



ISSN 1819-432X print / ISSN 1993-3495 online

СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

ТОМ 5, N4, 2009, 153-164

УДК 624.012.45: 620.042.8

МІЦНІСТЬ ПРИОПОРНИХ ДІЛЯНОК ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ПРИ НАЯВНОСТІ ПОЗДОВЖНІХ СИЛ

В. С. Дорофеев, В. М. Карпюк, М. М. Петров

Одеська державна академія будівництва та архітектури

вул. Дідріхсона 4, м. Одеса, Україна, 65029

e-mail: list@ogasa.org.ua

Отримана 16 вересня 2009; прийнята 27 листопада 2009.

Анотація. Приведені дані системних натурних та числових експериментально-теоретичних досліджень міцності похилих перерізів залізобетонних балок при наявності поздовжніх стискаючих або розтягуючих сил, прикладених з ексцентриситетом, встановлена її залежність від співвідношення конструктивних дослідних факторів та факторів зовнішнього впливу як зокрема, так і у взаємодії, що дало можливість більш повно розкрити фізичну суть явища, виявити механізм та форми руйнування приопорних ділянок дослідних елементів.

Ключові слова: експериментально-теоретичні дослідження, міцність, приопорні ділянки, напружено-деформований стан.

ПРОЧНОСТЬ ПРИОПОРНЫХ УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПРИ НАЛИЧИИ ПРОДОЛЬНЫХ СИЛ

В. С. Дорофеев, В. М. Карпюк, Н. Н. Петров

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ул. Дидрихсона 4, г. Одесса, Украина, 65029

e-mail: list@ogasa.org.ua

Получена 16 сентября 2009; принята 27 ноября 2009.

Аннотация. Приведенные данные системных натурных и числовых экспериментально-теоретических исследований прочности наклонных сечений железобетонных балок при наличии продольных сжимающих или растягивающих сил, приложенных с эксцентриситетом, установлена ее зависимость от соотношения конструктивных исследовательских факторов и факторов внешнего влияния как в частности, так и во взаимодействии, что позволило более полно раскрыть физическую суть явления, выявить механизм и формы разрушения приопорных участков исследовательских элементов.

Ключевые слова: экспериментально-теоретические исследования, прочность, приопорные участки, напряженно-деформированное состояние.

DURABILITY OF ADDING SUPPORT AREAS OF THE REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH AVAILABILITY OF LONGITUDINAL FORCES

V. S. Dorofeev, V. M. Karpjuk, M. M. Petrov

*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
street Didrikhsona 4, Odessa, Ukraine, 65029
e-mail: list@ogasa.org.ua*

Received 16 September 2009; accepted 27 November 2009.

Abstract. There have been given experimentally theoretical and numerical researches and numerical of the durability systems of sloping reinforced concrete beams sections of longitudinal compressing or stretchings forces, applied with extrentistet, its dependence on correlation of structural experimental factors and factors of the external influencing both in particular, and in interaction, which enabled more fully to expose physical essence of the phenomenon, to find out the mechanism and destruction forms of adding support areas of research elements.

Keywords: experimentally-theoretical researches, durability, support areas, tensely-deformed state.

Вступ

Опір залізобетонних елементів сумісній дії декількох внутрішніх силових факторів (поперечних і поздовжніх сил, згинальних і крутних моментів) є однією з найбільш важливих і не до кінця вивченою проблемою як в теорії залізобетону, так і в реальному проектуванні. У зв'язку з цим виконання систематизованих експериментально-теоретичних досліджень з метою вдосконалення існуючих і розробки сучасних розрахункових моделей приопорних ділянок стержневих залізобетонних елементів являється важливим завданням. Пріоритетним напрямком досліджень і публікацій з вказаної теми в останні роки є розвиток нормативної бази України в галузі будівельних конструкцій на основі розширених і систематизованих досліджень, впровадження деформаційного методу розрахунку їхньої несучої здатності. При цьому, якщо вивченню несучої здатності нормальних перерізів присвячені числені праці вітчизняних та зарубіжних дослідників, то несуча здатність похилих перерізів вказаних елементів залишається ще недостатньо вивченою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Відмова від так званих методів аналогій при розрахунку міцності похилих перерізів, в тому

числі ферменної аналогії, основним недоліком якої є відмінність прийнятих розрахункових моделей від реальних умов роботи і яка, до речі, входить в нині діючий європейський стандарт ЄВРОКОД-2 [1] вивела у другій половині XX століття вітчизняні норми на передові рубежі науки у цьому питанні. Разом з тим, під час перегляду нині діючих в Україні норм [2] автори (О.С. Залесов, О.І.Звездов, Т.А. Мухамедієв, Є.А. Чистяков та ін.) введені у Росії з 2003 [3] і 2004 [4] років нових російських норм стверджують, що існуючі методи розрахунку міцності похилих перерізів залізобетонних елементів при дії поперечних і поздовжніх сил, згинального і крутного моментів внаслідок відсутності системного підходу і урахування достовірного впливу цілого ряду факторів, в тому числі складного напружено-деформованого стану елементів, ще не досягли такого рівня, щоби їх можна було б прийняти у якості нормативних методів. Тому у щойно введені у дію російських нормах [3,4] у бік створення додаткового запасу міцності було прийнято спрощену розрахункову схему приопорної ділянки прогінного залізобетонного елемента, а також недостатньо обґрунтовано, на наш погляд, вилучене із розрахункової формули для Q_b коефіцієнтів φ_n та φ_r зменшено значення диференційованого коефіцієнта φ_{b2} з 1,5...2,0 для

різних бетонів до 1,5 для усіх бетонів. Вигідно в цьому плані відрізняються роботи А.М. Бамбури, О.Б. Голишева, О.І. Давиденка та ін. [5,6,7,8,9], які за допомогою деформаційного методу спроможні через міцність нормальних перерізів задовільно визначати міцність похилих перерізів звичайних і попередньо напружених стержневих елементів при наявності згинальних моментів, поперечних і позовджніх сил.

