

ВІСНИК

СУМСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
Виходить 12 разів на рік.

Серія "БУДІВНИЦТВО"
Випуск 10 (18), 2014

АРХІТЕКТУРА ТА ІНЖЕНЕРНІ ВИШУКУВАННЯ

Гейко І. П. Порівняльний аналіз проектування та реконструкції будинків суду на території України та закордоном	3
Кіщенко А. О. Нові торгово-розважальні центри України. Якість інтеграції	10
Смоляк В. В., Субін-Кожевнікова А. С. «Блакитна перлина» Вінниці – готель «Савой»	15
Смоляк В. В., Хороша О. І. Палац графині Щербатової в Немировіна Вінниччині	19

БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Байда Д. М., Петровська О. А. Ефективні методи захисту залізобетонних паль від агресивних впливів	26
Битько Н. М., Кузнецова О. В., Бойко В. В. К вопросу определения нелинейных деформаций ползучести цементного камня без учёта его старения и наследственности	29
Дворкін Л. Й., Степасюк Ю. О., Скрипник М. М. Сухі суміші для мурувальних робіт на малоклінкерному шлакопортландцементі	35
Друківаний М. Ф., Писаренко І. Д. Вплив карбонатних добавок на міцність та радіоактивність будівельних розчинів та бетонів	41
Ковальський В. П., Очеретний В. П., Бондар А. В. Вплив мінеральних мікронаповнювачів на властивості поризованих сухих будівельних сумішей	44
Ковальський В. П., Сідлак О. С. Методи активації золи виносу ТЕС	47
Кочкар'юв Г. В., Омелянчук В. В. Розрахункові залежності основних властивостей полістиролбетонних сумішей	49
Лемешев М. С., Березюк О. В. Будівельні матеріали для захисту від електромагнітного випромінювання	57
Сердюк Т. В., Франишина С. Ю. Оцінка ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів на підприємствах будіндустрії	62

КОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Адаменко В. М. Нелінійне моделювання роботи монолітного ребристого перекриття силосу на основі дослідних даних	67
Велитченко С. Г., Новицький О. П., Орел О. В., Піталенко В. В., Сіробаба В. О. Моделювання та статичне випробування сталеві рами легкоатлетичного манежу УАБС НБУ	72
Галінська Т. А., Овсій Д. М. Підбір оптимального армування нормального перерізу сталобетонних балок з бетонною верхньою полицею на основі деформаційної моделі	80
Гасенко А. В., Юрко П. А. Прогнозування напружено-деформованого стану стиснутих залізобетонних елементів шляхом комп'ютерного моделювання	85
Іванченко Г. М. Критичний стан взаємодії хвиль сильних розривів з площиною розділу суцільності пружного середовища	90
Крупченко О. А. Розрахунок міцності нормальних перерізів сталезалізобетонних балок із зовнішнім листовим армуванням у закритичній стадії роботи бетону	96
Михайловський Д. В. Перспективи застосування деревини як будівельного матеріалу	100
Михайловський Д. В., Буряк А. О. Складний напружений стан приопорних зон балок з клеєної деревини	105
Пікуль А. В. Просторовий криволінійний скінченний елемент в фізично нелінійних задачах теорії пружності	108
Погрібний В. В., Довженко О. О., Чурса Ю. В. Застосування теорії пластичності для вдосконалення конструктивних рішень залізобетонних балок покриття	113
Попок К. В. Проблеми оцінки та підвищення сейсмостійкості кам'яних конструкцій і будівель з пошкодженнями та дефектами	118
Semko O. V., Voskobynuk O. P., Parhomenko I. O., Semko P. O. Experimental research of the amplifications methods of concrete filled steel tubular elements with exploitative damage	123
Сіянов О. І. Параметри моделювання конструкції навісу над трибунами стадіону НСК «Олімпійський»	127
Sklyarov I. O., Didenko K. S. Steel frame Of variable stiffness with prestressed truss bar puffs in rigel	130

