

УДК 624.072.014

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

*В.С.Шебанін, доктор технічних наук, професор*

*І.І.Хилько, старший викладач*

*Миколаївський державний аграрний університет*

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

**Постановка проблеми.** Теоретичні дослідження несучої здатності моно- та бісталевих стержнів асиметричного перерізу за межею пружності з врахуванням виконання умов як першого, так і другого граничних станів [1-4] ґрунтуються на використанні ряду гіпотез та спрощень пружно-пластичного розрахунку. За даним розрахунком деякі фактори було не враховано в припущенні незначного їх впливу на кінцеві результати. Саме тому для перевірки одержаних теоретичних результатів дослідження несучої здатності моно- та бісталевих стержнів асиметричного перерізу при складному опорі за межею пружності з врахуванням виконання умов як першого, так і другого граничних станів, а також для одержання достовірних даних, які можна було б рекомендувати для практичного застосування при розрахунку реальних стержнів за розробленою методикою необхідна експериментальна перевірка дійсної роботи моно- та бісталевих стержнів асиметричного перерізу на поздовжньо-поперечний згин при різних рівнях навантаження.

**Мета та завдання досліджень.** У зв'язку з поставленою проблемою перед проведенням експериментальних досліджень було необхідно:

1. Підготувати до експерименту установку, яка дозволяє проводити випробування на стиск (розтяг) з поперечним згином.

2. Спроекувати, розрахувати та виготовити ряд моделей моно- та бісталевих стержнів асиметричного перерізу.

3. Розробити методику навантаження зразків і вимірювання необхідних даних.

4. Уточнити методику оброблення одержаних результатів випробувань.

При проведенні випробувань необхідно було отримати наступні характеристики:

1) величини пластичних деформацій у найбільш напружених волокнах зразків і ступінь 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.** Відповідно до мети, яку було поставлено перед експериментальним дослідженням, на ПЕОМ за програмою, що була розроблена за алгоритмом розрахунку несучої здатності моно- та бісталевих стержнів за межею пружності з врахуванням умов першого та другого граничних станів, було розраховано, спроектовано та виготовлено наступні серії моделей стержнів довжиною **1000** мм:

1) моносталеві зварні стержні асиметричного двотаврового перерізу для випробувань на поперечний згин з поздовжньою силою – серія МА;

2) бісталеві зварні стержні асиметричного двотаврового перерізу для випробувань на поперечний згин з поздовжньою силою – серія БА.

Після опрацювання результатів експериментальних досліджень, що були одержані на кожному етапі навантаження, будувались наступні графічні залежності:

а) епюри деформацій в найбільш напруженому перерізі стержня;

б) залежність деформацій по краях полк 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 асиметричними перерізами (верхня полка 50x4 мм, нижня полка – 25x4 мм, стінка – 50x2 мм). Розрахункові опори сталі  $R_w = 240$  МПа,  $R_f = 340$  МПа – визначалися випробуванням стандартних зразків і приймалися рівними границі текучості. Стійкість моделей та елементів була забезпечена у відповідності з вимогами БНІП II-23-81. Всього було досліджено по 3 моделі в 2 серіях випробувань.

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

Перед початком дослідження кожної з підготовлених моделей проводився необхідний розрахунок згідно з відповідною програмою 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 за умови досягнення граничної величини пластичної деформації.  $\varepsilon_{ip,lim} = 0,002$ .

У таблиці наведено схему навантаження для найбільш характерного випадку при випробуванні бісталевих стержнів асиметричного перерізу при згині з поздовжньою силою.

**Значення поперечної та поздовжньої сил на етапах навантаження бісталевої асиметричної балки при випробуванні на поперечний згин з поздовжньою силою**

Показники	Етапи						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
$M_i, kH \cdot m$	1,66	3,33	4,37	5,41	6,45	7,42	8,06
$P_i, kH$	6,64	13,32	17,48	21,64	25,8	29,68	32,24
$P_i, kH$	4,98	9,99	13,11	16,23	19,35	22,26	24,18
$N_i, kH$	6,38	12,8	16,8	20,8	24,8	28,5	31,0
$M_i / N_i$	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26

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

Як видно, експериментальні епюри деформацій при згині з поздовжньою силою бісталевих стержнів асиметричного 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 наведено графічні залежності деформацій та прогинів стержнів від величини згинального моменту при випробуванні бісталевого стержня серії БА/1 асиметричного двотаврового перерізу на згин з поздовжньою силою.

Як видно з одержаних графіків, дослідні значення деформацій і прогинів, аналогічно випробуванню моносталевих стержнів, достатньо повно відповідають характеру їх теоретичних кривих, а дослідні лінії проходять значно вище теоретичних, що свідчить про наявний запас міцності стержнів.

Крім того, при випробуванні бісталевих стержнів асиметричного перерізу було виявлено значно більший запас міцності порівняно з випробуваннями моносталевих стержнів. Наприклад, при граничному навантаженні, еквівалентному

$M_{lim}$ , найбільші значення повних деформацій рівні для бістале-левих стержнів асиметричного перерізу – **0,316%**, а дослідні величини повних деформацій для асиметричного перерізу (рис.1) відповідно рівні **0,367%**, що на **15,5%** менше граничних значень. Граничні величини згинальних моментів також відрізняються в бік запасу міцності на **11%** для асиметричного перерізу. Одержані результати для бістале-левих стержнів можна пояснити більшою зоною розвитку пластичних деформацій у верхній та нижній частині стінки.

