

УДК 624.012.45

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ
ЗДАТНОСТІ ТА ДЕФОРМАТИВНОСТІ СТАЛЕБЕТОННИХ БАЛОК,
АРМОВАНИХ СТАЛЕВИМ ПРОСІЧНО-ВИТЯЖНИМ ЛИСТОМ**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ
СТАЛЕБЕТОННЫХ БАЛОК, АРМИРОВАННЫХ СТАЛЬНЫМ
ПРОСЕЧНО-ВЫТЯЖНЫМ ЛИСТОМ**

**EXPERIMENTAL AND THEORETICAL STUDIES BEARING CAPACITY
AND DEFORMABILITY OF REINFORCED CONCRETE BEAMS,
REINFORCEMENT STEEL LATHING**

Бурченя С.П., Фамуляк Ю.Є., к.т.н., (Львівський національний аграрний
університет м. Дубляни)

Бурченя С.П., Фамуляк Ю.Э., к.т.н., (Львовский национальный аграрный
университет г. Дубляны)

Burchenya S.P., Famulyak J.E., candidate of technical sciences, (Lviv national
agrarian university of Dublyany)

**Наведені результати експериментально-теоретичних досліджень несучої
здатності та деформативності дослідних сталебетонних балок, армованих
сталеви́м просічно-витяжним листом і залізобетонних, армованих
стрижневою арматурою.**

**Представлены результаты экспериментально-теоретических
исследований несущей способности и деформативности сталебетонных
балок, армированных стальным просечно-вытяжным листом и обычных
железобетонных, армированных стержневой арматурой.**

**The brought results over of experimentally-theoretical researches of bearing
strength and deformation of experience beams of steel concrete, reinforced
cut-stretching sheet and reinforce-concrete, reinforcedby the cored armature.**

Ключові слова:

Несуча здатність, деформативність, балка, залізобетон.

Несущая способность, деформативность, балка, железобетон.

Bearing capacity, deformability, beam, reinforced concrete.

Одним із нових видів армування зокрема в сталобетонних конструкціях є використання сталевого просічно-втяжного листа (СПВЛ) в ролі арматурного осереддя таких конструкцій.

Такий вид армування, забезпечує: добре зчеплення із залізобетонною частиною елемента без застосування додаткових об'єднувальних елементів; міцність конструкції; зменшує деформативність розтягнутої зони бетону; монолітність армування та бетонної частини елемента [4-5].

Для вивчення можливості застосування СПВЛ як робочої арматури у залізобетонних конструкціях пропонується провести експериментальні та теоретичні дослідження з метою вивчення несучої здатності та деформативності таких конструкцій під навантаженням.

Розробкою й дослідженням сталобетонних конструкцій займалися колективи очолювані видатними вченими і науковцями України: Ф.С. Клименком [3], О.Б. Голишевим, В.І. Єфименком, Л.І. Стороженком, О.В. Семком [6], Е.Д. Чихладзе, О.Л. Шагіним та ін.

Значний внесок з вирішення проблем дослідження напружено-деформованого стану, які являються основою деформаційної теорії, зроблено під керівництвом видатних вчених України в ДП НДІБК: О.Б. Голишевим, А.М. Бамбурую, В.Я. Бачинським. Завдяки їхнім розробкам з'явилися перші рекомендації щодо уточненого розрахунку залізобетонних елементів з врахуванням повної діаграми стиску.

Питанню удосконалення деформаційної моделі розрахунку залізобетонних конструкцій присвячені роботи: А.Я. Барашикова, Б.Г. Гнідця, Ф.С. Клименко, З.Я. Бліхарського, Б.Г. Демчини, В.Г. Кваші, Р.І. Кінаша, О.В. Семка, О.Л. Шагіна, О.Ф. Яременка, Є.А. Яременка, І.Е. Прокоповича, Л.М. Фомиці, В.С. Дорофєєва, С.І. Рогового, І.Е. Прокоповича, Л.І. Стороженка, Е.Д. Чихладзе, В.І. Бабича, В.Є. Бабича., П.Ф. Вахненка, Д.В. Кочкарьова, І.А. Узуна, А.А. Шкурупія, В.С. Шмуклера, П.Б. Мітрофанова, Є.А. Яценка, А.С. Залєсова, Ю.В. Зайцева, Л.Л. Лемиша, А.А. Гвоздева та ін.