Знайшов широке впровадження у практику проектування також метод Л.О. Дорошкевича, Б.Г. Демчини, С.Б. Максимович, Б.Ю. Максимович [10,11], який також пов'язує розрахунок міцності похилих і вертикальних перерізів. При цьому, розрахунок поперечної арматури, як вважають автори, є однаковим для балок, коротких консолей та плит, який виконується на так зване «продавлювання». Він урахує у явній формі вплив позовджньої арматури, відносний проліт зрізу a/h_0 або l/h_0 у балках, відповідно, із зосередженим або рівномірно розподіленим навантаженням.

Разом з тим, характер напружено-деформованого стану, роботи та руйнування залізобетонних згинних елементів, завантажених окрім поперечних ще й позовджніми стискаючими або розтягуючими силами, прикладеними з ексцентриситетом, суттєво відрізняється від такого, що описаний у роботах [1...11].

Постановка мети і задач досліджень

Мета даної роботи полягає у виявленні впливу дослідних конструктивних факторів та факторів зовнішньої дії (позовджньої стискаючої або розтягуючої сили, прикладеної з ексцентриситетом) на міцність приопорних ділянок залізобетонних балок. Задачами проведених досліджень є кількісна та якісна оцінка залежності міцності похилих перерізів вказаних елементів від співвідношення дослідних факторів як зокрема, так і у взаємодії один з одним; уточнення впливу позовджніх сил на працездатність приопорних ділянок позацентрово стиснутих і розтягнутих балок, виявлення особливостей їхнього деформування та руйнування. Отримані результати ляжуть в основу фізичної моделі розрахунку міцності дослідних елементів.

Методика досліджень

Для досягнення постановленої мети на кафедрі опору матеріалів були виконані дві серії (III-A і III-B) натурних і дві серії (III-Б і III-Г) числових планованих експериментів за держбюджетною темою (№0108U000559) з використанням теорії математичного планування та ефективної комп'ютерної програми COMPEX, розробленої на кафедрі ПАТСМ ОДАБА під керівництвом д. т. н., проф. Вознесенського В.А.

У III-A серії дослідів був реалізований двофакторний трьохрівневий планований експеримент (табл.1) при згині балки з її розтягом. У якості дослідних факторів вибрані: величина позовджньої розтягуючої сили N_p , яка змінювалась на трьох рівнях (0,05; 0,20; 0,35 від міцності бетонного перерізу на стиск) і відносний ексцентриситет її прикладення e/h_0 , який змінювався у межах: -0,25; 0; 0,25. Досліди серії III-A були виконані за Д-оптимальним планом Бокса В2. У кожному досліді цієї серії у відповідності з вказаним планом були випробувані 18 балок при їхньому згині з розтягом (по дві балки на кожний дослід).

Дослідні зразки представляли собою вільно обперті однопролітні балки прямокутного перерізу з розмірами 1975x200x100мм. Отже, кожний дослід був представлений чотирма приопорними ділянками.

Дослідні балки армували (рис.1) двома плоскими зварними каркасами з позовджньою нижньою 2d14A500C і верхньою 2d10A500C арматурою.

Поперечна арматура на приопорних ділянках складалася з 3d4BpI, приварених з кроком 87,5мм, а на інших ділянках d6A240C. Довжина прольота зрізу в серії III-A була незмінною і дорівнювала $2h_0$. Балки були запроектовані так, щоби забезпечити їхнє руйнування на приопорних ділянках. Для більш рівномірного прикладення розтягуючої позовджньої сили, виключення впливу місцевих деформацій передчасного руйнування долідні зразки-балки обладнані по торцях товстими ($\delta=20$ мм), з'єднаними з просторовим каркасом пластинами із сержками, через які прикладалися позовджні розтягуючі зусилля з заданим ексцентриситетом.

Для виготовлення дослідних зразків використовували звичайний важкий бетон класу

Таблиця 1. Двофакторний трьохрівневий планований експеримент.

Дослідні фактори натурного експеримента на згин з розтягом серії III-A		Рівні зміни			Інтервал зміни	Примітки
Код	Натуральні значення	«-1»	«0»	«+1»		
X_1	Рівень розтягуючого навантаження $N_p/R_b b h_0$	0,05 (22,31 кН)	0,20 (89,25 кН)	0,35 (156,19 кН)	0,15 (66,19кН)	L=9h ₀ =157,5см h ₀ =17,5см; a/h ₀ =2; b=10,0см; s=8,75см; B25; μ _s =0,0176 (2Ø14); μ _s '=0,0090 (2Ø10); μ _{sw} =0,0029; (2Ø4B _p I)
X_2	Відносний ексцентриситет $N_p, e/h_0$	-0,25 (-4,4 см)	0	-0,25 (+4,4см)	0,25 (4,4см)	

B25 на гранітному щебені фракцій 5...10мм кварцовому піску з модулем крупності 1,5, а в якості в'язучого – звичайний портландцемент марки 400 без добавок. Міцність бетону в кожному досліді контролювали за допомогою стандартних 6 кубів та 6 бетонних призм. На рис.2 показана схема завантаження, схема розташування приладів та наклейки тензорезисторів у дослідних балках.

На поздовжню розтягнуту та стиснуту арматуру одного із двох плоских каркасів балки наклеювали ланцюжки тензорезисторів (із базою 5 мм), за допомогою яких визначали поздовжні, поперечні сили, а також згинальні моменти, що сприймаються безпосередньо арматурними стержнями. Деформації бетону дослідних зразків вимірювали за допомогою тензорезисторів з базою 40 і 50 мм та їхнім контролем індикаторами годинникового типу з ціною поділки $1 \cdot 10^{-3}$ мм. Вертикальні переміщення нижньої грані балки вимірювали посередині прольоту, під зосередженими силами та на опорах за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки $1 \cdot 10^{-2}$ мм.

Для випробування дослідних зразків-балок була запроєктована і виготовлена спеціальна силова установка (рис. 3), яка спроможна створювати і підтримувати на необхідному рівні задані планом експеримента поздовжні і поперечні сили.

