конструкций зданий и сооружений для сельского строительства. – М.: Стройиздат, 1967. – С.137-144.

11.Еськов В.С. Исследование работы бетона на срез с обжатием // Материалы I науч.-техн. конф. ЦНИИЭП «Строительные конструкции, здания и сооружения». – Апрелевка, 1970. – С.42-46.

12.Калениченко А.Г., Зорич А.С. О влиянии замены в некоторых железобетонных конструкциях обычного бетона активизированной массой из доменных шлаков // Строительные конструкции: Сб. трудов. Вып.3. – Харьков: ЮЖНИИ, 1959. – С.161-197.

13.Калнайс А.А., Тетерс Г.А., Шкербелис К.К. Исследование прочности и деформативности конструктивного газобетона // Исследования по бетону и железобетону. Вып. IV. – Рига: АН Латвийской ССР, 1959. – С.243-261.

14.Кокер Е., Файлон Л. Оптический метод исследования напряжений. – М.: ОНТИ, 1936. – 643 с.

15.Лукша А.К. Прочность трубобетона. – Минск: Высшая школа, 1977. – 96 с.

16.Митрофанов В.П. Вариационный метод в теории идеальной пластичности бетона // Строительная механика и расчет сооружений. – 1990. – №6. – С.23-28.

17.Петров А.Н. Об интерпретации среза в бетоне // Строительные конструкции. Вып. VI. – К.: Будівельник, 1967. – С. 181-188.

18.Петров А.Н. Сопротивление бетона срезу при наличии нормальных сжимающих напряжений // Сборник науч. трудов. Вып.19. – Днепропетровск, 1962. – С.19-32.

19.Пирадов А.Б. Конструктивные свойства легкого бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1973. – 133 с.

20.Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів. – К.: Вища шк., 1993. – 655 с.

21.Погребной В.В. Прочность бетонных и железобетонных элементов при срезе: Дисс. … канд. техн. наук: 05.23.01 / Полтав. гос. техн. ун-т им. Юрия Кондратюка. – Полтава, 2001. – 236 с.

22.Столяров Я.В. Введение в теорию железобетона. – М. - Л.: Гос. изд-во строит. лит-ры, 1941. – 448 с.

23.Ужахов К.М. Прочность легкого бетона на срез при динамическом нагружении // Новое в технологии, расчете и конструировании железобетонных конструкций. – М.: НИИЖБ, 1987. – С.137-139.

24.Bach. Untersuch under von Cranit in bezugraut Zug, – Druck Bilgunqs und Schubfestigkeit, sowie in Hinsicht aut Zug – Druck, Bilgunqs elastizietät, – zeitschz, des VDI, 9, 1987, BXXXXI. – S.241-252.

25.Bresler B., Pister S. Failure of plain concrete under combined stresses. – New York: Proceeding American society of civil Engineer, 1955. – 647 p.

26.Grassam N.S. Experiments on concrete under combined tending and torsin. – Detroit: Proc. Inst. Of Civil Engineers, 1956. – 65 p.

*Отримано 04.11.2009*

УДК 624.014.2.004.64

В.О.СЕМКО, канд. техн. наук
*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СТАЛЕВИХ БАЛОК ІЗ ЗАГАЛЬНИМ ВИГИНОМ У ГОРИЗОНТАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ

Наводиться методика та результати експериментальних досліджень сталевих ба-

лок із загальним вигином у горизонтальній площині. В результаті експерименту було доведено, що в балках такої форми спостерігається згинально-крутильна форма втрати стійкості. Розрахунок таких балок необхідно проводити, враховуючи крутильну складову напружень згідно з теорією тонкостінних стержнів.

Приводится методика и результаты экспериментальных исследований стальных балок с общим выгибом в горизонтальной плоскости. В результате эксперимента было доказано, что в балках такой формы наблюдается изгибно-крутильная форма потери устойчивости. Расчет таких балок необходимо проводить, учитывая крутильную составляющую напряжений, согласно теории тонкостенных стержней.

In work the technique and results of experimental researches of steel beams with the general curve in a horizontal plane is presented. Experiment has proved that in beams of such form is observed the bending-torsion mode of buckling. Analysis of beams is necessary for spending considering крутильную a component of pressure according to the theory of thin-walled cores. Bending analysis perform with torsional stress according to the theory of thin-walled bars.