<p>Згідно з постановою ВАК від 23.02.2011 р. № 1-05/2 серію «Будівництво» наукового журналу «Вісник Сумського національного аграрного університету» визнано фаховим виданням</p> <p>Всі серії наукового журналу «Вісник Сумського національного аграрного університету» індексуються в Міжнародній наукометричній базі РІНЦ</p> <p>СЕРІЇ наукового журналу «Вісник Сумського національного аграрного університету»</p> <p>ЕКОНОМІКА ТА МЕНЕДЖМЕНТ</p> <p>ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА</p> <p>БУДІВНИЦТВО</p> <p>ТВАРИННИЦТВО</p> <p>МЕХАНІЗАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ</p> <p>АГРОНОМІЯ І БІОЛОГІЯ</p> <p>Друкується згідно з рішенням вченої ради Сумського національного аграрного університету (Протокол № 5 від 29.12.14 р.)</p> <p>Адреса видавця та виготовлювача: 40021, м. Суми, вул. Герасима Кондратьєва 160 Телефон: (0542) 78-74-22, 62-78-45</p> <p>Тираж 300 пр. Зам. №10</p> <p>Відповідальність за точність наведених фактів, цитат та ін. лягає на авторів опублікованих матеріалів. Передрук матеріалів журналу тільки з дозволу редакції. Друкується в авторській редакції</p> <p>© Сумський національний аграрний університет, 2014</p>	<p>Sklyarov I. O., Chuy I. O. Steel frames of variable stiffness with monosymmetrical double-t's with flexible wall..... 133</p> <p>Смоляр А. М., Юрченко С. В. Облаштування монолітних плит перекриття з будівельним підйомом 137</p> <p>Хохлин Д. А. Оценка прочности каменных конструкций по напряжениям, полученным в конечно-элементной модели 142</p> <p>Шеховцов І. В., Петраш С. В., Овсак І. І. Експериментальні дослідження багатопарових перекриттів..... 148</p> <p>ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ</p> <p>Винников Ю. Л., Косточка Н. А. Моделювання деформованого стану ґрунту в компресійному приладі з можливістю та без можливості його бічного розширення..... 152</p> <p>Винников Ю. Л., Коваленко В. І., Литвиненко Т. В. Дослідження стабілізованої вологості ущільненого глинистого насипу 158</p> <p>Зоценко М. Л., Іванченко В. Г. Пресіометричний метод дослідження стисливості ґрунтів 162</p> <p>Зоценко М. Л., Новицький О. П. Високочастотне глибинне вібрування ґрунтоцементних паль 167</p> <p>Корнієнко М. В., Корзаченко М. М. Аналіз геотехнічних умов території м. Чернігів..... 173</p> <p>Ларцева І. І. Плитний фундамент на підсиленій основі, складеній заторфованими ґрунтами 179</p> <p>Нестеренко Т. М. Ґрунтоцементні основи і фундаменти виготовлені з використанням вібрації..... 183</p> <p>Петраш Р. В., Попович Н. Н., Петраш А. В., Дробниченко Е. Ю. Технологические особенности процесса армирования ґрунтоцементных свай..... 189</p> <p>Могсен Раджабзадег, Кичаева О. В. Взаимодействие основания с многоэтажными зданиями при сейсмическом воздействии..... 193</p> <p>Харченко М.О., Марченко В.І., Харченко М.О., Матузний Д.С. До розрахунку армування сва паль у слабких ґрунтах..... 199</p> <p>ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЇ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ В БУДІВНИЦТВІ</p> <p>Gasii G. M. Installation technology of composite steel and concrete grid-cable coverings ... 204</p> <p>Мордухович И. И. Использование электрической энергии для получения тепла на отопление, для пищевого приготовления и ГВС..... 207</p> <p>Мордухович И. И., Сумбатов Р. А. Использование электрических жидкостных отопительных приборов (электрообогревателей) для отопления жилых помещений... 226</p> <p>Пономарчук І. А., Новицька О. О. Моделювання теплових режимів вертикальних ґрунтових колекторів..... 235</p> <p>Рожкова Л. Г., Радчук О. В., Рожевский Ю. П. Некоторые критерии выбора автономных ветроустановок малой мощности многоцелевого назначения..... 239</p> <p>ПИТАННЯ ЕКОНОМІКИ БУДІВНИЦТВА</p> <p>Гойко А. Ф., Сорокіна Л. В. Удосконалення процедури оцінювання ефективності проектів реконструкції житлових об'єктів засобами теорії нечітких множин..... 245</p> <p>Мартиненко В. О. Формування підходів щодо підвищення ефективності розвитку будівельного комплексу України..... 252</p> <p>Нестеренко С. В. Техніко-економічне порівняння варіантів нових кооперованих і блокованих малооб'ємних тваринницьких будівель 256</p> <p>Савенко В. І., Фіалко Н. М., Савенко С. С., Жук А. А., Савенко О. В. Підвищення ефективності будівництва – раціональний менеджмент, якість, енергозберігаючі технології 262</p> <p>ОСТАННІ НАДХОДЖЕННЯ</p> <p>Ільченко В. В., Сергєєв О. С. Особливості проектування сільських автомобільних доріг 267</p> <p>Литвиненко Т. П., Гасенко Л. В. Розрахунок необхідної щільності велосипедної мережі у населеному пункті 270</p> <p>Степанковський Р. В., Ратушняк Г. С. Дослідження впливу регулюючого пристрою з зручнообтічними виконавчими елементами на втрати тиску в коліні вентиляційної мережі 274</p> <p>Ткаченко І. В. Аналіз розміщення об'єктів сервісу вздовж автомобільних доріг в Україні та за кордоном..... 279</p> <p>Шумаков И. В., Фурсов Ю. В., Обухов В. В. Исследование прочностных характеристик конструкций трубофильтров из полимерных материалов 287</p> <p><i>Автори випуску</i> 292</p>
---	---

А. В. Гасенко
П. А. Юрко

У статті описано етапи проведення комп'ютерного скінченно-елементного моделювання коротких позацентрово-стиснутих залізобетонних елементів, проведеного з метою оптимізації програми послідовних експериментальних досліджень серії аналогічних зразків.

Ключові слова: напружено-деформований стан, позацентровий стиск, залізобетонний елемент, скінченно-елементне комп'ютерне моделювання.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. На даному етапі розвитку будівництва в Україні одними із основних будівельних матеріалів є бетон та арматура. На протязі багатьох років сумісне використання цих матеріалів дозволило швидко та надійно проводити спорудження будівель і споруд різного характеру й призначення. На сьогодні значна частина об'єму будівництва направлена на зведення багатоповерхових будівель під соціальне житло [1]. Тому основної уваги при зведенні будівель приділено до їх енергоефективності, надійності, довговічності, швидкому терміну будівництва із використанням якомога менших трудових та матеріальних ресурсів. Будівництво під соціальне житло котре ведеться в Полтавській області здійснюється із використанням конструктивної системи «КУБ-2.5». Одним з факторів від яких залежить підвищення поверховості таких будівель є несуча здатність колон [2], тому дослідження стиснутих залізобетонних елементів є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Дослідженню міцності стиснутих залізобетонних елементів присвячено достатня кількість робіт, виконаних починаючи із 20 років XIX століття [1, 3]. На даному етапі розвитку теорії залізобетону його розглядають як нелінійно деформований матеріал [2, 4]. Деформаційна модель розрахунку основана на повних діаграмах стану матеріалу [5, 6], знайшла себе в новому ДБН-В.2.6-98:2009 "Бетонні та залізобетонні конструкції" [7]. Це ускладнює розрахункові положення, а в деяких випадках вимагає проведення експериментальних досліджень для поглиблення та отримання додаткових результатів.

Розрахунок і конструювання стиснутих залізобетонних конструкцій на сьогодні розроблені недостатньо, що сповільнює впровадження їх у практику будівництва [8]. Проектування цих конструкцій ведеться в основному згідно з діючими ДБН-В.2.6-98:2009 [7] та посібників до них. У деяких випадках виникає потреба для проведення ряду експериментальних

досліджень направлених на отримання додаткових даних. Для зменшення обсягів експериментальних досліджень можливе створення моделей залізобетонного елемента шляхом комп'ютерного моделювання із використанням чисельних методів розрахунку [9].

