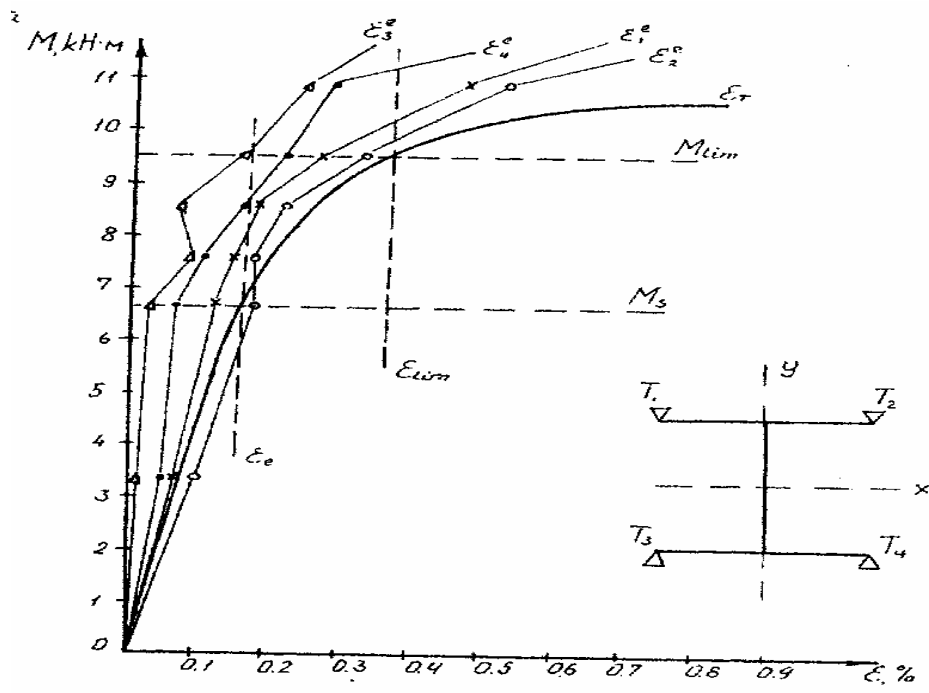


Рис. 1. Експериментальні деформації при одноосному згині бісталевого стержня симетричного перерізу.

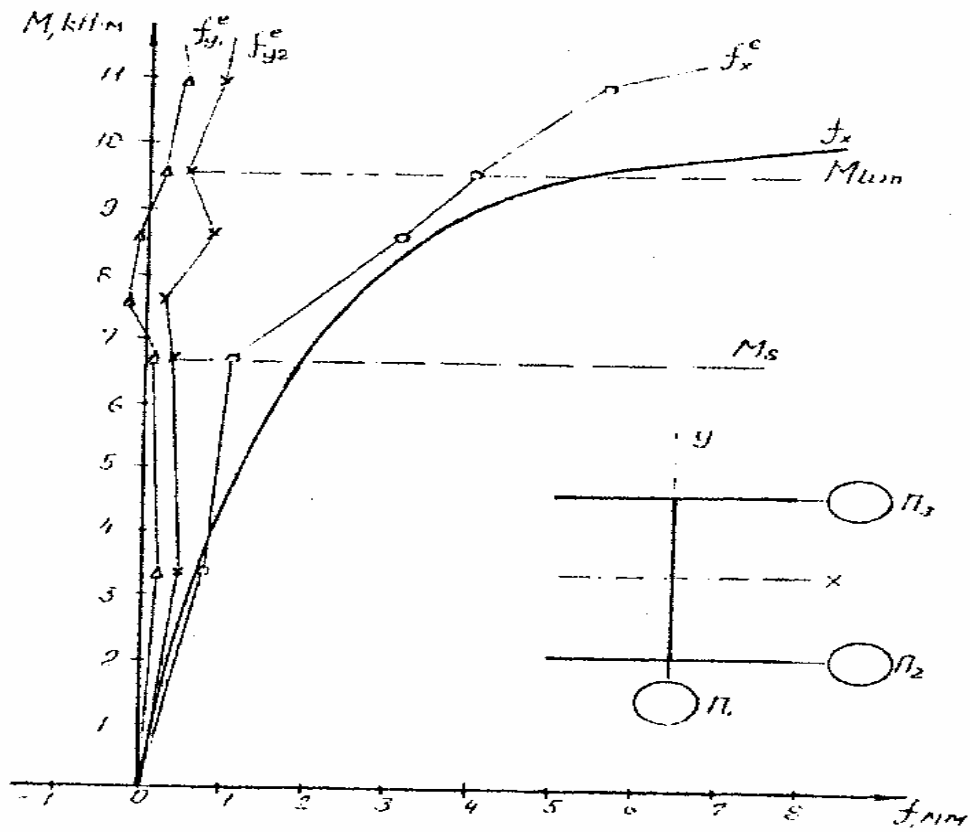


Рис. 2. Експериментальні прогини при одноосному згині бісталевого стержня симетричного перерізу.