*Ключові слова*: сталеві балки, дефекти, вигини, експеримент.

Визначення напружень в сталевих конструкціях із дефектами є актуальним завданням як при реконструкції будівель і споруд, так і у випадку використання вже пошкоджених конструкцій в новому будівництві. Крім того дуже багато замовників будівництва бажають бачити в своїх будівлях криволінійні несучі елементи, зокрема балки, а це в свою чергу ставить питання розрахунку таких елементів.

Питання розрахунку сталевих балок, які отримали початкове викривлення в горизонтальній площині розглядались О.Р.Ржаніциним [1]. Взявши за основу теорію тонкостінних стержнів В.З.Власова [2], він запропонував теорію розрахунку двотаврових балок з викривленням в горизонтальній площині.

Метою, поставленою О.Р.Ржаніциним, було максимальне використання сталевих балок, які отримали пошкодження під час війни. В роботі [1] детально описано процедуру визначення додаткових зусиль, які виникають в сталевій двотавровій балці, яка отримала початкове викривлення в горизонтальній площині. При цьому форму викривлення балки було прийнято за параболу. Ця проблема стає ще актуальнішою в зв'язку з тим, що сучасні тенденції в архітектурі все більше пов'язані з використанням криволінійних несучих елементів, а в жодному з нормативних документів [3, 4] не наведено методики розрахунку сталевих балок з початковим викривленням в горизонтальній площині. Слід зауважити, що питання експериментальних досліджень таких балок також майже не вивчене.

Метою даної статті є представлення широкому загалу дослідників і проектувальників сталевих конструкцій детальних результатів експериментального дослідження сталевих балок із загальним вигином у го-

ризонтальній площині (частково ці результати наведено в [5]).

Для вирішення поставленої задачі було виготовлено серію Б5 з трьох зразків. Зразки виконано з прокатних двотаврових балок №10 і №12 (рис.1). Зразок Б5-1 являв собою прокатну двотаврову балку №10 довжиною L=1580 мм зі стрілкою викривлення в горизонтальній площині f=40 мм. Зразок Б5-2 – прокатний двотавр №12 довжиною L=1590 мм, стріла вигину f=60 мм. Зразок Б5-3 – прокатний двотавр №12 довжиною L=1610 мм, стріла вигину f=40 мм.

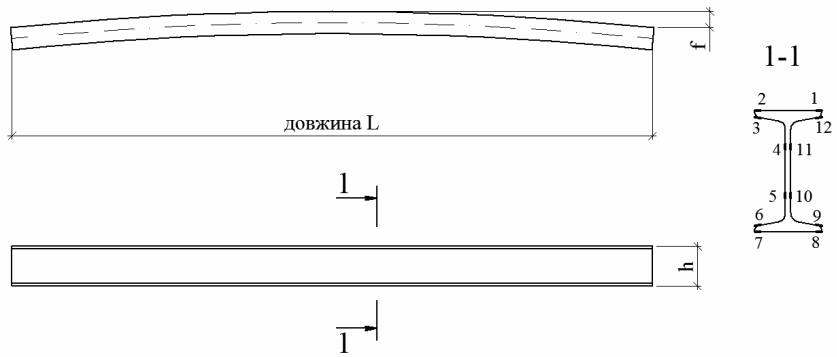



Рис.1 – Схема експериментальних зразків серії Б5

Випробування експериментальних зразків було проведено на спеціально розробленій установці, яка дозволяла передавати зосереджену силу, але не забороняла розвитку деформацій крутіння. Сталеву балку з вигином у горизонтальній площині завантажували зосередженою силою, як показано на рис.2, 3.

При завантаженні викривлена балка (поз.1 рис.2) зазнає деформацій від закручування перерізу. Тому під час випробування сталеве кільце (поз.2 рис.2), в якому була затиснена балка, поверталося разом з нею, передаючи навантаження від домкрату на балку.

Для вимірювання відносних деформацій волокон перерізів балки були наклеєні дротяні тензорезистори (поз.3 рис.2) з базою 20 мм. Переріз з тензодатчиками був розташований на відстані 110 мм від центру балки, щоб під час експерименту тензорезистори не були пошкоджені сталевим кільцем.