Метою даної роботи є моделювання залізобетонних елементів колон із використанням комп'ютерного програмування для дослідження їх напружено-деформованого стану та несучої здатності.

Виклад основного матеріалу. У монолітному каркасному багатоповерховому будівництві колона є основним несучим елементом, що працює на стиск. Міцність її у нормальному перерізі залежить від багатьох факторів, які ускладнюють теоретичний розрахунок. Серед них: мінливість значення зовнішньої сили N та відстань її прикладання e відносно центральних осей перерізу, розташування арматури в перерізі та коефіцієнт армування μ_s , фізико-механічні характеристики бетону f_{cd} , E_{cd} й арматури f_{yk} , E_s , напружено-деформований стан (НДС) у стадії руйнування, висота стиснутої зони бетону x , швидкість та рівень навантаження та інші. Тому отримання повної картини напружено-деформованого стану та міцності залізобетонного елемента залежить від великої кількості результатів експериментальних досліджень. Зменшення кількості та оптимізація розмірів експериментальних зразків можна досягти шляхом комп'ютерного моделювання [9]. Моделювання напружено-деформованого стану (НДС) моделей зразків було виконано за допомогою програмного комплексу скінченно-елементного аналізу MSC NASTRAN (NAsa STRuctural ANalysis) Femap 10.1.1 SC 32bit / 64 bit на електронно-обчислювальних машинах. Цю програму скінченно-елементного аналізу визнано лідером у даному напрямку із-за повного огляду явищ різної фізичної природи досліджуваних матеріалів. Використовувалася учбова демо-версія SDRC-FEMAP 8/1a S/N 000-00-00-DEMO-406F-00000000.

Геометричні моделі досліджуваних віртуальних зразків створювалися безпосередньо в підпрограмі Femap. Сталева та бетонні частини створювалися окремо. Габаритні розміри моделі

складали 120×120×1000 мм. Обов'язково виконувався контроль геометричних характеристик створеного плоского перерізу: площі, положення центра ваги, моментів інерції, моментів опору і радіусу інерції відносно головних осей.

Матеріали моделі – сталева арматура і бетон – задавалися окремо, як ізотропні. Всі властивості матеріалів задавалися у вигляді скалярних величин. Значення фізико-механічних характеристик матеріалів (модуль пружності Юнга E і коефіцієнт поперечних деформацій ν) та закону деформування (σ - ϵ) бралися згідно діючих норм. Приймалося, що розподіл напружень змінюється за законом [7]:

$$\sigma_c = f_{cd} \sum_{n=1}^5 A_n \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c1}} \right)^n, \quad (1)$$

де f_{cd} – розрахункове значення міцності бетону на стиск;

A_n – коефіцієнти, котрі характеризують міцнісні властивості бетону;

ϵ_{c1} – деформації, що відповідають межі міцності бетону при стиску.

Зв'язок між σ_s – ϵ_s описується залежностями:

$$\text{при } 0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{s1} \quad \sigma_s = E_s \cdot \epsilon_s; \quad (2)$$

$$\text{при } \epsilon_{s1} \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{s2} \quad \sigma_s = f_{yk}; \quad (3)$$

де ϵ_{s1} – значення деформацій, які визначають межу пружної ділянки діаграми,

$\epsilon_{s1} = f_{yk} / E_s$; ϵ_{s2} – значення максимальних відносних деформацій арматури, котрі відповідають межі пластичної ділянки діаграми, $\epsilon_{s2} = 2,5\text{‰}$.

Наступним кроком моделювання після ство-

рення геометричної моделі та задавання властивостей матеріалів було створення якісної скінченно-елементної сітки. При розрахунку дуже велике значення має симетрична сітка, так як в іншому випадку розподіл напружень і пластичних деформацій матимуть несиметричний вигляд. При виборі типу та розмірів скінченних елементів, на які розбивалась утворена модель, враховано час створення об'ємної скінченно-елементної сітки, необхідний дисковий простір для проведення персональним комп'ютером розрахунку, точність та збіжність отриманих результатів при розрахунку моделей розбитих різними елементами. Після виконання серії розрахунків однієї і тієї ж моделі, розбитої різними об'ємними елементами (гексаедрами чи тетраедрами із стороною від 0,5 до 10% від найбільшого габаритного розміру зразка), та після порівняння збіжності отриманих результатів, вирішено розбивати модель на тетраедри із стороною рівною восьмій частині розміру робочого поперечного перерізу елемента колони. При таких розмірах скінченно-елементної сітки відхилення від середнього значення напружень порахованого по результатам всіх розрахунків складає до 1,5%, а необхідні ресурси персонального комп'ютера для проведення розрахунку майже однакові у порівнянні з більш крупною сіткою.

Після розбиття об'ємних деталей модельованого залізобетонного елемента (арматурного каркасу та бетонної частин) на скінченні елементи проводилося об'єднання співпадаючих вузлів на гранях сталі та бетону. На рисунку 1, а) показано вигляд модельованого елемента, а також окремо арматурного каркасу (рис. 1, б) після розбиття їх на скінченні елементи.

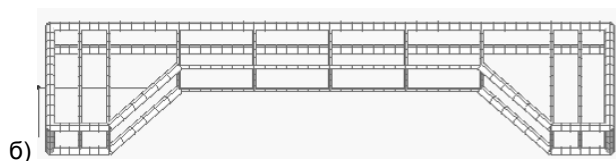
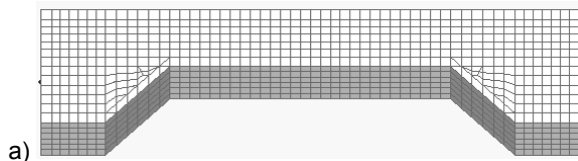


Рис. 1- Загальний вигляд моделі стиснутого елемента після розбиття на скінченні елементи: а) - бетон; б) – арматурний каркас

Під час накладання граничних умов нижній частині елемента колони було заборонено поступальні й обертальні переміщення по всіх трьох осях. Верхній частині – поступальні переміщення у площині перпендикулярній поперечному перерізу колони та обертальні переміщення по всіх трьох осях. Згідно розрахункової схеми прикладення навантаження до елемента колони передавалося через металеву змодельовану вставку, яка була завантажена рівномірно (див. рис. 2). Така схема завантаження та закріплення моделі максимально наблизила модельований елемент до його реальної

роботи в каркасі будівлі.