Мета нашого дослідження – використання існуючої нормативної методики розрахунку несучої здатності та деформативності залізобетонних конструкцій і для сталобетонних балок, армованих СПВЛ.

Для виконання поставленого завдання було запроєктовано і виготовлено шість дослідних зразків, з них чотири сталобетонні балки, армовані СПВЛ, дві залізобетонні балки, шість бетонних призм та три бетонні куби. Дослідні зразки виготовляли перерізом 135×270 мм, загальною довжиною 2300 мм і розрахунковим прольотом 2000 мм. Для цього використовували бетон класу С35/45.

У дослідних зразках Б-II-1, Б-II-1* – робоче армування виконане з просічно-втяжного листа із захисним шаром бетону та арматури 2Ø6 мм класу А240С (рис. 1, а); Б-II-2, Б-II-2* – просічно-втяжного листа без захисного шару та арматури 2Ø6 мм класу А240С (рис. 1,б). Дослідні зразки

Б-П-3, Б-П-3* виконувались залізобетонними, причому робочою арматурою були два стрижні Ø12 мм класу А400С (рис. 1, в).

Витрати матеріалів на 1 м³ бетону були розраховані за рецептами ТзОВ ВП «Галтрансрембуду», і їх склад зведено в табл. 1.

Балкові зразки на згин досліджували на стенді, де завантаження виконували двома зосередженими силами, прикладеними на верхній грані балкового зразка (рис. 2).

Таблиця 1

Витрати матеріалів на 1 м³ бетону

Клас бетону	Витрати матеріалів			
	цемент (Ц), кг	щебінь (Щ), кг	пісок (П), кг	вода (В), л
C35/45	550 кг	1250 кг	510 кг	220 л

Перед початком експериментальних досліджень сталобетонних балкових зразків на згин визначали фізико-механічні властивості бетонів та сталей. Результати випробувань та обчислень зведені в таблиці 2-3.

Таблиця 2

Основні фізико-механічні властивості бетону у віці 28 діб

Шифр балки	Кубов а міцність $f_{ck,cube}$	Розрахункове значення міцності бетону на стиск у віці 28 діб (призмova міцність) $f_{ck,prism}$ МПа	Розрахункове значення міцності бетону на осьовий розтяг, f_{ctk} МПа	Модуль пружності E_{ck} МПа
			за згином бетонних балок	за результатами руйнування призм 150×150×600 мм
Б-П-1	39,3	32,6	2,5	33840
Б-П-1*				
Б-П-2				
Б-П-2*				
Б-П-3				
Б-П-3*				