Прогини балки вимірювали у вертикальному та горизонтальному напрямках прогиноміром (поз.4 рис.2) типу ПАО-6. Точність виміру – 0,01 мм. Прогиноміри встановлювали на відстані 10 см від середини прольоту балки.

Кут закручування перерізу балки вимірювався за допомогою ква-

дранта типу КО-60 (поз.5 рис.2) – оптичного приладу, який визначає кут між горизонтальною та похилою площинами в градусах.

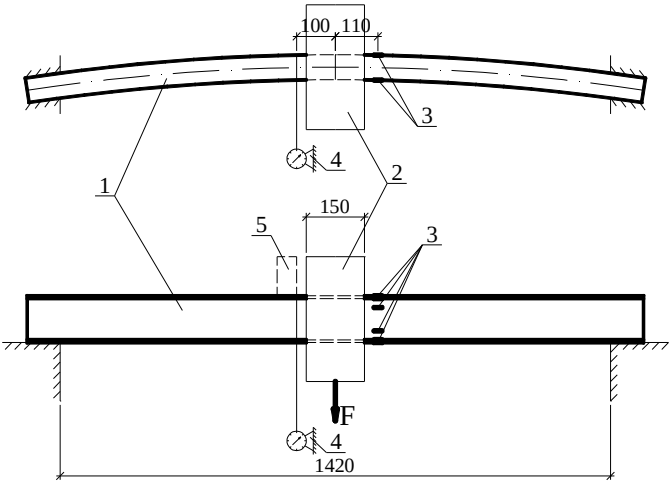



Рис.2 – Схема завантаження зразків під час випробування

Рис.3 – Загальний вигляд установки для випробовувань та місця встановлення вимірювальних приладів

Балки випробовували короткочасним навантаженням. Величина ступеня завантаження дорівнювала 5 кН. Витримка на кожному ступе-

ні завантаження складала 30-35 хв. Балку завантажували до розвитку пластичних деформацій, які фіксували за даними тензорезисторів, прогиномірів та утворенням ліній Людерса-Чернова.

При дослідженні зразків крім вертикальних прогинів зразка вимірювали горизонтальні прогини, а також кут повороту перерізу. Результати цих вимірювань наведено на графіках (рис.4-6).

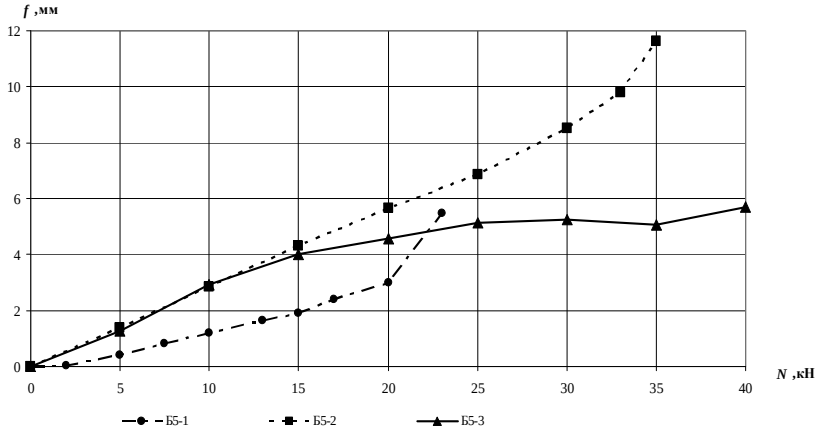



Рис.4 – Прогин зразків серії Б5 з площини дії моменту (горизонтальний прогин)

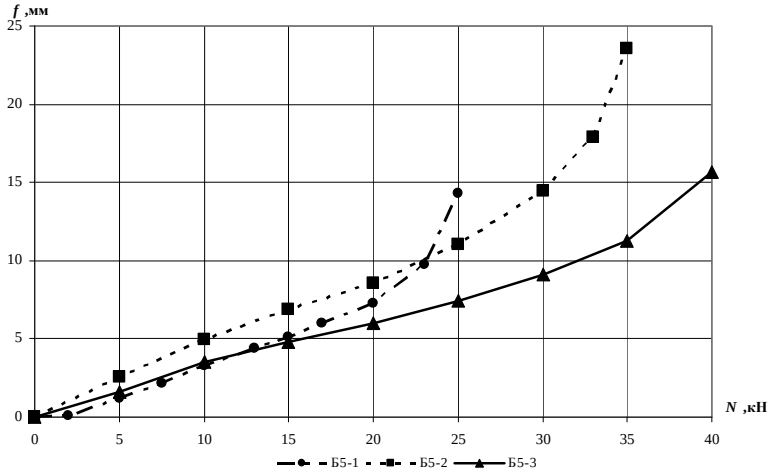



Рис.5 – Прогин зразків серії Б5 в площині дії моменту (вертикальний прогин)