У результаті проведення розрахунків методом скінченних елементів за допомогою електронно-обчислювальних машин були отримані графіки розподілу відносно головних осей деформацій і напружень на поверхні моделей, в арматурних стержнях та їх числові значення із вказуванням екстремумів. Виконано детальний аналіз місць концентрації напружень у моделі колони. Вигляд моделі колони після деформування показано на рисунку 3. На стовпчику справа показана величина деформацій в метрах.

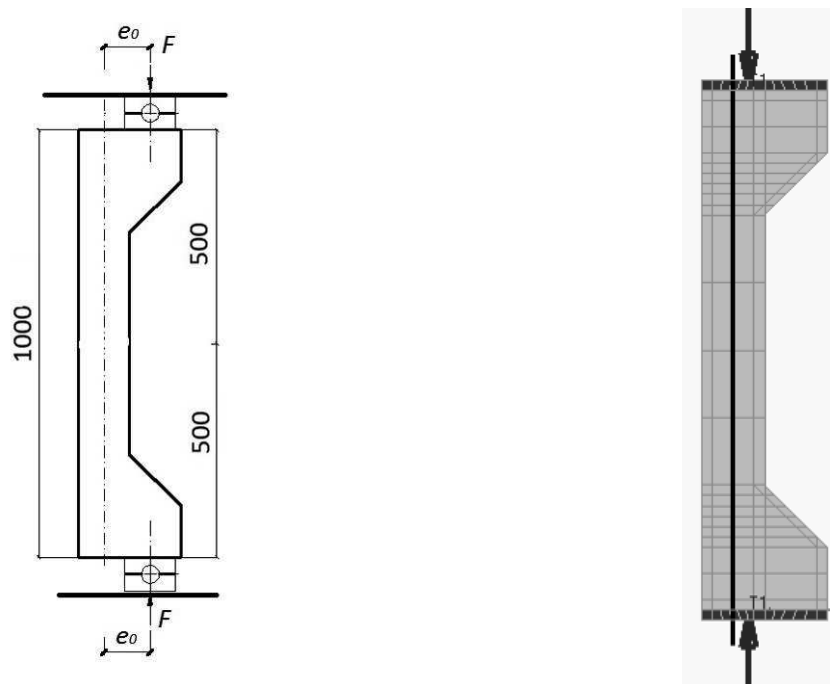


Рис. 2- Схема та ескіз прикладення навантаження на модель зразка

На рисунках 4 і 5 показано розподіл напружень на поверхні та в арматурних стержнях модельованих елементів колон. На шкалі справа показані величина напружень на поверхні бетону та арматури згідно кольорового відтінку.

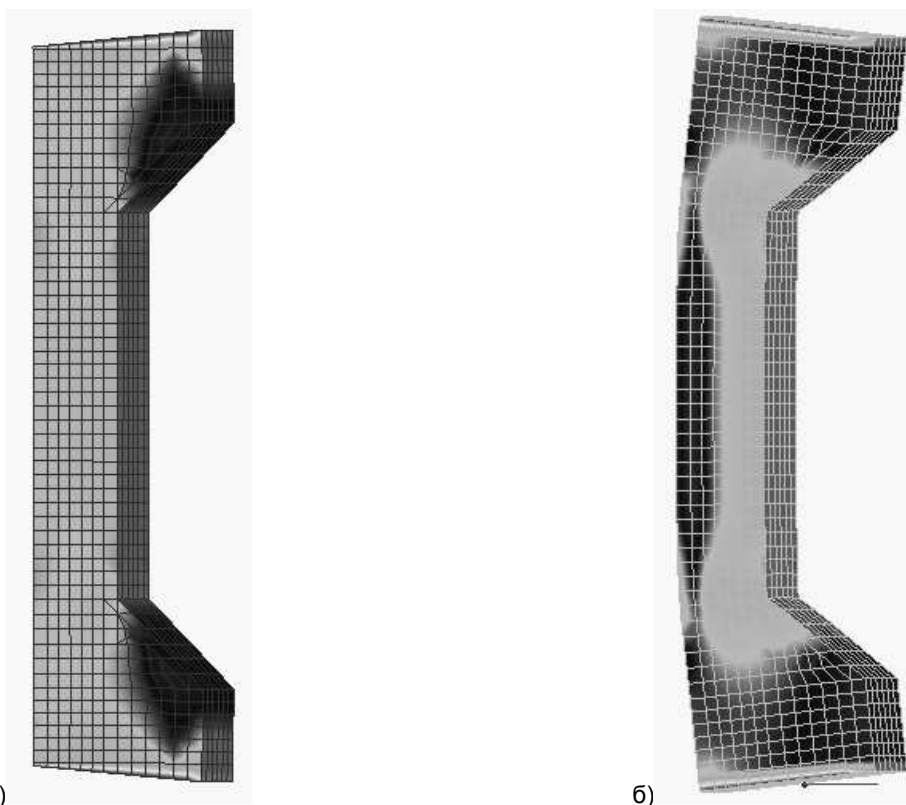


Рис. 3- Схема деформування елемента колони при нульовому ексцентриситеті (а) та при ексцентриситеті прикладення навантаження $e_0 = 30$ мм (б)

Аналізуючи отримані графіки, виділяється картина напружень із найбільшими значеннями, котрі залежать від прикладення зосередженої сили на модель колони. Для зразків із ексцентриситетом $e_0 = 0$ мм (див. рис. 4), максимальні на-

пруження у бетоні та арматурних стержнях, як і слід було чекати, зосереджені в робочій частині зразка розміром 120×120 мм так як тут менша площа поперечного перерізу бетону. Слід відмітити, що ці напруження мають рівномірний

характер по висоті робочої частини зразка, рівній 520 мм.

