

АНОТОВАНИЙ ЗВІТ №5

№ 36/10.01.02

по етапу «Дослідження проблем довговічності, надійності та безпечної експлуатації об'єктів реконструкції».

кафедральної науково-дослідної роботи «Побудова теорії опору складених залізобетонних конструкцій на основі механіки руйнування залізобетону та її комп'ютерне моделювання».

1. Навчально-науковий інститут аеропортів, кафедра комп'ютерних технологій будівництва

2. Науковий керівник: доцент кафедри комп'ютерних технологій будівництва, кандидат технічних наук, доцент Яковенко І.А.

3. Відповідальний виконавець: доцент кафедри комп'ютерних технологій будівництва, кандидат технічних наук, доцент Яковенко І.А.

4. Виконавці:

Лапенко О. І., д.т.н., проф., зав. каф.

Колчунов В. І., д.т.н., проф.

Мостовий С. В., д.ф.-м.н., проф.

Барабаш М. С., д.т.н., доцент

Яковенко І. А., к.т.н., доцент

Родченко О. В., к.т.н., доцент

Гирич В. Ю. к.т.н., доцент

Костира Н. О., к.т.н., доцент

Скребнєва С. М. к.т.н., доцент

Омельченко К. В. к.т.н.

Машков І. Л. доцент

Білокуров П. С. к.т.н.

Дмитренко Є.А., к.т.н. асистент

Глушаниця А.І., к.т.н., асистент

Ромашкіна М.А., к.т.н., асистент

Башинський Я. В., аспірант

Роман А.О., аспірант

Гарба М. О., здобувач

Калініченко А.С., здобувач

Баранецький А.О, здобувач

Лимар Я. В., здобувач

5. Термін виконання НДР 15.09.2015 – 30.06.2020 та цього етапу 01.09.17 – 31.12.17

6. Що зроблено за звітний період, основні результати, конкретний внесок кожного виконавця в розробку етапу НДР (до 2-5 стор.).

Однією з особливостей довговічності, надійності та подальшої експлуатації посилених збірно-монолітних конструкцій є спільна робота двох або декількох бетонів із різними характеристиками міцності і деформативними властивостями. Цим визначається ряд специфічних питань розрахунку і конструювання конструкцій даного класу, а саме: забезпечення міцності контакту бетонів; врахування відмінності деформації повзучості і усадки "збірного" і "монолітного" бетонів і їхніх механічних характеристик; вплив попереднього завантаження збірного елемента на деформативність і тріщиностійкість всієї конструкції; перерозподіл внутрішніх зусиль між "збірним" і "монолітним" бетонами, між бетонами і арматурою.

Аналіз відомої літератури з дослідної проблеми показує, що всі існуючі пропозиції по розрахунку залізобетонних складених конструкцій можна умовно розділити на наступні **три групи**:

- факт посилення під навантаженням і вплив роботи конструкції до посилення на властивості посиленої конструкції повністю ігнорується;
- відповідних СНиП 2.03.01–84 * «Бетонні і залізобетонні конструкції», у яких врахування посилення під навантаженням проводиться за допомогою експериментальних коефіцієнтів умов роботи при посиленні;
- враховують історію завантаження і нелінійність деформування посиленних конструкцій.

Лапенко О. І. Запропонував нову конструкцію сталезалізобетонного перекриття зі сталевими балками та монолітною плитою по сталевим оцинкованим профільованим настилам рекомендується застосовувати під час зведення і реконструкції багатоповерхових і малоповерхових промислових, цивільних і громадських спорудах, відкритих промислових етажерках, транспортних галереях і т. п.

Отримав результати дійсного напружено-деформованого стану під час проведених експериментальних досліджень залізобетонних балок, підсилених сталевією пластиною за допомогою склеювання.

Розробив практичну методик розрахунку міцності сталезалізобетонних конструкцій з використанням залежностей, яка дає точність 11,4%.

Колчунов В.І. Розробив методик проведення експериментальних досліджень залізобетонних конструкцій, у тому числі складених, що працюють на складний опір – кручення зі згином. Запропонував нову класифікацію тріщин, які виникають у період впливу різних силових факторів.

Мостовий С. В. запропонував математичну реалізацію моделей розрахункових та конструктивних схем несучих конструкцій будівель та споруд, які потребують посилення за допомогою програмного комплексу MathCAD.

Барабаш М.С. запропонувала комп'ютерну реалізацію розрахункових схем та моделей несучих конструкцій будівель та споруд, з урахуванням їхнього життєвого циклу та існуючого періоду експлуатації за допомогою програмного комплексів Ліра-САПР 2017, Сапфір, МОНОМАХ.

Розроблено методик моделювання дефлаграційного вибуху газу на будівлі та споруди, який є найбільш поширеним запроектним навантаженням.