В результаті обробки експериментальних даних, вилучення незначимих та перерахунку

тих коефіцієнтів, що залишилися, за допомогою програми COMPEX отримали відповідну адекватну математичну модель (1), геометрична інтерпретація якої представлена на рис. 4, з якої видно, що зі збільшенням розтягуючого зусилля N_p і ексцентриситету, який збільшує згинальний момент у прольоті, значення руйнуючої поперечної сили суттєво зменшується, що необхідно враховувати при розрахунку міцності приопорної ділянки балки.

$$YQ_{III-A}^a = 58.02 - 10.67X_1 - 15.19X_2 + 0.78X_2^6 \quad (1)$$

Аналіз отриманих результатів показав, що при додатньому ексцентриситеті ($e/h_0 = +0,25$) та максимальній поздовжній розтягуючій силі ($N_p/R_b b h_0 = 0,35$) руйнування приопорної ділянки відбувається за похилою тріщиною від переважної дії згинального моменту з досягненням межі текучості в усті (на початку) похилої тріщини. При зниженні відносного розтягуючого зусилля до 0,20 і далі до 0,05 незалежно від знаку і величини ексцентриситету руйнування дослідних елементів відбувалося за похилими тріщинами від переважної дії поперечної сили з роздробленням бетону стиснутої зони. При від'ємних значеннях ексцентриситету ($e/h_0 = -0,25$) і максимальних значеннях відносного розтягуючого зусилля ($N_p/R_b b h_0 = 0,35$) руйнування приопорних ділянок починається з текучості від розтягу верхньої поздовжньої арматури, потім нижньої з переходом до руйнування за похилою тріщиною від згинального моменту з мінімальною висотою стиснутої зони бетону.

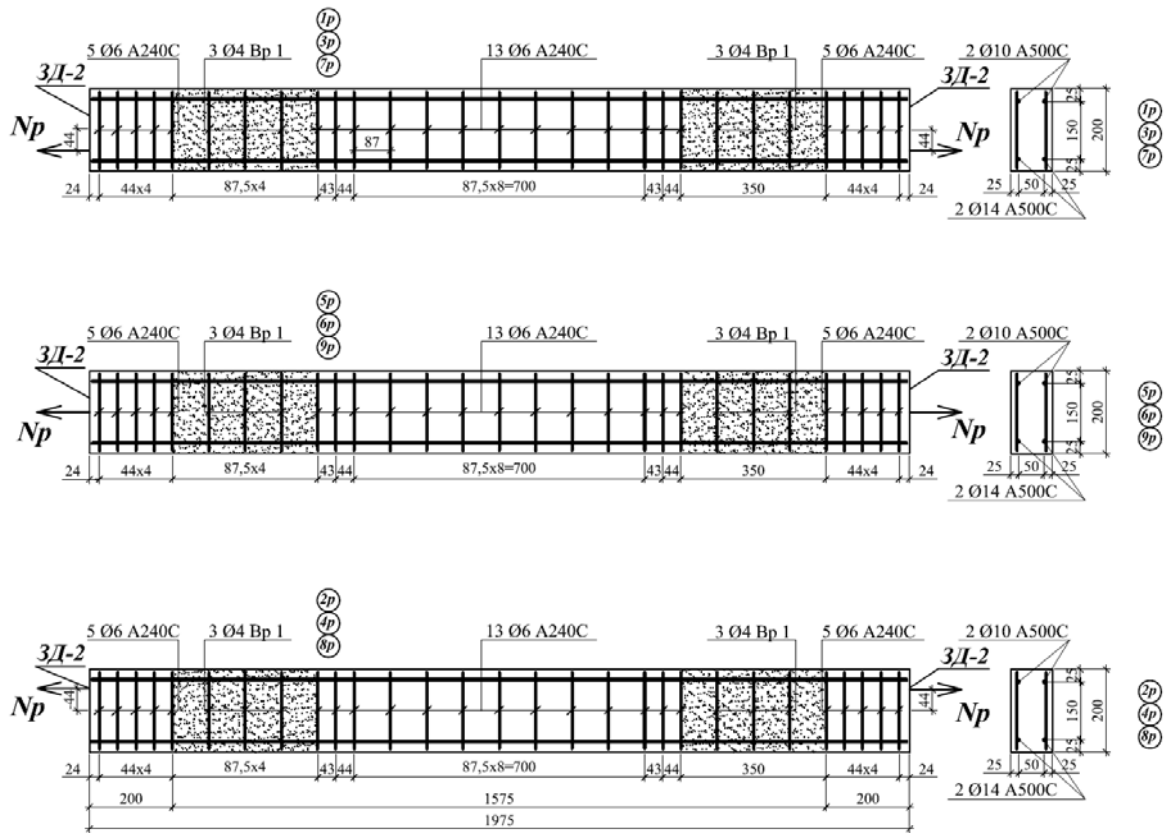


Рис. 1. Конструкція і схема армування дослідних зразків-балок.

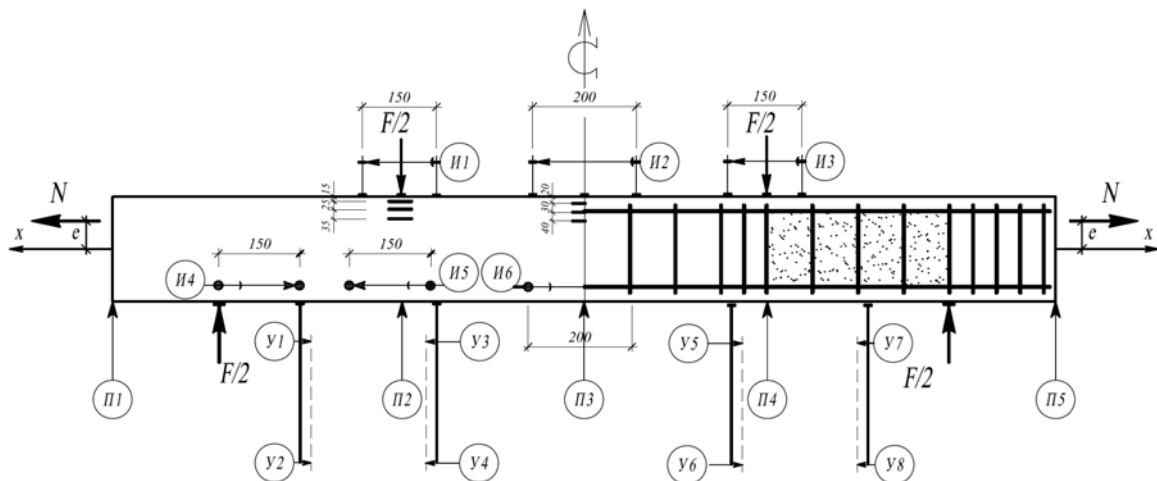


Рис. 2. Схема навантаження, розташування приладів та наклеїки тензорезисторів у дослідних балках.