У елементі колони, котра досліджувалася із ексцентриситетом $e_0 = 30$ мм, картина напружено-деформованого стану дещо відрізняється (див. рис. 5): у місцях зміни перерізу бетону спостерігається сплеск (концентрація) напружень. Екстремальні напруження у цих місцях приблизно вдвічі більша за напруження в основній робочій частині перерізу.

Виконано аналіз значень нормальних та дотичних напружень по всіх головних осях моделі

елементу колони. Аналізуючи нормальні напруження по осях x та y (осі перекриття), відмічено концентрацію розтягуючих напружень у моделях із $e_0 = 30$ мм у місцях зменшення перерізу, що приєднують опорну підшву до елемента моделі колони. Максимальні напруження на стиск у бетону при цьому рівні 15 МПа (межа міцності бетону використаного класу С25/30 на стиск $f_{cd} = 17$ МПа); в арматурних стержнях – 530 МПа (характеристичне значення міцності сталі арматури А400 С на розтяг $f_{ck} = 550$ МПа).

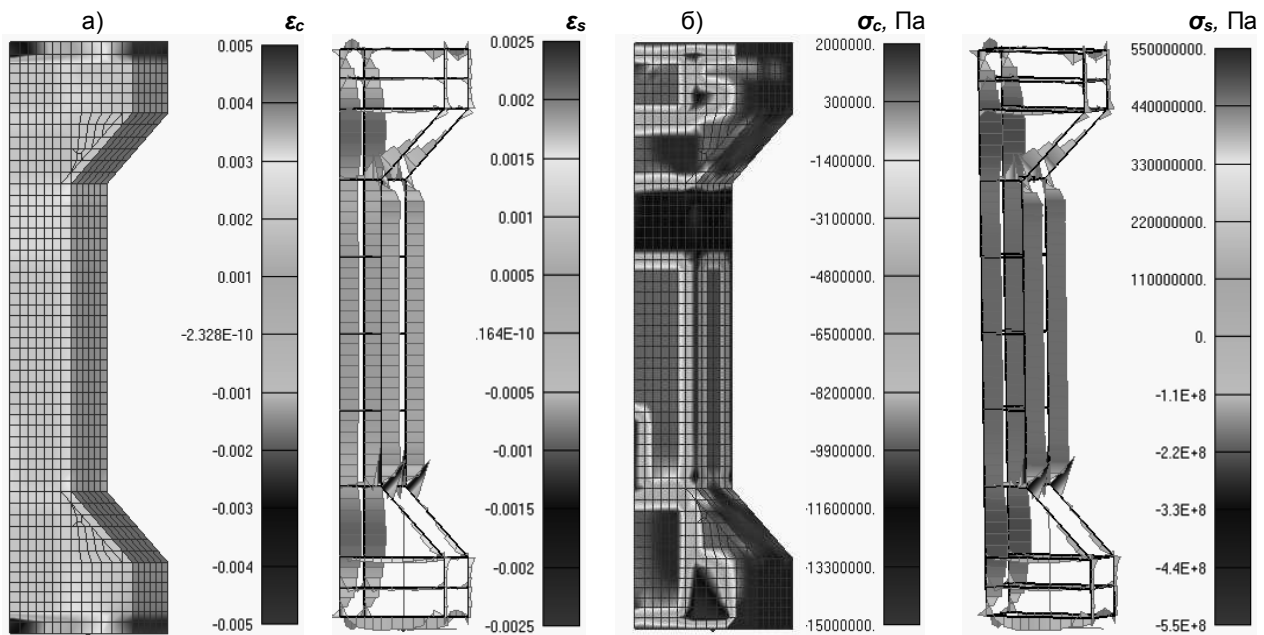


Рис 4-Розподіл поздовжніх деформацій (а) та нормальних напружень (б) відповідно на поверхні бетону та арматури моделей при ексцентриситеті $e_0 = 0$ мм