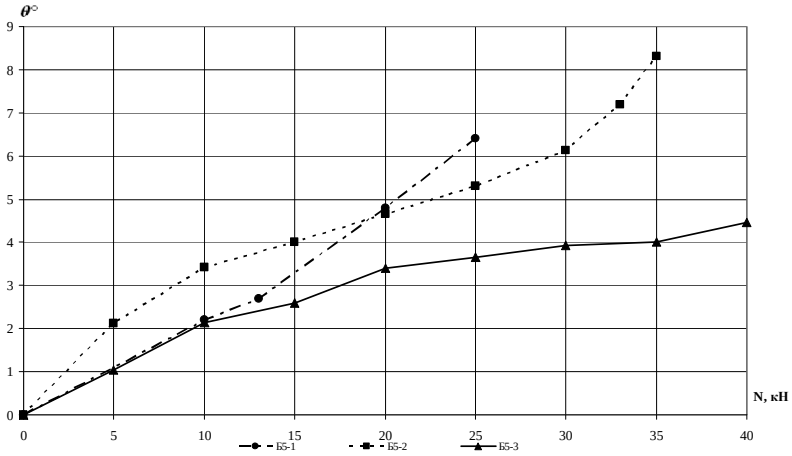



Рис.6 – Зміна кута закручування зразків серії Б5

Аналізуючи графіки вертикальних і горизонтальних прогинів, слід відмітити близьку до лінійної роботу конструкцій, яка завершується плавним переходом у нелінійну на кінці кожного графіку, що зумовлено розвитком пластичних деформацій.

Прогнозованими є результати того, що при однаковому навантаженні для зразків Б5-1 і Б5-2 вертикальний прогин є більшим, ніж для зразка Б5-3.

Досить наглядними є наведені на рис.6 графіки зміни кута закручування перерізу зразку. Як і для прогинів, найбільше значення кута повороту перерізу було зафіксовано для зразка з найбільшим горизонтальним вигином – Б5-2.

Результати виміряних деформацій у характерних точках перерізу наведено в таблиці, де знаком «–» позначено пошкоджені в результаті розвитку значних деформацій електротензодатчики. Епюри експериментальних значень відносних деформацій в перерізах для зразків серії Б5 показано на рис.7.

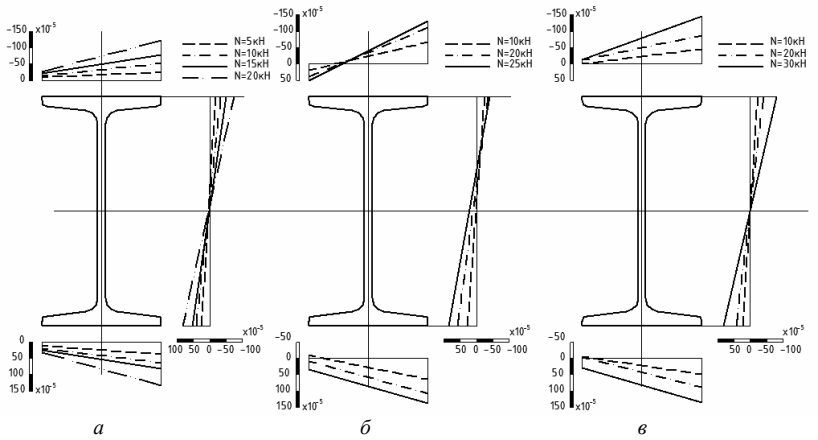
Аналізуючи отримані результати, можна зазначити, що для балок зі штучним або набутим під час експлуатації горизонтальним вигином неможливо застосовувати гіпотезу плоских перерізів. В епюрах напружень досить чітко спостерігається розвиток напружень від закручування перерізу.