Виконаний аналіз дозволив змодельовати аналогічний напружено-деформований стан для других позациентрово розтягнутих балок і реалізувати числовий планований п'ятифакторний трьохрівневий експеримент (III-Б) з використанням адаптованої авторами деформаційної моделі дослідних елементів та запро-

понованої інженерної методики розрахунку міцності їхніх приопорних ділянок. Дослідні фактори та рівні їхньої зміни у числовому експерименті представлені в табл.2.

Як видно із табл.2, окрім раніше досліджених факторів $Np/R_b b h_0$ та e/h_0 в серії III-Б у якості фактора X_1 прийнята величина

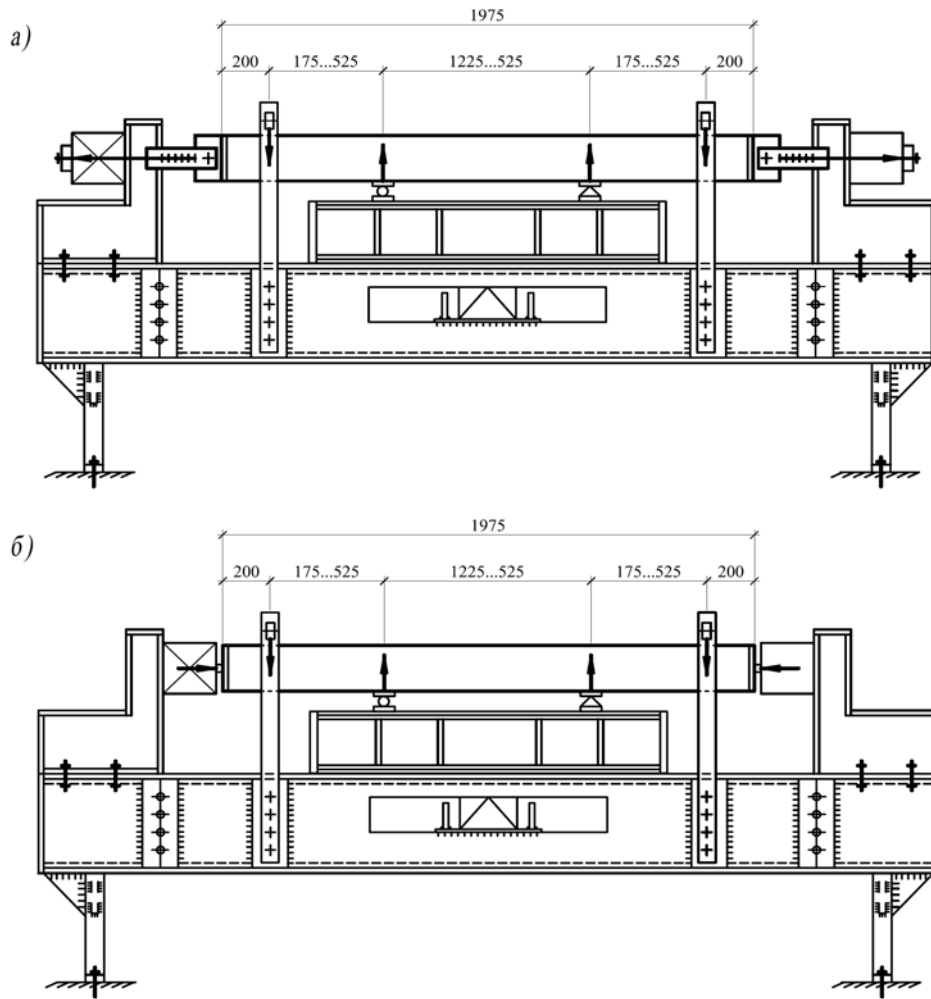


Рис. 3. Принципова схема досліджень балки на згин з поздовжньою розтягуючою (а) і стискаючою (б) силою, прикладеною з ексцентриситетом.

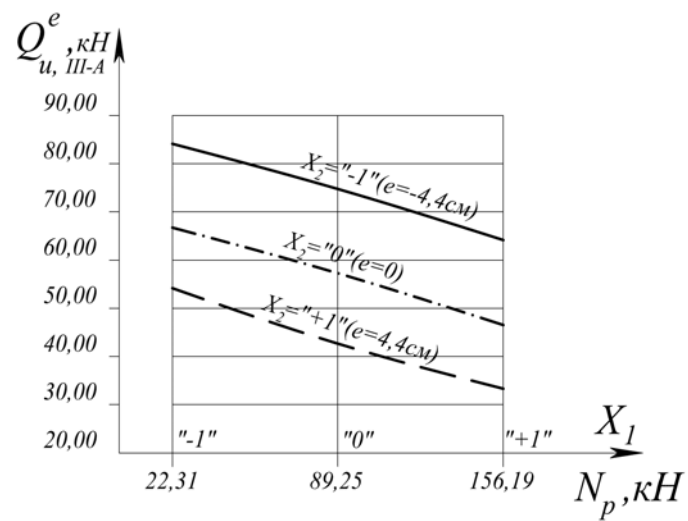


Рис. 4. Експериментальна залежність руйнуючої поперечної сили від величини розтягуючої поздовжньої сили та ексцентриситету її прикладення.