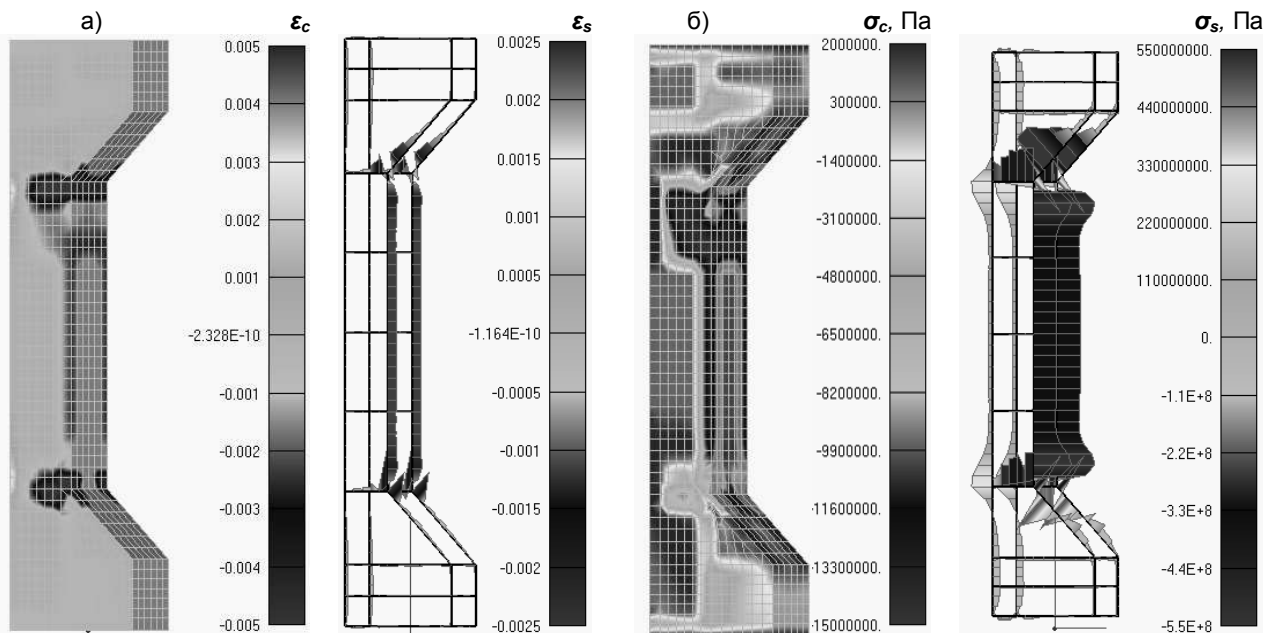


Рис. 5-Розподіл поздовжніх деформацій та нормальних напружень відповідно на поверхні бетону та арматури моделей при ексцентриситеті $e_0 = 30$ мм

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному на-

прямку. Розглядувана модель залізобетонного елемента колони є досить проста і дозволяє про-

вести дослідження напружено-деформованого стану при різному відсотку армування та прикладення зосередженої сили якісно обґрунтованої кількості й без зайвого марнотратного виготовлення експериментальних зразків. Використання комп'ютерної програми для моделювання напружено-деформованого стану нормального перерізу стиснутого залізобетонного елемента колони дозволив виявити місця на конструкції із найбільшими напруженнями. Отримані результати розрахунку на створених і обрахованих мето-

дом скінченних моделей елементів близькі експериментальним результатам і розрахункам попередніх дослідників [9, 10], розбіжність результатів складає не більше 15%.

Таким чином, моделювання напружено-деформованого стану стиснутого елемента дозволило оптимізувати розміри зразків для проведення подальших експериментальних випробувань, а також виділити місця на зразках, на які треба звернути особливу увагу під час проведення експерименту.

Список використаної літератури:

1. Павліков, А. М. Чисельно-аналітичний метод дослідження деформації бетону стиснутої грані залізобетонних елементів залежно від їх форми у момент вичерпання несучої здатності / А. М. Павліков, О. Л. Ляхов, Р. П. Денисюк, О. М. Ступнік // Вісник Сумського національного аграрного університету (серія „Будівництво“) : зб. наук. праць. – Суми, 2005. – Вип. 8(11). – С. 67–73.
2. Павліков, А. М. Розв'язання задач міцності позацентрово стиснутих залізобетонних елементів у нормальному перерізі на основі нелінійної діаграми стану бетону / А. М. Павліков, П. А. Юрко // Збірник наукових праць (галузеве машинобуд., буд-во) / Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – Вип. 1 (29). – С. 61 – 65.
3. Роговой, С. И. Оценка напряженно-деформированного состояния нормального сечения при малых эксцентриситетах, не превышающих размеров ядра сечения / С. И. Роговой, Р. И. Пахомов // Наук. вісник будівництва: зб. наук. пр. – Х.: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2000. – Вип. 14. – С. 283 – 287.
4. Бабич, В. І. Розрахунок залізобетонних елементів і їх перерізів деформаційним методом / В. І. Бабич, Д. В. Кочкар'юв, В. В. Різак // Бетон и железобетон в Украине.– 2004. – №2. – С.2–7.
5. Бамбура, А. Н. Развитие методов оценки напряженно-деформированного состояния несущей способности железобетонных конструкций на основе реальных диаграмм деформирования материалов / А. Н. Бамбура // Научно-практичні проблеми сучасного залізобетону: збірник тез першої Всеукраїнської науково-технічної конференції. – К., 1996. С. 36 – 39.
6. Дорофеев, В. С. Расчет изгибаемых элементов с учетом полной диаграммы деформирования бетона / В. С. Дорофеев, В. Ю. Барданов // Одесса: ОГАСА, 2003. – 210 с.
7. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування (ДБН-В.2.6-98:2009) –К.: Мінрегіонбуд України, 2009.–97с.
8. Митрофанов, В.П. Алгоритм решения задач прочности нормальных сечений железобетонных элементов на основе экстремальных критериев / В. П. Митрофанов, П.Б. Митрофанов // Науковий вісник будівництва: збірник наукових праць.– Х.: ХДТУБА, 2012. – Вип. 69 – С. 137 – 149.
9. Розрахунок на стійкість сталобетонних колон, виконаних із швелерів, методом скінченних елементів з урахуванням дійсних діаграм роботи матеріалів / А.В. Гасенко, А.М. Пашенко, О.О. Голов, В.О. Северин // Сучасні будівельні конструкції із металу та деревини : зб. наук. пр. – Одеса ОДАБА, 2011. – Вип. №15, ч. 2. – С. 70 – 74.
10. Шкурупій, О. А. Розрахунок міцності нормальних перерізів центрально стиснутих залізобетонних елементів із застосуванням екстремального критерію / О. А. Шкурупій, Д. М. Лазарев // Вісник вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: ВПІ, 2006. – №4. – С.20 –33.

Гасенко А.В., Юрко П.А. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПУТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.

В статье описаны этапы проведения компьютерного конечно-элементного моделирования коротких внецентренно-сжатых железобетонных элементов, проведенного с целью оптимизации программы последующих экспериментальных исследований серии аналогичных образцов.

Ключевые слова: *напряженно-деформированное состояние, внецентренное сжатие, железобетонный элемент, конечно-элементное компьютерное моделирование.*

Gasenko Anton, Jurko Pavel PREDICTION OF STRAIN-DEFORMATION CONDITION OF COMPRESSED REINFORCED CONCRETE ELEMENTS BY MEANS OF COMPUTER SIMULATION.

This article describes the stages of computer finite element modeling of short-eccentrically compressed reinforced concrete elements. The numerical experiment was carried out in order to optimize the program follow a series of experimental studies of similar samples. Calculations were performed using the software package MSC NASTRAN for Windows.