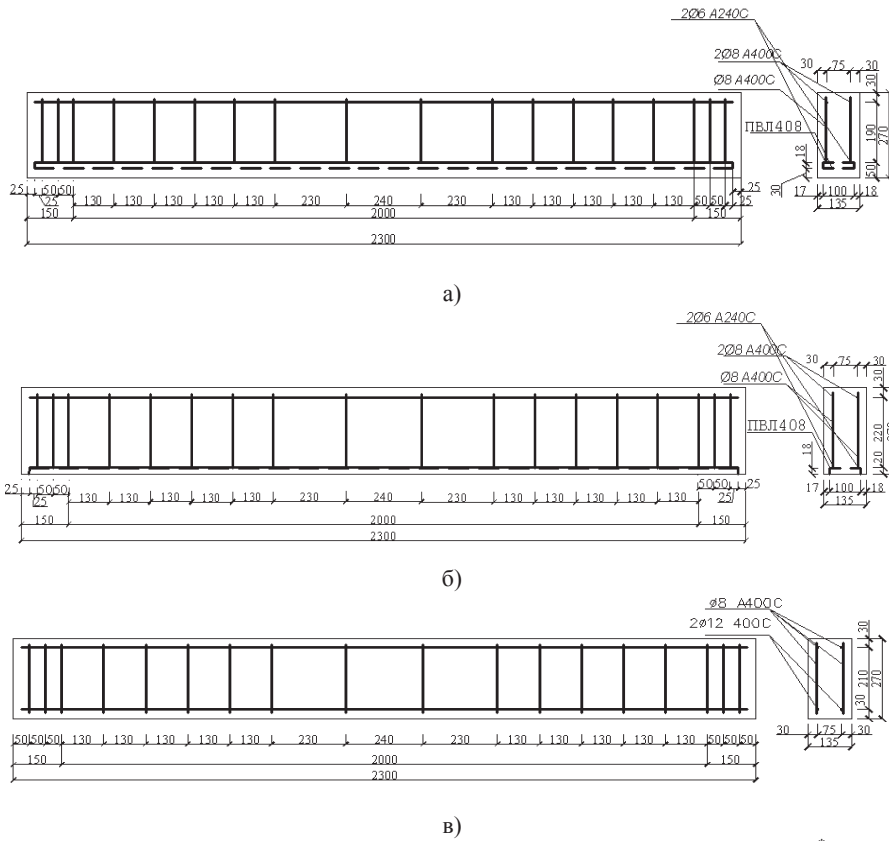


Рис. 1. Схема армування дослідних зразків : а) дослідні зразки Б-П-1, Б-П-1* ; б) дослідні зразки Б-П-2, Б-П-2* ; в) дослідні зразки Б-П-3, Б-П-3*.

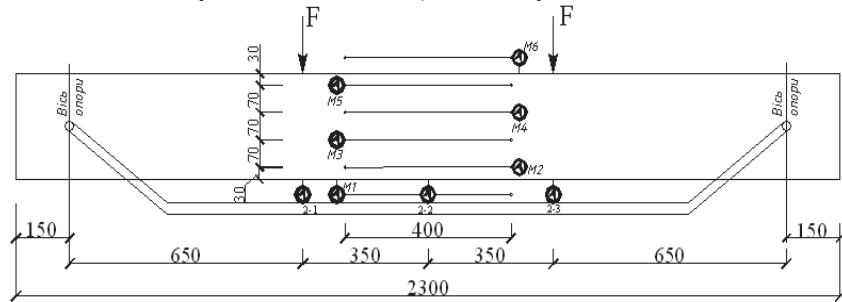


Рис. 2. Схема розміщення вимірювальних приладів: мікроіндикатори годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм M1...M6 – на бічній грані.

Таблиця 3

Результати визначення характеристик сталі

Вид арматури	Розмір поперечного перерізу, діаметр, мм	Площа поперечного перерізу А, см ²	Розрахункове значення опору арматури f_{yk} , МПа	Модуль пружності арматури $E_s \times 10^5$, МПа	Граничні відносні деформації видовження ϵ_{ud}
СПВЛ	50x4	1,12	271	2,05	0,025
стрижнев а класу А400С	Ø12	1,13	610	1,96	0,020
стрижнев а класу А240С	Ø6	0,283	316	2,01	0,023
стрижнев а класу А400С	Ø8	0,503	600	1,96	-
стрижнев а класу А400С (серія I,II)	Ø8	0,503	600	1,96	-

Визначення граничного стану по несучій здатності дослідних зразків проводилось на підставі діаграм деформування арматури та отриманих дослідних значень графіків деформацій.

Експериментальні і розрахункові значення згинальних моментів, при яких відбулась текучість робочої арматури наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Експериментальні і розрахункові значення граничних згинальних моментів

Шифр балки	Згинальний момент, кН×см	Розрахунковий момент за ДСТУ $M_t^{ДСТУ}$, кН×см	$\frac{M_t^{ДСТУ} - M_t^{екс}}{M_t^{екс}}$, %	Висота стиснутої зони бетону, см
Б-II-1*	1202,5	1292,7	7,54	6,43
Б-II-1	1202,5	1292,7	7,54	6,43
Б-II-2	1365,0	1487,25	8,9	7,40
Б-II-2*	1365,0	1487,25	8,9	7,40
Б-II-3	2990,0	3018,38	0,09	6,87
Б-II-3*	2990,0	3018,38	0,09	6,87

Як видно з табл. 4 сучасні норми дають позитивний результат для визначення граничного моменту руйнування не лише для залізобетонних балок, але і для сталобетонних, армованих СПВЛ, і ці відхилення становлять 1-9%, що є прийнятним для інженерних розрахунків.

Теоретичні значення деформацій прогинів були розраховані за деформаційним методом згідно формул [1] та [2].