Таким чином, експериментально виявлено неможливість застосування закону Бернулі (гіпотези плоских перерізів) при загальному го-

ризонтальному вигині балок. Результати експериментальних досліджень свідчать про те, що балки із загальними горизонтальними вигинами необхідно розраховувати, враховуючи напруження від крутильної складової.

Значення відносних деформацій в характерних точках перерізів зразків серії Б5

| Ескіз | Зосереджена сила, кН | Відносні деформації, $10^{-5}$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 2 3 / 4 5 6 | | Зразок Б5-1 | | | | | |
| | 5 | -9 | -17 | -24 | 12 | 25 | 38 |
| | 10 | -13 | -33 | -52 | 20 | 42 | 64 |
| | 15 | -21 | -50 | -78 | 26 | 54 | 82 |
| | 20 | -27 | -74 | -121 | 33 | 83 | 133 |
| | | Зразок Б5-2 | | | | | |
| | 10 | +19 | -24 | -67 | -9 | 28 | 65 |
| | 20 | +39 | -36 | -110 | 9 | 58 | 108 |
| | 25 | +50 | -40 | -130 | 34 | 86 | 138 |
| | 30 | +76 | - | - | 58 | - | - |
| | | Зразок Б5-3 | | | | | |
| | 10 | 0 | -23 | -46 | -5 | 23 | 50 |
| | 20 | -12 | -50 | -87 | -3 | 43 | 88 |
| | 30 | -14 | -80 | -146 | 29 | 82 | 134 |
| | 35 | 1 | - | - | 69 | - | - |




*а* *б* *в*

Рис.7 – Експериментальні епюри відносних деформацій в зразках серії Б5:
*а* – Б5-1; *б* – Б5-2; *в* – Б5-3.

1.Ржаницын А.Р. Расчет металлических двутавровых балок, получивших начальное искривление в горизонтальной плоскости. – М.: ЦНИПС, 1946. – 32 с.

2.Власов В.З. Тонкостенные упругие стержни. – М.: ГИФМЛ, 1958. – 568 с.
3.СНиП II-23-81*. Стальные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с.
4.ДБН 362-92. Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації. – К.: Держбуд України, 1992. – 46 с.
5.Семко В.О. Оцінка надійності сталевих балок з дефектами: Автореф. дис. … канд. техн. наук / ПолтНТУ. – Полтава., 2007. – 20 с.

*Отримано 24.11.2009*

УДК 624.138.5

М.Л.ЗОЦЕНКО, д-р техн. наук
*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*
М.І.ЛАПІН
*ТОВ «ЕКФА», м.Полтава*
Д.О.ТРОЦЕНКО
*БМФ «Укргазпромбуд», м.Полтава*

## ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ЗАКРІПЛЕННЯ ЛЕСОВИХ ГРУНТІВ

Розглядаються результати лабораторних досліджень впливу електрохімічного закріплення лесових ґрунтів на їх пластичні властивості. Пропонується можливість наближеного прогнозування відповідного зростання розрахункового опору закріплених таким чином ґрунтів навколо паль чи пальових анкерів.

Рассматриваются результаты лабораторных исследований влияния электрохимического закрепления лессовых грунтов на их пластические свойства. Предлагается возможность приближенного прогноза соответствующего роста расчетного сопротивления закрепленных таким образом грунтов вокруг свай или свайных анкеров.

The results of laboratory investigation of influence the electrochemical loessial soil stabilization to his plastic properties are examining. The possibility of approximate prediction of corresponding growth of design strength of stabilization soils around the piles ore pile anchors is proposing.

*Ключові слова*: лесові ґрунти, суглинок, закріплення, електричний струм.

Існуючі ґрунтові анкери для закріплення нафтогазопроводів або мають невисоку несучу здатність, або вимагають складного технологічного обладнання. Пошук ефективних шляхів розв'язання проблеми доцільно вести у напрямі створення анкерів підвищеної несучої здатності, що забезпечують зниження матеріаломісткості й трудомісткості робіт без зменшення надійності їх роботи. Для закріплення нафтогазопроводів на обводнених ділянках є сенс застосовувати електрохімічні анкери.

Електрохімічний спосіб закріплення ґрунту [1-7] базується на спроможності іонів заліза, дисоційованих при пропусканні постійного електричного струму, вступати в реакцію з ґрунтом і утворювати з ним