Proposed model reinforced concrete elements column is quite simple. It allows you to conduct a study of the strain-deformation condition at different percentages of reinforcement and application of concentrated force qualitatively reasonable quantities and without unnecessary wasteful samples of. Dimensions models of the samples were 120×120×1000 mm. Model materials – steel and concrete – were set separately as isotropic materials. The value of physical and mechanical properties of materials (Young's modulus E and coefficient of transverse deformation ν) and the law of deformation (σ - ϵ) were taken according existing regulations. Wondered construction materials: steel – as an elastic, concrete – as elastic-plastic materials because the beginning of the formation of microcracks in concrete occurs at lower loads than the fluidity of the concrete. The type and size of the finite element depended on the creation of volume

finite-element mesh required, disk space for computer calculation, accuracy and convergence of the results obtained in the calculation models divided the various elements. Finally decided to break the model in tetrahedrons of side equal eighth of the size of the working element cross-section of the column.

As a result of calculations by finite element method using computers were obtained showing the distribution with respect to the principal axes of strain and stress on the surface patterns, reinforcing rods and their numerical values with indication of extremes. For samples with zero eccentricity of application of the load maximum stress in the concrete and reinforcing rods are concentrated in the working sample size of 120×120 mm. For examples of application of the load eccentricity 30mm in places sectional concrete changes observed stress concentration. Extreme stress in these places about twice larger than the tension in the main part of the working section. Thus, the use of a computer program to simulate the strain-deformation condition of normal cross-section of compressed reinforced concrete elements of the column revealed a place for the construction of major stress.

Keywords: strain-deformation condition, eccentric compression, reinforced concrete element, finite element computer modeling.

Дата надходження в редакцію: 15.10.14 р.

Рецензент: к.т.н., професор Душин В.В.

УДК 539.3

КРИТИЧНИЙ СТАН ВЗАЄМОДІЇ ХВИЛЬ СИЛЬНИХ РОЗРИВІВ З ПЛОЩИНОЮ РОЗДІЛУ СУЦІЛЬНОСТІ ПРУЖНОГО СЕРЕДОВИЩА

Г. М. Іванченко

На основі променевого методу розроблена методика дослідження кінематики і динаміки взаємодії хвиль сильних розривів із поверхнею розділу суцільності пружного середовища. Встановлено, що кінематичні і динамічні умови критичних станів взаємодій поперечних хвиль сильних розривів з поверхнями розділу суцільності пружного середовища настають одночасно.

Ключові слова: пружне середовище, хвилі сильних розривів, взаємодія, критичні стани.

Вступ. Вивчення процесів перетворення сейсмічних хвиль в тектонічних структурах, дослідження особливостей проходження їх через неоднорідності в середовищах, умов виникнення аномальних явищ та механізмів підсилення або ослаблення цих хвиль є передумовою розробки інженерних заходів захисту споруд від впливу динамічних явищ в основі, викликаних техногенними чинниками або землетрусом – одним з найбільш руйнівних явищ природи (час і місце виникнення якого спрогнозувати практично неможливо). Механізми зміни інтенсивності хвилі в багатшаровому середовищі пов'язані із виникненням геометричних сингулярностей (акустик) на хвильових фронтах [1] і фокусуванням або розсіюванням хвиль випуклими і ввігнутими вільними поверхнями середовищ [2, 3], поверхнями розділу середовищ [4, 5, 6, 7] та пружними лінзами [6, 8]. Для моделювання і вивчення явищ перетворень нестационарних хвиль в неоднорідних і шаруватих пружних середовищах зручно використати модель хвиль сильних розривів (на фронтах яких терплять розрив похідні нижчих порядків від польової функції) в трансверсально-ізотропному середовищі і аналізувати їх за допомогою нульового наближення променевого методу, що дозволяє будувати fronti хвиль і визначати величину розривів параметрів хвиль на цих фронтах [9, 10, 12]. При використанні цього методу еволюцію поверхні фронту хвилі сильних розривів описує рівняння ейконалу, нульовий член ряду апроксимації визначає величину розриву польової функції на поверхні фронту, а решта членів ряду – зміну поля за фронтом. З використанням такого

підходу виконані дослідження критичних станів взаємодії хвилі сильних розривів з криволінійними поверхнями і межами розділу середовищ [2, 4-8].

Критичні стани взаємодії хвиль сильних розривів з неоднорідностями середовищ мають місце при самих простих дифракційних перетвореннях на плоских поверхнях розділу не лише анізотропних пружних середовищ, а навіть ізотропних. Вони обумовлені деякими критичними кутами падіння фронту, коли лінія перетину падаючої, заломлених і відображених хвиль рухаються по поверхні розділу середовищ з певною критичною швидкістю. Для вивчення цих явищ є потреба у побудові фронтів відображених і заломлених хвиль (кінематична задача) та у визначенні їх інтенсивностей (динамічна задача). Для розв'язування кінематичної задачі, яка для анізотропних середовищ є суттєво нелінійною, застосовується метод Ньютона з використанням алгоритму, викладеному у роботі [5]. Для підрахунку магнітуд розривів польових функцій на фронтах хвиль зручно використати нульове наближення променевого методу з використанням алгоритму, що базується на умові збереження кількості руху при ударній взаємодії падаючої хвилі, відображених і заломлених [12]. При використанні такої методики (в рамках теорії лінійних ідеальних пружних середовищ) критичними вважаються стани, при яких інтенсивності хвиль, що сформувались внаслідок дифракції, прагнуть до нескінченності.