Таблиця 2. Дослідні фактори та рівні їхньої зміни у числовому експерименті.

Дослідні фактори числового експеримента на згин з розтягом серії III-Б		Рівні зміни			Інтервал зміни	Примітки
Код	Натуральні значення	«-1»	«0»	«+1»		
X ₁	Відносний прогін зрізу, a/h_0	1	2	3	1	$L=9h_0=$ $=157,5\text{см};$ $h_0=17,5\text{см};$ $b=10,0\text{см};$ $s=8,75\text{см};$ $\mu_s=0,0176$ $(2\text{Ø}14\text{A}500\text{C})$; $\mu_s'=0,009$ $(2\text{Ø}10\text{A}500\text{C}).$
X ₂	Клас бетону, B , МПа	B15	B25	B35	10	
X ₃	Коефіцієнт поперечного армування, μ_{sw}	0,0016 (2 Ø3)	0,0029 (2 Ø4)	0,0044 (2 Ø5)	$\approx 0,0014$	
X ₄	Розтягуюче зусилля, N_p , кН ($N_p/R_b b h_0$)	22,31 (0,05)	89,25 (0,20)	156,19 (0,35)	66,94 (0,15)	
X ₅	Відносний ексцентриситет N_p , e/h_0	-0,25 (-4,4см)	0	+0,25 (+4,4см)	0,25 (4,4см)	

відносного прогону зрізу a/h_0 , що змінюється від 1 до 3, фактора X₂-клас бетону, який варіюється від B15 до B35, фактора X₃-кількість поперечної арматури класу ВрІ, яка змінюється від 2Ш3ВрІ до 2Ш5ВрІ і приварюється з кроком 87,5мм в прольотах зрізу. Оскільки дані фактори можуть впливати на функцію виходу нелінійно, то її доцільно апроксимувати поліномом другого ступеня. У зв'язку з цим чисельний експеримент з дослідження міцності позacentрово розтягнутих балок виконали за 27 точковим майже Д-оптимальним планом типу На5.

У процесі обробки отриманих даних за допомогою тієї ж програми COMPEX отримана адекватна математична модель (2)

$$YQ_{u-p}^{III-B} = 55.4 - 32.11X_1 + 4.0X_3 - 28.56X_4 - 5.17X_5 + 14.06X_1^2 - 6.94X_2^2 - 1.31X_1X_3 + 10.19X_1X_4 + 6.81X_1X_5 + 4.56X_2X_4 \quad (2)$$

геометрична інтерпретація якої показана на рис.5,6, із яких видно, що найбільший вплив на величину руйнуючої поперечної сили має відносний проліт зрізу a/h_0 (з його збільшенням Q_u нелінійно падає), потім-величина розтягуючої сили N_p та відносний ексцентриситет її прикладення e/h_0 . Із збільшенням кількості поперечної арматури (j_{sw}) від 2Ш3ВрІ до 2Ш5ВрІ несуча здатність приопорних ділянок дещо збільшується.

Для того, щоб оцінити вплив зміни характеру дії поздовжньої сили N , тобто зміни її знаку з «+» на «-» і перетворення з розтягуючої в стискаючу були оброблені результати натурального п'ятифакторного трьохрівневого планованого експеримента (серія III-В), виконаного пошукувачем кафедри Шепетюком М.І. з вивчення несучої здатності позacentрово стиснутих залізобетонних балок згідно з планом типу На5. Дослідні фактори та рівні їхньої зміни у серії III-В представлені в табл.3, а адекватна математична модель руйнуючої поперечної сили має вигляд:

$$YQ_{u-p}^{III-B} = 107.87 - 35.1X_1 + 4.61X_2 + 10.67X_3 + 4.1X_4 + 1.67X_5 + 7.15X_1^2 - 3.05X_2^2 - 2.38X_1X_2 + 2.12X_2X_3 + 2.13X_2X_4 + 1.63X_3X_5 + 1.63X_4X_5 \quad (3)$$

геометрична інтерпретація якої показана на рис.5,6.

Дослідженнями пошукувача Шепетюка М.І. було встановлено, що дослідні позacentрово стиснуті зразки-балки з малими прольотами зрізу ($a/h_0=1$) зруйнувалися за похилою стислою смугою.

Балки з середнім ($a/h_0=2$) і великим ($a/h_0=3$) прольотами зрізу руйнувалися за небезпечною похилою тріщиною від переважної дії поперечної сили або згинального моменту з досягненням межі текучості у нижній поздовжній арматурі на початку небезпечної похилої тріщини у

Таблиця 3. Дослідні фактори натурального експеримента.

Дослідні фактори натурального експеримента на згин зі стиском серії III-B (Шепетюка М.І)		Рівні зміни			Інтервал зміни	Примітки
Код	Натуральні значення	«-1»	«0»	«+1»		
X ₁	Відносний прогін зрізу, a/h_0	1	2	3	1	$L=9h_0=$ $=157,5\text{см};$ $h_0=17,5\text{см};$ $b=10,0\text{см};$ $s=8,75\text{см};$ $\mu_{sw}=0,0029$ $(2\text{Ø}4\text{ВрІ}).$
X ₂	Стискаюче зусилля, N _c , кН (N _c /R _b bh ₀)	92,40 (0,2)	177,10 (0,4)	261,80 (0,6)	84,70 (0,2)	
X ₃	Відносний ексцентриситет N _c , e/h ₀	-0,25 (-4,4см)	0	+0,25 (+4,4см)	0,25 (4,4см)	
X ₄	Коефіцієнт поздовжнього робочого армування, μ_s (A500C)	0,0129 (2 Ø12)	0,0176 (2 Ø14)	0,0230 (2 Ø16)	≈0,00505	
X ₅	Коефіцієнт поздовжнього армування стиснутої зони, μ'_s (A500C)	0,0058 (2 Ø8)	0,009 (2 Ø10)	0,0129 (2 Ø12)	≈0,00355	

залежності від співвідношення дослідних факторів.