Визначено змінну в часі та просторі інтенсивність навантаження на будівельні конструкції від дефлаграційного вибуху газу.

Яковенко І. А. систематизував існуючі способи розрахунку тріщиностійкості, ширини розкриття тріщин та відстаней між ними при розрахунку залізобетонних конструкцій в Україні, країнах близького зарубіжжя, Європейського Союзу, США, Великої Британії, тощо. Приймав участь у розробці методик проведення експериментальних досліджень складених залізобетонних вузлів, які посилені залізобетоном.

Родченко О. В. розробив модель двошарової монолітної цементобетонної плити аеродромного покриття, що працює без взаємного ковзання конструктивних шарів.

Гирич В. Ю. надала практичні рекомендації щодо впливу існуючої забудови на несучі конструкції будівель та споруд, які підлягають реконструкції.

Костира Н.О. проаналізувала фактори, що впливають на визначення стабільності проектування при реконструкції, капітальному ремонті об'єктів будівництва на сейсмонебезпечних територіях з урахуванням категорії ґрунтів, конструктивного рішення будівлі і класу наслідків (відповідальності).

Скребнєва С. М. проаналізувала та запропонувала системи гідроізоляції в будівлях і спорудах, а також в сучасних системах бетонних та залізобетонних конструкцій.

Омельченко К. В. перевірила запропонований розрахунковий апарат щодо визначення параметрів жорсткості залізобетонних конструкцій, що працюють на згин та експлуатуються у будівлях та спорудах, які потребують посилення та реконструкції.

Білокуров П. С. запропонував передумови для вибору розрахункових схем будівель та споруд, які потребують посилення та виконані зі сталі залізобетону.

Машков І.Л. запропонував чисельні математичні моделі сталезалізобетонних конструкцій на основі прикладних програмних комплексів. Достовірність отриманих даних, в цьому випадку, залежить від правильного вибору моделі чисельного експеримента, яка за всіма параметрами відповідала б фізичній суті роботи натурної конструкції.

Дмитренко Є.А. приймав участь у проведенні експериментальних досліджень щодо визначення напружено-деформованого стану залізобетонних зразків при сумісній дії арматури з бетоном. Використав запроповані нелінійні аналітичні стрижневі моделі зчеплення між арматурою та бетоном у залізобетонних конструкціях при проведенні чисельних досліджень.

Глушаниця А.І. виконала розрахунок раціональних сталезалізобетонних конструкцій покриття за деформаційним методом, що показує результати, близькі до експериментальних та чисельних досліджень, проведених раніше. Інженерна методика з використанням цих залежностей дає точність 11,4%. Для прийнятих в дослідженні меж відсотків армування від 8 до 16% збільшення несучої здатності лінійних елементів раціональних сталезалізобетонних конструкцій покриття на дію згинального моменту за рахунок бетону відбувається в межах 30%.

Приймала участь у розробці практичної методики розрахунку міцності досліджуваних сталезалізобетонних конструкцій. Інженерна методика з використанням залежностей дає точність 11,4%. Для інженерного визначення несучої здатності лінійних елементів з армуванням 8-16% створених раціональних сталезалізобетонних конструкцій пропонується використовувати розроблений алгоритм розрахунку.

Результати роботи були використані на реальних об'єктах та впроваджені в навчальний процес НАУ.

Ромашкіна М.А. Підтвердила збіжність картини розвитку тріщин та НДС з фактичним розташуванням пошкоджень конструкцій будівлі в якій стався вибух газу. Так розрахунок скінченно-елементних моделей дав відхилення стіни від вертикалі 164мм, а в результаті обстеження встановлено, що в результаті вибуху стіни будівлі зрушили з монолітних поверхових поясів на величину до 150 мм (похибка 9.3%).

Розроблено методику та реалізовано алгоритми, що дозволяють проаналізувати напружено-деформований стан будівельних конструкцій будівель і споруд при запроектних впливах. Запропоновано методику і алгоритм моделювання аварійної ситуації, що дозволить більш обґрунтовано проектувати будівлі і споруди та прогнозувати залишкову несучу здатність конструкцій при реконструкції, мінімізувати відмови, що призводять до аварійної ситуації, або кількість локальних руйнувань у конструктивних системах.

Визначений НДС від запроектних впливів, дозволив розробити заходи щодо підвищення жорсткості конструкцій, що збільшило загальну жорсткість будівлі на 15%.

Результати досліджень впроваджено у програмний комплекс ЛІРА-САПР.