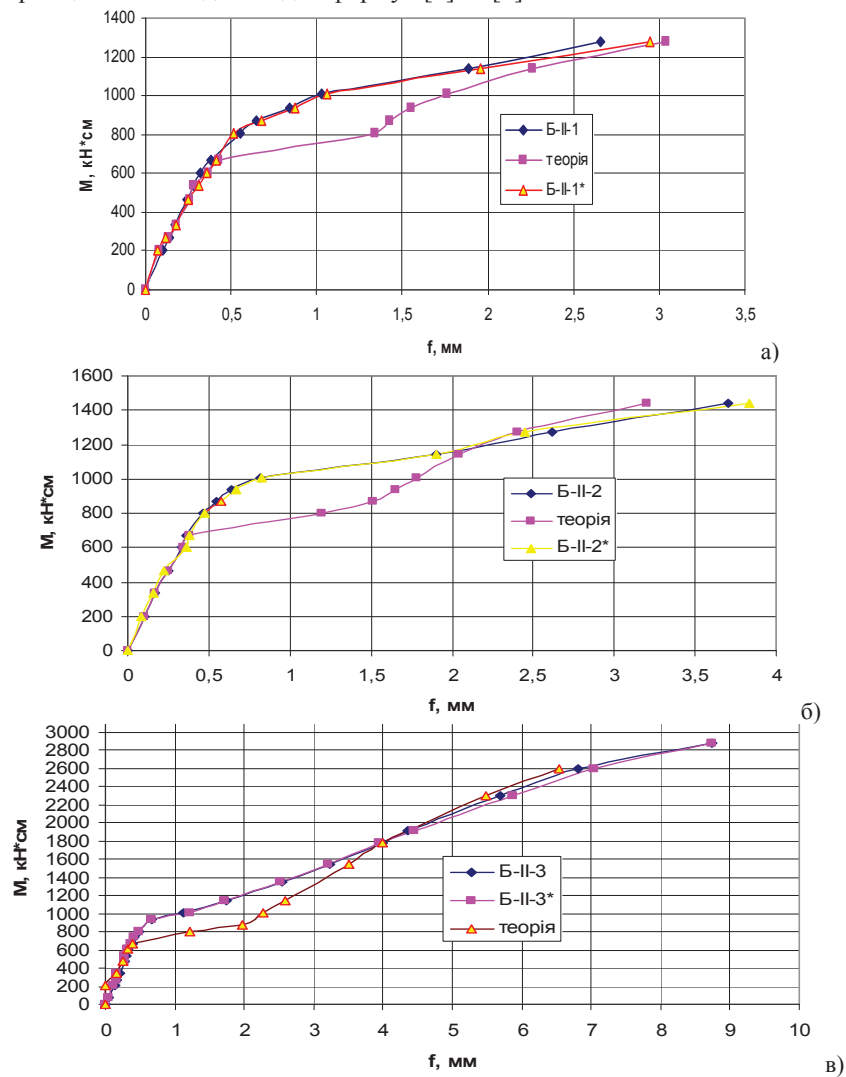


Рис. 2. Експериментальні та теоретичні прогини дослідних зразків: а) балка Б-II-1, Б-II-1*; б) балка Б-II-2, Б-II-2*; в) балка Б-II-3, Б-II-3*

Таблиця 5
 Порівняння експериментальних значень деформацій прогинів, розтягнутого та стиснутого бетону із теоретичними при близьких до експлуатаційних рівнів завантаження

Шифр балки	Згинальний момент, кН*см	Експериментальні прогини мм, $f_{екс}$	Теоретичні прогини мм, $f_{теор}$	%, $\frac{f_{екс}}{f_{теор}}$	Деформації крайніх стиснутих фібр бетону $\epsilon_{exp}^{(1)}$ $\times 10^{-5}$	За ДБН $\epsilon_{теор}^{(1)}$ $\times 10^{-5}$	%, $\frac{\epsilon_{теор} - \epsilon_{екс}}{\epsilon_{екс}}$	Деформації крайніх розтягннутих фібр бетону $\epsilon_{exp}^{(2)}$ $\times 10^{-5}$	За ДБН $\epsilon_{теор}^{(2)}$ $\times 10^{-5}$	%, $\frac{\epsilon_{теор} - \epsilon_{екс}}{\epsilon_{екс}}$
Б-II-1*	1140,75	1,89	2,13	12,6	46,5	42,5	-8,6	-139,6	-135,2	-3,1
Б-II-1	1140,75	1,87	2,13	13,9	45,5	42,5	-6,5	-135,2	-135,2	0
Б-II-2	1140,8	1,93	2,04	5,6	32,5	30,5	-6,2	-100,2	-100,88	1,0
Б-II-2*	1140,8	1,90	2,04	7,3	33,4	30,5	-8,6	-99,0	-100,88	3,0
Б-II-3	1917,5	4,35	4,47	2,7	58,3	63,0	8,0	-174,3	-190,0	9,0
Б-II-3*	1917,5	4,57	4,47	-2,2	65,6	63,0	-3,8	-181,3	-190,0	4,7