## Таблиця

### Значення поперечної сили на етапах навантаження бісталевої симетричної балки при випробуванні на чистий згин без поздовжньої сили

Етапи	I	II	III	IV	V	VI	VII
Показники							
$M_i, kH \cdot m$	3.34	6.68	7.61	8.55	9.48	10.9	11.85
$P_i, kH$	13.36	26.72	30.4	34.2	37.9	40.8	47.4
$P_i, kH$	10.20	20.10	22.8	25.7	28.4	32.7	35.6

При подальшому розгляді обмежимося результатами та графіками теоретичних і експериментальних залежностей і прогинів від величини згинальних моментів стержнів, які запропоновані у таблиці, оскільки результати і графіки випробувань інших стержнів аналогічні.

Як видно експериментальні епюри деформацій при одноосному згині та згині з поздовжньою силою бісталевих стержнів симетричного двотаврового перерізу аналогічні відповідним епюрам для моносталевих стержнів. Аналогічно, як і у випадку моносталевих стержнів закон плоских перерізів виконується в достатній мірі.

На рис.1 і рис.2 приведені графічні залежності деформацій від величини згинального моменту та графічні залежності прогинів в найбільш напруженому перерізі від величини згинального моменту при випробуванні бісталевого стержня серії БС/2 симетричного двотаврового перерізу на чистий згин без поздовжньої сили.

Як видно з графіків, експериментальні значення деформацій і прогинів, аналогічно випробуванню моносталевих стержнів, достатньо повно відповідають характеру їх теоретичних кривих, а експериментальні лінії розміщені значно вище теоретичних. Таким чином, у стержнях наявний запас міцності.

Крім того, при випробуванні бісталевих стержнів виявлений значно більший запас міцності у порівнянні із випробуваннями моносталевих

стержнів. Наприклад, при граничному навантаженні, еквівалентному  $M_{lim}$ , найбільші значення повних деформацій рівні для бісталевих стержнів симетричного перерізу – 0.316%, а експериментальні величини повних деформацій для симетричного перерізу (рис.1) відповідно рівні 0.365%, що на 16% менше граничних значень. Граничні величини згинальних моментів відрізняються в бік запасу міцності на 12.5% для симетричного перерізу. Для бісталевих стержнів це можна пояснити більшою зоною розвитку пластичних деформацій у верхній та нижній частині стінки.

### **Висновки.**

1. Виконані експериментальні дослідження моделей бісталевих стержнів двотаврового симетричного перерізу підтвердили отримані теоретичні результати та передумови, що були покладені в основу розробленого методу розрахунку несучої здатності бісталевих стержнів.

2. Порівняння теоретичних і експериментальних зусиль, деформацій і прогинів показало, що при роботі матеріалу за межею пружності забезпечується необхідний запас міцності.

3. Результати проведених випробувань сталевих та бісталевих стержнів на поздовжньо-поперечний згин підтвердили, що у межах пластичних деформацій 0.1-0.2% закон плоских перерізів зберігається.

4. Отриманий якісний збіг форми та характерних особливостей теоретичних і експериментальних графічних залежностей прогинів і деформацій від величини згинальних моментів. При цьому експериментальні прогини від осі OX і OY та експериментальні деформації в найбільш навантажених перерізах стержнів при одних і тих же значеннях моментів в області обмежених пластичних деформацій залишаються меншими за теоретичні, що свідчить про наявний запас міцності в межах 7...15%.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Шебанин В.С. Прочность изгибаемых стальных стержневых конструкций при учете физической и геометрической нелинейности в области ограниченных пластических деформаций. Докторская диссертация. –Одесса, - 1993.
2. Шебанін В.С., Хилько І.І. Аналітичні залежності розрахунку прогинів стержнів при складному опорі за межею пружності. Українська асоціація по металевим конструкціям. //Металеві конструкції. Том 6, №1 2003. – С.31-33.
3. Шебанін В.С., Хилько І.І. Проблеми міцності металевих конструкцій в області обмежених пластичних деформацій з врахуванням умов першого та другого граничних станів. // Вісник аграрної науки Причорномор'я. Вип. 1(25).- Миколаїв, 2004.
4. Шебанін В.С., Хилько І.І. Методика розрахунку несучої здатності бісталевих стержнів за межею пружності. //Вісник аграрної науки Причорномор'я. Вип. 3(31) - Миколаїв, 2005, с. 162-167.
5. А.с. 1146572 (СССР). Установка для испытания материалов /Авт. Изобрет. Богза В.Г., Чернов Н.Л., Шебанин В.С., Веремеенко Н.А. – Заявл. 30.11.83, № 3672216/25-28. Опубл. В Б.И., 1985, № 11.