Детальний аналіз отриманих результатів, використання адаптованої деформаційної моделі і розробленої авторами інженерної методики дозволило змодельовати напружено-деформований стан аналогічних позacentрово-стиснутих дещо меншою (у порівнянні з серією III-B) поздовжньою силою залізобетонних балок у числовому експерименті серії III-G, який був виконаний також за майже Д-оптимальним планом типу На5. Дослідні фактори планованого числового експерименту серії III-G відрізняються від факторів серії III-B (табл.2) тільки знаком поздовжньої сили: замість розтягуючої в серії III-B поздовжньої сили в серії III-G прийнята стискаюча сила.

Обробка результатів числового планованого експерименту позacentрово стиснутих залізобетонних балок серії III-G дозволила отримати адекватну нелінійну математичну модель (4) руйнуючої поперечної сили Q_u , яка також має достатню інформаційну користь:

$$YQ_u^{н.см. III-G} = 88,8 - 31,42X_1 + 8,61X_2 + 2,28X_3 + 2,28X_4 + 5,0X_5 + 2,89X_1^2 + 1,74X_4^2 - 4,56X_1X_2 + 2,32X_1X_3 + 3,38X_2X_3 + 1,62X_4X_2 \quad (4)$$

геометрична інтерпретація якої представлена на рис.5,6.

Висновки:

1. Наявність поздовжніх розтягуючих або стискаючих сил у залізобетонних балках суттєво впливає на несучу здатність їхніх приопорних ділянок, що необхідно врахувати при проектуванні реальних конструкцій.
2. Аналіз математичних моделей (1)...(4) і рис. 4,5,6 показує, що всі дослідні фактори впливають на несучу здатність приопорних ділянок позacentрово стиснутих чи розтягнутих залізобетонних балок як зокрема, так і у взаємодії. При цьому, найбільший вплив має величина a/h_0 . Ріст міцності бетону у межах від В15 до В35, практично, не впливає на несучу здатність приопорних ділянок балок при їхньому позacentровому розтязі, вплив кількості поперечної арматури дещо більший у позacentрово стиснутих елементах. Наявність поздовжньої розтягуючої сили, на відміну поздовжньої стискаючої сили, суттєво зменшує несучу

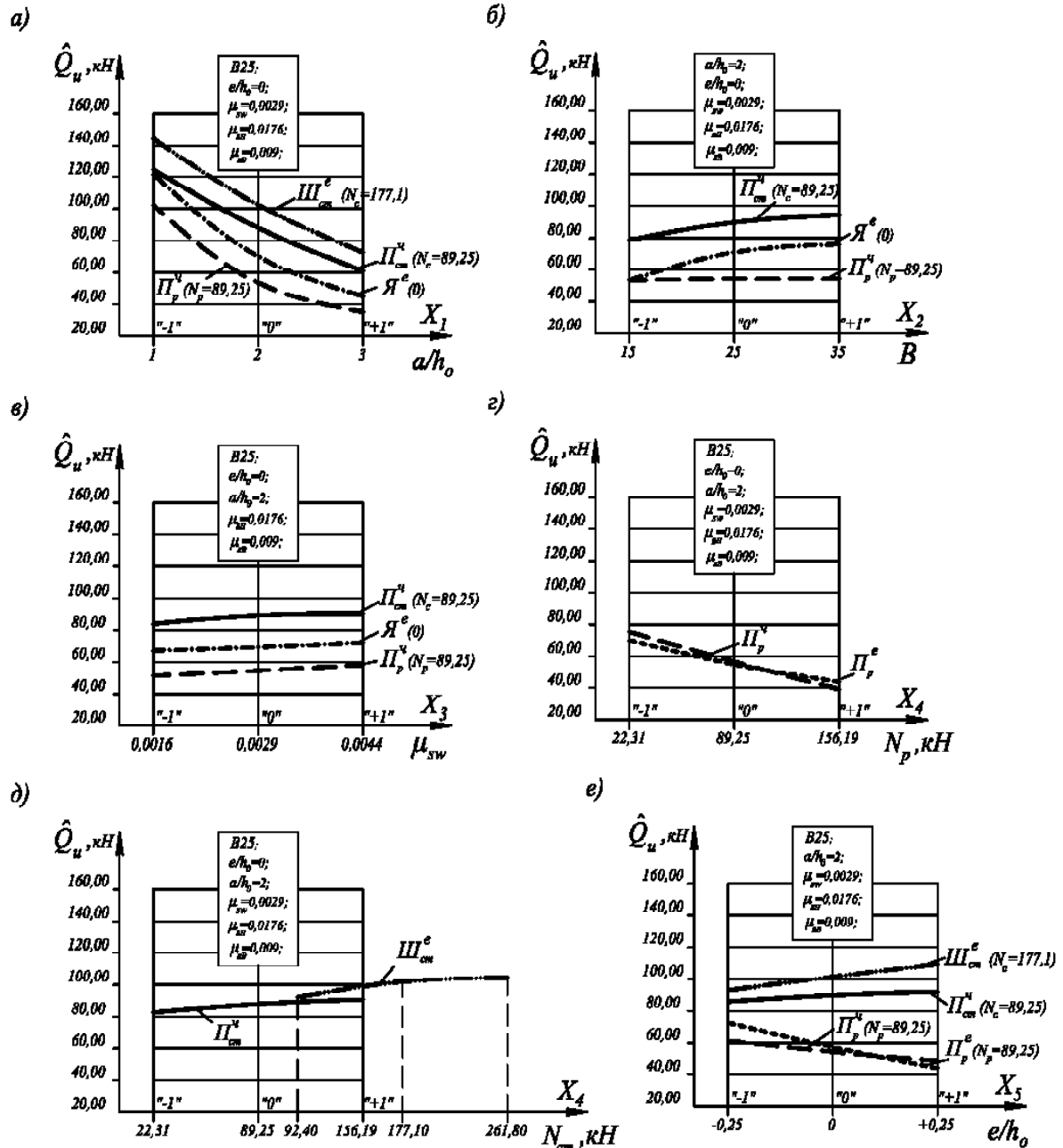


Рис. 5. Залежність руйнувочої поперечної сили від величини прольоту зрізу (а), класу бетону (б), кількості поперечного армування (в), величини позовжньої розтягуючої (г) або стискувочої (д) сили, відносного ексцентриситету (е). Умовні позначення даних: Π^e – експеримент Петрова М. М. з N_p ; Π^u – чисельний експеримент Петрова М. М. з N_p ; Π^u – чисельний експеримент Петрова М.М. з N_e ; Π^e – експеримент Ярошевич Н.М. з $N=0$.