Ціллю цієї роботи є дослідження взаємодії хвиль сильних розривів з площиною розділу суцільності пружного середовища та з'ясування

АВТОРИ ВИПУСКУ

Chuy I. O., student, Kyiv National University of Construction and Architecture
Didenko K. S., student, Kyiv National University of Construction and Architecture
Gasii G. M., Ph.D., Professor, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University
Parhomenko I. O., graduate student, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University
Semko O. V., Dr. Sc., Professor, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University
Semko P. O., master, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University
Sklyarov I. O., Ph.D., Senior Scientist, Kyiv National University of Construction and Architecture
Voskobiynuk O. P., Dr. Sc., Senior Scientist, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University
Адаменко В. М., к.т.н., доцент, Київський національний університет будівництва та архітектури
Байда Д. М., к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет
Березюк О. В., к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет
Битько Н. М., к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет
Бойко В. В., ст. викладач, Черкаський державний технологічний університет
Бондар А. В., асистент, Вінницький національний технічний університет
Буряк А. О., аспірант, Київський національний університет будівництва та архітектури
Велитченко С. Г., студент, Сумський будівельний коледж
Винников Ю. Л., д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Галінська Т. А., к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Гасенко А. В., к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія
Гасенко Л. В., аспірант, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Гейко І. П., аспірант, Київський національний університет будівництва та архітектури
Гойко А. Ф., к.е.н., професор, Київський національний університет будівництва та архітектури
Дворкін Л. Й., д.т.н., професор, Національний університет водного господарства та природокористування
Довженко О. О., к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Дробниченко Е. Ю., студент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Друкований М. Ф., д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет
Жук А. А., начальник відділу, податкова інспекція м. Київ
Зоценко М. Л., д.т.н., професор, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Іванченко В. Г., аспірант, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Іванченко Г. М., д.т.н., доцент, Київський національний університет будівництва та архітектури
Ільченко В. В., к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Кичаєва О. В., к.т.н., доцент, Харківський національний університет будівництва та архітектури
Кіщенко А. О., аспірант, Київський національний університет будівництва та архітектури
Коваленко В. І., к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Ковальський В. П., к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет
Корзаченко М. М., викладач, Чернігівський національний технологічний університет
Корнієнко М. В., к.т.н., професор, Київський національний університет будівництва та архітектури
Костюк Н. А., аспірант, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Кочкар'єв Г. В., аспірант, Національний університет водного господарства та природокористування
Крупченко О. А., к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Кузнєцова О. В., асистент, Черкаський державний технологічний університет
Ларцева І. І., к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Лемешев М. С., к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет
Литвиненко Т. В., аспірант, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Литвиненко Т. П., к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Мартиненко В. О., к.держ.упр., доцент, ДВНЗ «Українська академія банківської справи Національного банку України»
Марченко В.І., к.т.н., ст. викладач, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Матузний Д. С., студент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Михайловський Д. В., к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Могсен Раджабадзе, магістр, Харківський національний університет будівництва та архітектури
Мордохович І. І., к.т.н., головний інженер, ТОВ «Інвест-Г»
Нестеренко С. В., к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Нестеренко Т. М., к.т.н., Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Новицька О. О., студентка, Вінницький національний технічний університет
Новицький О. П., аспірант, Сумський національний аграрний університет
Обухов В. В., заступник директора, ТОВ «СіПіЕм»
Овсак І. І., пошукувач, Одеська державна академія будівництва та архітектури
Овсій Д. М., студент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Омелянчук В. В., магістр, Національний університет водного господарства та природокористування
Орел О. В., провідний інженер, ДП ПАТ «СУМБУД» «Головна випробувальна лабораторія в будівництві»
Очеретний В. П., к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет
Петраш А. В., к.т.н., ст. викладач, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Петраш Р. В., к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Петраш С. В., к.т.н., доцент, Одеська державна академія будівництва та архітектури
Петровська О. А., магістр, Вінницький національний технічний університет
Писаренко І. Д., магістр, Вінницький національний технічний університет
Пікуль А.В., інженер-аналітик, ТОВ «ЛІРА-САПР»
Піталенко В. В., начальник, ДП ПАТ «СУМБУД» «Головна випробувальна лабораторія в будівництві»
Погрібний В. В., к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Пономарчук І. А., к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет
Попович Н. Н., к.т.н., ст. викладач, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Попок К. В., аспірант, Київський національний університет будівництва та архітектури
Радчук О. В., к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет
Ратушняк Г. С., к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

Рожевский Ю. П., ст. викладач, Сумський національний аграрний університет
Рожкова Л. Г., к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет
Савенко В. І., к.т.н., доцент, Київський національний університет будівництва та архітектури
Савенко О. В., провідний архітектор, ТОВ «Інжпроектсервіс»
Савенко С. С., студент, Київський національний університет будівництва та архітектури
Сергєєв О. С. ст. викладач, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Сердюк Т. В., доцент, Вінницький національний технічний університет
Сідлак О. С., студент, Вінницький національний технічний університет
Сіробаба В. О., аспірант, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Сіянов О. І., к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет
Скрипник М. М., магістр, Національний університет водного господарства тф природокористування
Смоляк В. В., к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет
Смоляр А. М., к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет
Сорокіна Л. В., д.е.н., доцент, Київський національний університет будівництва та архітектури
Степанковський Р. В., аспірант, Вінницький національний технічний університет
Степасюк Ю. О., аспірант, Національний університет водного господарства тф природокористування
Субін-Кожевнікова А. С., інженер-проектувальний, ТОВ «АПМ «Плясовиці»
Сумбатов Р. А., почесний президент ПАТ «СУМБУД»
Ткаченко І. В., к.т.н., Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Фіалко Н. М., д.т.н., професор, Київський національний технічний університет «КПІ»
Франишина С. Ю., здобувач, Вінницький національний технічний університет
Фурсов Ю. В., к.т.н., професор, Харківський національний університет будівництва та архітектури
Харченко М. О., к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Харченко М. О., к.т.н., ст. викладач, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Хороша О. І., інженер-проектувальний, концерн «Поділля»
Хохлин Д. А., к.т.н., доцент, Київський національний університет будівництва та архітектури
Чурса Ю. В., к.т.н., доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Шеховцов І. В., к.т.н., доцент, Одеська державна академія будівництва та архітектури
Шумаков І. В., к.т.н., професор, Харківський національний університет будівництва та архітектури
Юрко П. А., завідувач лабораторії опору матеріалів, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Юрченко С. В., аспірант, Черкаський державний технологічний університет