Для дослідних зразків Б-II-2, Б-II-2*, при близькому до експлуатаційного рівня завантаження, як видно з рис. 3,б експериментальні і теоретичні значення прогинів мають добру збіжність. Перевищення теоретичних над експериментальними становить лише 5-7%. Що ж до дослідних зразків Б-II-1, Б-II-1*, то перевищення теоретичних значень прогинів над експериментальними становить 12,6-13,9% (рис. 3,а). Експериментальні прогини при навантаженні, що відповідає згинальному моменту ($M = 1140,75 \text{ кН} \times \text{см}$) для Б-II-1, Б-II-1* становлять 1,89 та 1,87 мм, для Б-II-2, Б-II-2* при ($M = 1140,75 \text{ кН} \times \text{см}$) – 1,95 та 1,90 мм відповідно. Для залізобетонних зразків, армованих стрижневою арматурою, перевищення експериментальних прогинів над теоретичними складають 2,7% що свідчить про те, що деформаційний метод розрахунку дає задовільний результат для таких зразків (рис. 3, табл. 5). Значення експериментальних прогинів при навантаженні, що відповідає згинальному моменту ($M = 1917,5 \text{ кН} \times \text{см}$) складають: 4,35 мм для Б-II-3, та 4,57 мм для Б-II-3*.

Як видно з табл. 5. при близьких до експлуатаційних рівнів завантаження перевищення експериментальних значень деформацій над теоретичними, для дослідних зразків, армованих СПВЛ в крайніх стиснутих фібрах бетону становить 6,5-8,6%. В крайніх розтягнутих фібрах бетону величини деформацій мають добру збіжність і складають 1-9% для усіх дослідних зразків.

Основними висновками по роботі є:

Сучасні норми дають позитивний результат для визначення граничного моменту руйнування не лише для залізобетонних балок, але і для сталобетонних, армованих СПВЛ, і ці відхилення становлять 1-9%.

Розроблена деформаційна модель, дозволяє аналізувати напружено-деформований стан дослідних балкових зразків на всіх етапах завантаження і дає задовільну збіжність для визначення деформацій: прогинів, крайніх розтягнутих та стиснутих фібр бетону.

1. Бабич В. Є. Практичний метод розрахунку прогинів залізобетонних балок за ДСТУ Б В.2.6 – 156:2010 / В. Є. Бабич // Комунальне господарство міст : наук.-техн. збірник. – 2011. – №101. – С. 532-540. 2. ДСТУ Б В.2.6 – 156:2010 Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с. 3. Клименко Ф. Е. Сталобетонные конструкции с внешним полосовым армированием. / Ф. Е. Клименко. – К. : Будівельник, 1984. – 88 с. 4. Патент на корисну модель, u2011 08765 МПК E04C 5/02(2006.01). Сталобетонний елемент/ Добрянський І.М., Шмиг Р.А., Бурчєня С.П. ; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграрн. унів. – № 69032, заявл. 12.07.2011 ; опубл. 25.04.2012. Бюл. №8. 5. Патент на корисну модель, u2011 08771 МПК E04C 5/02(2006.01). Сталобетонний елемент/ Добрянський І.М., Шмиг Р.А., Бурчєня С.П. ; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграрн. унів. – № 69035, заявл. 12.07.2011 ; опубл. 25.04.2012. Бюл. №8. 6. Стороженко Л. И. Сталожелезобетонные конструкции / Л.И. Стороженко, А. В. Семко, В. И. Ефименко. – К. : Четверта хвиля, 1997.–160 с.