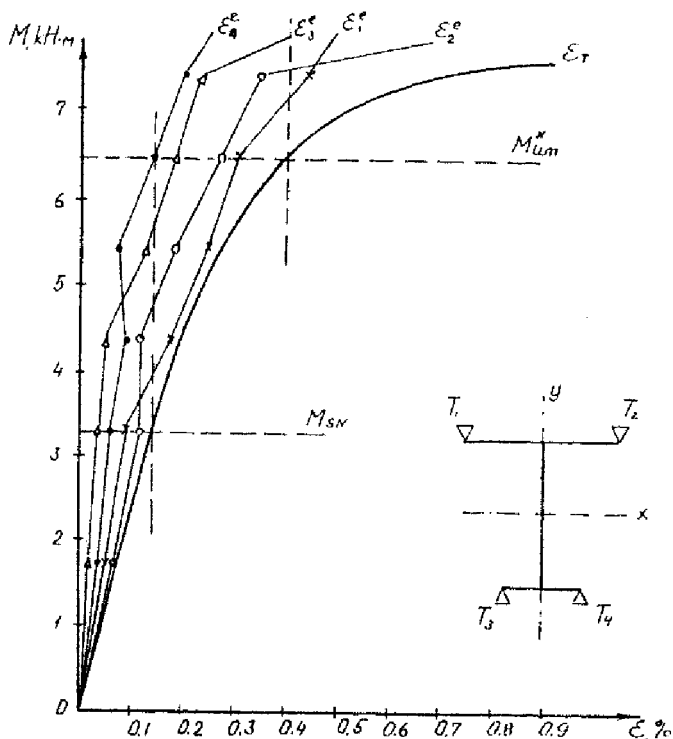


Рис. 1. Експериментальні деформації при згині з поздовжньою силою бісталевого стержня асиметричного перерізу

**Висновки.** Експериментальні дослідження моделей бістале-левих стержнів двотаврового асиметричного перерізу підтвер-

дили отримані теоретичні результати та передумови, що були покладені в основу розробленого методу розрахунку несучої здатності бісталевих стержнів.

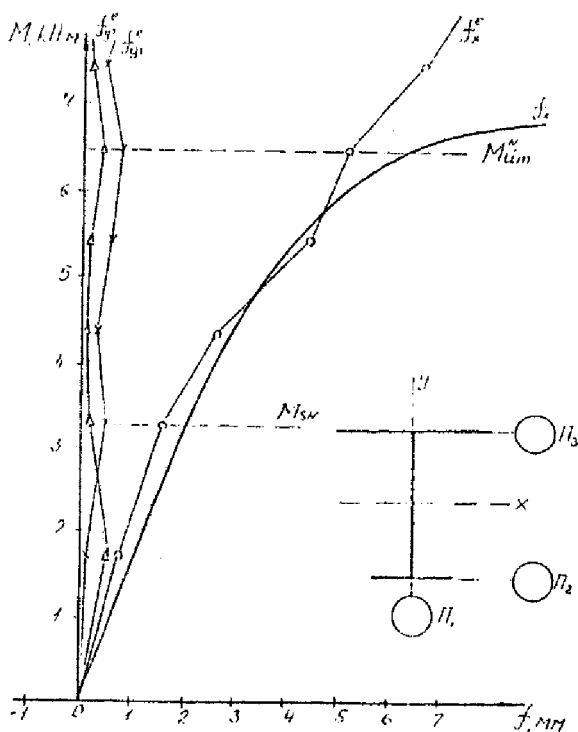


Рис. 2. Експериментальні прогини при згині з поздовжньою силою бісталевого стержня асиметричного перерізу

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

Отримано якісний збіг форми та характерних особливостей теоретичних і дослідних графічних залежностей прогинів

і деформацій від величини згинальних моментів. При цьому дослідні прогини від осі  $OX$  і  $OY$  та деформації в найбільш навантажених перерізах стержнів при одних і тих же значеннях моментів за межею пружності залишаються меншими за теоретичні, що свідчить про наявний запас міцності в межах 7...15%.

Повністю підтвердилось експериментальне збільшення витриманого згинального моменту при значенні позовжньої сили, яка довантажує більшу полицю асиметричного перерізу і при цьому нейтральна вісь проходить через середину перерізу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Шибанин В.С. Прочность изгибаемых стальных стержневых конструкций при учете физической и геометрической нелинейности в области ограниченных пластических деформаций.- Дис...докт. техн. наук: 05.23.01. - Одесса, 1993.

2. Шибанин В.С., Хилько І.І. Аналітичні залежності розрахунку прогинів стержнів при складному опорі за межею пружності. Українська асоціація по металевим конструкціям. //Металеві конструкції. – Т.6. – 2003. – №1. – С.31-33.

3. Шибанин 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. – 2004. – Вип. 1(25). – С. 158-163.

4. Шибанин В.С., Хилько І.І. Методика розрахунку несучої здатності бісталевих стержнів за межею пружності //Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2005. – Вип. 3(31). – С. 162-167.

5. А.с. 1146572 (СССР). Установа для испытания материалов /Авт. Изобрет. Богза В.Г., Чернов Н.Л., Шибанин В.С., Веремеенко Н.А. – № 3672216/25-28; – Заявл. 30.11.83. Опубл. 1985. Бюл. № 11.