здатність приопорних ділянок балок. Додатний ексцентриситет у позацентрово стиснутих елементах, на відміну від розтягнутих елементів, дещо збільшує несучу здатність їхніх приопорних ділянок за рахунок розвантажуючого моменту.

3. Однозначно встановлено, що приопорні ділянки у позацентрово стиснутих балках з

малим ($a/h_0=1$) прольотом зрізу руйнуються за похилою стислою смугою, з середнім ($a/h_0=2$) і великими ($a/h_0=3$) прольотами зрізу за похилою тріщиною від переважної дії поперечної сили або згинального моменту. Приопорні ділянки позацентрово розтягнутих елементів окрім останніх двох форм (за похилою тріщиною) можуть також руйнуватися від

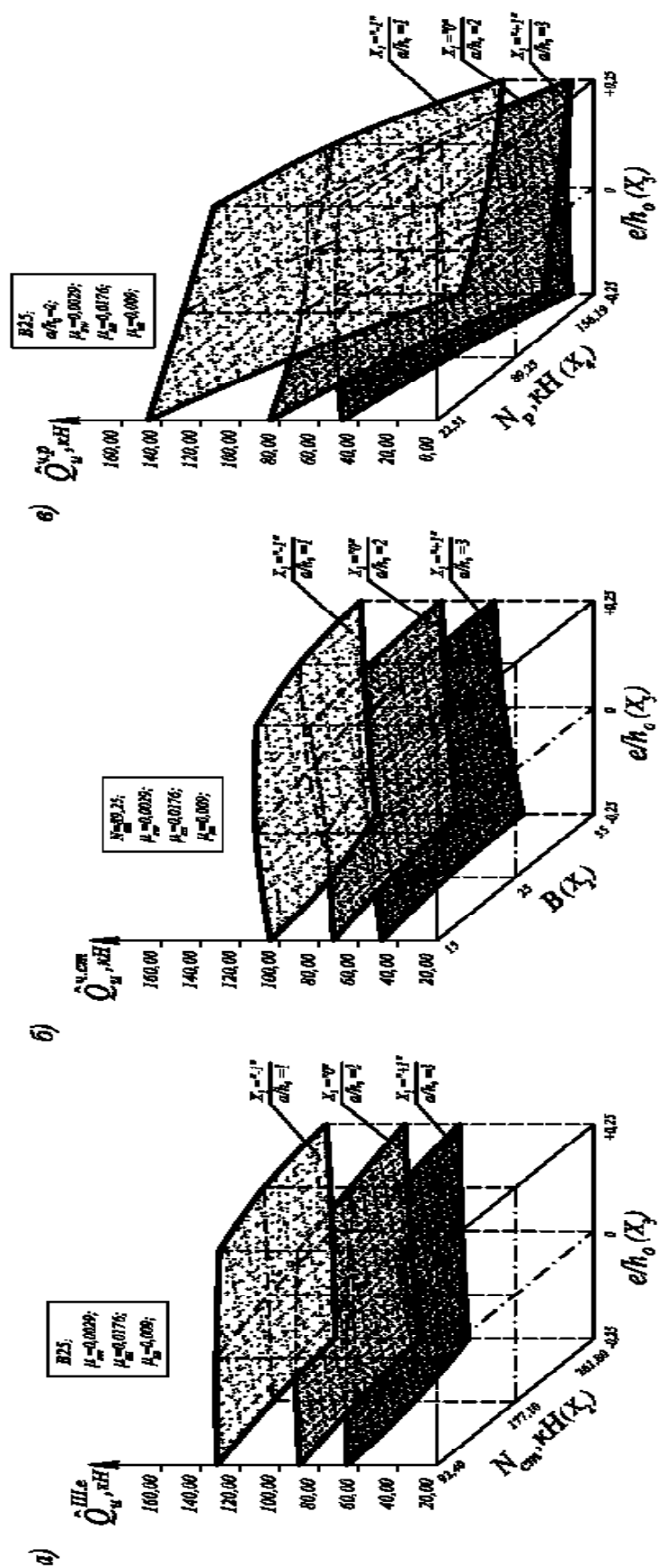


Рис. 6. Взаємний вплив дослідних факторів на несучу здатність пропорційних ділянок позациентрово стиснутих та розтягнутих залізобетонних балок у натурному (а) та числових (б, в) експериментах.

надмірного розтягу (розриву) верхньої позовжньої арматури у межах зміни вказаних дослідних факторів.

4. Проведені дослідження і накопичені дані ляжуть в основу фізичної моделі роботи прогінних залізобетонних конструкцій зі складним напруженим станом їхніх приопорних ділянок.