Результати роботи впроваджені у виробничу діяльність ТОВ «Інститут сучасного проектування» при розрахунку та проектуванні будівельних об'єктів для оцінки НДС конструкцій від впливу запроектних навантажень (офісно-житловий комплекс по бульвару Дружби Народів 14-16 в м. Києві, комплекс будівель та споруд Міжнародного виставкового центру на Броварському проспекті, 15).

Результати роботи впроваджені у виробничу діяльність організації «PROGRESI» LTD, для розрахунку і проектування конструкцій будівель і споруд, які проектуються на території Грузії. Впровадження методики розрахунку, наведеної в дисертаційній роботі, дозволили виявити ефект пристосування конструкцій до запроектного впливу (вибуху побутового газу), що призвело до зниження матеріалоємності при посиленні та реконструкції аварійного житлового будинку (м. Тбілісі, II м / р-н, жив. корп. # 25) на 18.5%

Башинський Я. В. моделював силові впливи, які діють та викликають граничні навантаження метрополітену. Виконав та систематизував їхній вплив на несучі конструкції споруд метрополітену та їхній напружено-деформований стан.

Роман А.О. чисельно моделював напружено-деформований стан будівель та споруд з урахуванням процесу зведення будівель. Запропонував методику

для визначення впливу нової забудови на існуючі конструкції будівель та споруд під час проведення реконструкції.

Гарба М. О. проводив експериментальні дослідження залізобетонних конструкцій, у тому числі складених, що працюють на складний опір – кручення зі згином. Отримав нові експериментальні дані деформування бетону, арматури, ширини розкриття нормальних та похилих тріщин, тощо, які в значній мірі доповнюють наявний експериментальний матеріал.

Калініченко А.С. запропонував нові розрахункові схеми вузлів цивільних та промислових будівель та споруд, представив приклади моделювання у сучасних програмних комплексах. Розглянув зусилля та інші силові впливи, які діють на вузли складених залізобетонних конструкцій.

Баранецький А.О. виконав арматурні каркаси залізобетонних вузлових з'єднань, зробив опалубку та провів бетонування дослідних зразків.

Приймак О.А. виконав експериментальні дослідження деформативності шву між різними бетонами залізобетонних складених конструкцій при варіюванні класів бетону.

Лимар Я.В. розробила нову класифікацію базових тріщин у залізобетонних конструкціях сейсмостійких будівель, в основу якої покладено геометричну, силову (деформаційну) і межсредовищну концентрацію напружено-деформованого стану з відповідними джерелами-концентраторами:

6. Даний анотований звіт розглядався та обговорювався на засіданні кафедри комп'ютерних технологій будівництва ННІАП 12 грудня 2017 року, протокол №18.

В результаті розгляду прийнято рішення ухвалити звіт про науково-дослідну роботу

8. В разі, якщо дану НДР закінчено в поточному звітному році, та якщо вона, на роздум авторів розробки, виконана на рівні кращих світових зразків та має конкурентну спроможність на світовому ринку – РЕКЛАМА виконаної роботи українською та англійською мовами (окремо) по півсторінки тексту кожною мовою).

Завідувач кафедри (підпис)

О. Лапенко

Науковий керівник (підпис)

І. Яковенко

З анотованим звітом ознайомився:

Директор ННІАП

О. Чемакіна

ВИСНОВКИ ПО ЕТАПУ

За результатами виконаного етапу (з 01.09.17 – 31.12.17) «Дослідження проблем довговічності, надійності та безпечної експлуатації об'єктів реконструкції» з науково-дослідної роботи *«Побудова теорії опору складених залізобетонних конструкцій на основі механіки руйнування залізобетону та її комп'ютерне моделювання»* встановлено наступне:

1. Вивчені нові ефекти опору залізобетону та модернізовані робочі розрахункові гіпотези, а саме:

- ефект порушення суцільності;
- сформульована нова гіпотеза зосередженого зсуву у шві між бетонами, яка дозволила знизити на порядок диференційні рівняння складених стрижнів А.Р. Ржаніцина.

- гіпотеза плоских перерізів із урахуванням зосередженого зсуву у місці контакту бетону з арматурою.

2. Запропонована методика визначення жорсткості залізобетонних конструкцій на різних ділянках довільно орієнтованих (у тому числі, які перетинаються) дискретних тріщин відповідно до запропонованої класифікації, яка базується як на використанні одиничних «смужок», для виконання аналітичного розрахунку, так і на підключенні до розрахунку ПК «Ліра -САІР». У першому варіанті розглядається уявна тріщина і пари плоских скінченних елементів (СЕ), що прилягають до неї (без «розшивання» та з їх «розшиванням»), а в другому варіанті – «розшивання» плоских СЕ здійснюється відразу за всією траєкторією реальної тріщини; при цьому в обох варіантах арматурні стрижні не «розшиваються».

3. Розроблено методика та проведені експериментальні дослідження (а також проаналізовано накопичений «банк» дослідів інших авторів) про характер і ефекти деформування, утворення, розвитку і розкриття тріщин у залізобетонних конструкціях, у тому числі складених на основі досліджень плоского НДС бетону, повздовжньої і поперечної арматури при різних схемах навантаження, характері армування, класах бетону, рівнях попереднього

напруження, які надають можливість виконати перевірку і підтвердити ефективність запропонованих розрахункових моделей.

4. Запропоновано алгоритм перевірки адекватності створеної розрахункової моделі руйнування конструкції при запроектних впливах та її співставлення з результатами натурних спостережень та обстежень.

5. Дістали подальшого розвитку засоби моделювання будівель при впливі запроектних навантажень для виявлення резервів несучої здатності конструктивних елементів.

6. Удосконалено конструктивні рішення нових сталезалізобетонних конструкцій з'єднаних за допомогою склеювання:

– отримали подальшого розвитку спрощені методи розрахунку залізобетонних конструкцій з симетричним листовим армуванням з урахуванням нормативних залежностей $\sigma_c - \epsilon_c$;

– удосконалено методики розрахунку несучої здатності та оцінювання напружено-деформованого стану сталезалізобетонних конструкцій з'єднаних за допомогою склеювання;

7. Розроблено методику проведення експериментальних досліджень залізобетонних конструкцій при дії зчеплення арматури з бетоном;

– отримано нові експериментальні дані про параметри зчеплення арматури з бетоном;

– дістало подальший розвиток дослідження особливостей роботи бетону в комплексному сталезалізобетонному перерізі під навантаженням, що дозволяє зробити висновок про сумісну роботу елементів конструкції.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Барабаш М. С.* Моделирование усиленных конструкций композитными материалами в ПК «ЛИРА-САПР» / А.В. Пикуль, О.Ю. Башинская // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2017. – Vol. 13, Issue 1. – P.34-41. *(видання входить до наукометричної бази даних Web of Science).*
2. *Барабаш М. С.* Methods of modeling of composite materials and composite structures on «LIRA-SAPR» / А.В. Пикуль, О.Ю. Башинская, Ю.В. Гензерский // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2017. – № 1(48) – С. 129–137. *(видання входить до наукометричної бази даних Web of Science).*
3. Башинская О. Ю. Математическое моделирование пластических деформаций бетона с учётом изменения температурного режима эксплуатации / О. Ю. Башинская // Проблеми розвитку міського середовища. – 2017. – Вип.1 (17) – С. 35–45. *(стаття у фаховому виданні України)*
4. Varabash M. Methods of modeling of composite materials and composite structures on «LIRA-SAPR» / Varabash M., Genzerskyi I., Pikul A, Bashynska O. // Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – 2017. – № 1(48) – С. 129–137. *(Видання входить до міжнародної наукометричної бази даних Index Copernicus).*
5. Костира Н.О. Визначення стабільності проектування при капітальному ремонті об'єктів будівництва на сейсмонебезпечних територіях / Н.О. Костира, О.М. Малишев // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. збірник – К., КНУБА, 2016. – Вип. 59. – С. 176-181. *(стаття у фаховому виданні України)*
6. Костира Н.О. та ін. Визначення вітрових навантажень висотних будівель в умовах щільної міської забудови // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК – К., 2016. – Вип. 254. – С. 329-337. *(стаття у фаховому виданні України, внесено до бібліографічних баз наукових публікацій PИИЦ, Ulrich's Periodicals Directory, USJ, BASE, SIS, AGRIS)*

7. Костира Н.О. Оцінювання технічного стану конструкцій будівель та інженерних споруд з урахуванням геопатогенних зон // Вісник будівельника (будівництво: контроль та нагляд) – К., березень 2017. – Вип.1. – С. 44-48. *(стаття у фаховому виданні України)*

8. Махінко А.В. Особливості імовірнісного розрахунку висотних споруд при врахуванні випадковості обох складових вітрового впливу / А.В. Махінко, Н.О. Махінко. - Підводні технології. – 2017. – Вип.06. – С. 16-27. *(стаття у фаховому виданні України)*

9. Особливості роботи залізобетонних плит по профільованому настилу./Лапенко О.І., Скребнева С.М., Глушаниця А.І., Скребнева Д.С. / Проблеми розвитку міського середовища: Наук.-техн. Збірник / – К.: ЦП «Компринт», 2017. – вип.. 2 (18.). –С. 89-96. *(стаття у фаховому виданні України)*

10. Calculation of compressed and bended steel reinforced concrete constructions in the retained formwork /O. Lapenko, D. Skrebnieva, O. Shevchenko, N. Masud /Зб. наук. праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2017 *(стаття у фаховому виданні України)*