Література

1. EN 1992-1:2001 (Final Draft, April, 2002) Eurocode-2: Desing of Concrete Structures – Part 1: General Rules and Rules for Building. – Brussels-2002, Oktober-230p.
2. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80с.
3. СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры». – М.: ГУП «НИИЖБ» Госстроя России, 2004. – 55с.
4. СП 52-102-2004 «Предварительно напряжённые железобетонные конструкции». – М.: ГУП «НИИЖБ» Госстроя России, 2004. – 49с.
5. Голышев А.Б. Железобетонные конструкции / А.Б. Голышев, В.П. Полищук, В.Я. Бачинский: Под ред. А.Б. Голишева. – К.: Логос. 2001. – 420с.
6. Голишев О.Б. Курс лекцій з основ розрахунку будівельних конструкцій і з опору залізобетону / О.Б. Голишев, А.М. Бамбура. – К.: Логос, 2004. – 340с.
7. Давиденко А.И. К расчету прочности сечений, наклонных к продольной оси элемента с использованием полной диаграммы деформирования бетона / А.И. Давиденко, А.Н. Бамбура, С.Ю. Беляева, Н.Н. Присяжнюк // Зб. наук. праць Фіз.-мех. ін-ту ім. Г.В. Карпенка НАН України «Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій». – Львів: Каменяр, 2007. – Вип. 7. – С.209-216.
8. Дорофеев В.С. Вдосконалений деформаційний метод розрахунку міцності приопорних ділянок непереармованих прогінних залізобетонних конструкцій / В.С. Дорофеев, В.М. Карпюк, Ф.Р. Карп'юк, О.М. Крантовська, Н.М. Ярошевич // Міжвідомчий науково-техн. зб. наук. праць (будівництво) Держ. наук. досл. інст-т буд. к-цій Мін-ва регіон. розв. та буд.-ва України, Вип. 70. – Київ, НДІБК, 2008. – С.103-116.
9. Дорофеев В.С. Деформаційний метод розрахунку міцності приопорних ділянок залізобетонних конструкцій / В.С. Дорофеев, В.М. Карпюк, Ф.Р. Карп'юк, Н.М. Ярошевич // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. №31. – Одеса, Тов. «Зовнішрекламсервіс», 2008. – С.141-150.
10. Дорошкевич Л.О., Пропозиції до розрахунку міцності похилих перерізів згинальних залізобетонних елементів (до розділу 4.11.2.ДБН В.2.6.) / Л.О. Дорошкевич, Б.Г. Демчина, С.Б. Максимович., Б.Ю. Максимович // Міжвідомчий науково-техн. зб. наук. праць Держ. наук. досл. інст-т буд. к-цій, Вип. 67.- Київ, НДІБК, 2007. – С.601-612.
11. Дорошкевич Л.А., Нестандартний метод расчета поперечной арматуры железобетонных изгибаемых элементов / Л.А. Дорошкевич, Б.Г. Демчина, С.Б. Максимович., Б.Ю. Максимович // Проблемы современного бетона и железобетона. Сб. научн. трудов. – Минск.: Изд-во НП ООО «Стрикон», 2007. – С.164-177.

Дорофеев Виталій Степанович – д.т.н., професор, ректор Одеської державної академії будівництва і архітектури; завідувач кафедрою залізобетонних і кам'яних конструкцій. Заслужений діяч науки і техніки України. Наукові інтереси: структуроутворення і руйнування композитних матеріалів, дослідження та розрахунок залізобетонних конструкцій за нормальним та похилими перерізами з розрахунком нелінійної роботи, передісторії навантаження та дійсної діаграми деформування бетону, утилізація в будівництві відходів виробництва, проектування та розрахунок сейсмостійких будівель та споруд.

Карпюк Василь Михайлович – к.т.н., доцент, завідувач кафедри опору матеріалів Одеської державної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження та розрахунок залізобетонних конструкцій за нормальним та похилими перерізами з розрахунком нелінійної роботи, передісторії навантаження та дійсної діаграми деформування бетону, утилізація в будівництві відходів виробництва, проектування та розрахунок сейсмостійких будівель та споруд.

Петров Микола Миколайович – аспірант кафедри опору матеріалів Одеської державної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження та розрахунок залізобетонних конструкцій за нормальним та похилими перерізами з розрахунком нелінійної роботи, передісторії навантаження та дійсної діаграми деформування бетону, утилізація в будівництві відходів виробництва, проектування та розрахунок сейсмостійких будівель та споруд.

Дорофеев Виталий Степанович – д.т.н., профессор, ректор Одесской государственной академии строительства и архитектуры; заведующий кафедрой железобетонных и каменных конструкций. Заслуженный деятель науки и техники Украины. Научные интересы: структурообразование и разрушение композитных материалов, исследование и расчет железобетонных конструкций в нормальном и наклонном сечениях с расчетом нелинейной работы, предыстории нагрузки и действительной диаграммы деформации бетона, утилизация в строительстве отходов производства, проектирования и расчет сейсмостойких зданий и сооружений.

Карпюк Василий Михайлович – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой сопротивления материалов Одесской государственной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование и расчет железобетонных конструкций в нормальном и наклонном сечениях с расчетом нелинейной работы, предыстории нагрузки и действительной диаграммы деформации бетона, утилизация в строительстве отходов производства, проектирования и расчет сейсмостойких зданий и сооружений.

Петров Николай Николаевич – аспирант кафедры сопротивления материалов Одесской государственной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование и расчет железобетонных конструкций в нормальном и наклонном сечениях с расчетом нелинейной работы, предыстории нагрузки и действительной диаграммы деформации бетона, утилизация в строительстве отходов производства, проектирования и расчет сейсмостойких зданий и сооружений.

Dorofeev Vitaliy Stepanovich – Doctor of engineering sciences, professor, principal of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture; the head of “the Reinforced-Concrete and Stone Constructions” Chair. Honorary scientist of Ukraine. Scientific interests: structure formation and destruction of composite materials, research and reinforced concrete structures in the normal and slopping sections with nonlinear work calculation, prehistory of loading and real diagram of the concrete deformation, wastes utilization in building production, seismproof buildings and structures designing and calculation.

Karpyuk Vasiliy Mikhaylovich – candidate of engineering sciences, assistant professor, the Head of the “Materials of Resistance” Chair structures Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: structure formation and destruction of composite materials, research and reinforced concrete structures in the normal and slopping sections with nonlinear work calculation, prehistory of loading and real diagram of the concrete deformation, wastes utilization in building production, seismproof buildings and structures designing and calculation.

Petrov Nick Nikolaevich – post graduate student of the “Materials of Resistance” Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: structure formation and destruction of composite materials, research and reinforced concrete structures in the normal and slopping sections with nonlinear work calculation, prehistory of loading and real diagram of the concrete deformation, wastes utilization in building production, seismproof buildings and structures designing and calculation.