IV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ: СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ТА КОНСТРУКЦІЇ

РОБОЧА ПРОГРАМА ТА ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

м. Київ
26-27 квітня
2023

КНУБА

КАФЕДРА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
ТА КАМ’ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

РОБОЧА ПРОГРАМА ТА ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

IV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ
СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ:
СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ТА КОНСТРУКЦІЇ

26 квітня 2023 року

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31

ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

КОНФЕРЕНЦІЯ ВІДБУДЕТЬСЯ ЗА УЧАСТІ

Міністерство освіти і науки України,

Міністерство оборони України,

Академія будівництва України.

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Куліков П.М. – голова
Чернишев Д.О.- співголова
Журавський О.Д.- заступник голови

Азізов Т.Н.,
Бабич Є.М.,
Бамбура А.М.,
Барабаш М.С.,
Білик С.І.,
Бліхарський З.Я.,
Demchyna Bohdan,
Дорофєєв В.С.,
Gigineishvili Johni,
Іванченко Г.М.,
Kinasz Roman,
Клімов Ю.А.,
Клименко Є.В.,
Лапенко О.І.,
Лізунов П.П.,
Павліков А.М.,
Пушкарьова К.К.,
Савицький М.В.,
Stemberk Peter,
Суханевич М.В.,
Шмуклер В.С.

МЕТА КОНФЕРЕНЦІЇ

Системне дослідження проблем проектування, розрахунку та експлуатації будівель та споруд спеціального призначення

МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ КОНФЕРЕНЦІЇ

Київ Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський проспект, 31.

Конференція буде проведена у дистанційній формі на платформі Zoom

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦІЇ

- Сучасні будівельні матеріали та технології для будівель спеціального призначення.
- Методи розрахунків будівель та споруд.
- Експериментальні дослідження конструкцій для будівель та споруд спеціального призначення.
- Проектування будівель та споруд спеціального призначення.
- Технічний стан, реконструкція та підсилення будівель та споруд.
- Комп'ютерне моделювання конструкцій будівель і споруд спеціального призначення за допомогою ПК "ЛІРА-САПР"

ЕКСПОЗИЦІЙНА ПРОГРАМА

Під час проведення конференції бажаючим учасникам надається можливість для презентації науково-технічних розробок з будівель і споруд спеціального призначення, новітніх будівельних матеріалів та виробів, науково-методичних праць та рекламно-інформаційних друкованих матеріалів.

ПУБЛІКАЦІЇ

За результатами конференції, кращім роботам буде запропоновано опублікувати наукові праці в 12 випуску Збірника наукових праць «Будівельні конструкції. Теорія і практика».

До збірника увійдуть статті, що будуть подані і відповідають усім вимогам до оформлення, містять наукову і практичну новизну.

Відповідальність за зміст та редакцію несе автор статті.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Ковальчук О.Ю. – голова (КНУБА)	Шовківська В.В. (КНУБА)
Колякова В.М. – заступник голови (КНУБА)	Векслярська Т.В.(КНУБА)
Журавський Д.О. (КНУБА)	Кошений О.О. (КНУБА)
Волощук М.С (КНУБА)	Таран Г.К. (КНУБА)

ПАРТНЕРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Оргкомітет висловлює щиру подяку:

ОПТИМА

РЕГЛАМЕНТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Захід	Дата	Час проведення	Посилання
Реєстрація	26.04.2023	09:00-10:00	Зареєструватись
Відкриття конференції, пленарне засідання	26.04.2023	10:00-13:00	Приєднатись до конференції
	Секція 1		
Будівельні конструкції та технології	26.04.2023	14:00-18:00	Приєднатись до конференції
	Секція 2		
Сучасні будівельні матеріали	26.04.2023	14:00-18:00	
	Секція 3		
Комп'ютерне моделювання конструкцій будівель і споруд спеціального призначення за допомогою ПК "ЛІРА-САПР".	27.04.2023	10:00-13:00	Приєднатись до конференції

Тривалість виступів:

Пленарні - до 20 хв.

Секційні – до 10 хв.

КОНТАКТИ

Секція 1. Секція 2.	Колякова Віра Марківна	067 509-06-05
Секція 3.	Барабаш Марія Сергіївна	095 286-39-90
З фінансових питань	Шовківська Вікторія Василівна	066 460-00-01

e-mail: knubazbk@gmail.com

РОБОЧА ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ

РЕЄСТРАЦІЯ УЧАСНИКІВ

https://forms.gle/SbzD52EjKjnJRRbEA

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

Під'єднатись до конференції

26 квітня 2023 р.

9:00 – Реєстрація учасників
10:00 – Відкриття конференції, перше пленарне засідання
13:00 – Перерва

1. Вітальне слово Голови наукового комітету, ректора КНУБА
проф. Куліков П.М.

2. Вітальне слово Голови організаційного комітету, проректора з наукової роботи та інноваційного розвитку КНУБА.
с.н.с. Ковальчук О.Ю.

3. Вітальне слово Президента академії будівництва України
проф. Назаренко І.І.

4. Розробка законодавчої бази та нормативного забезпечення в сфері оборони.
проф. Плоский В.О.

5. Концепція національної безпеки України «Країна-фортеця» в ракурсі захисту критичної інфраструктури
доц. Артем Білик *(КНУБА, старший офіцер управління інноваційних проектів Центрально-го воєнно-наукового управління Генерального штабу ЗСУ),* ***проф. Володимир Коцюруба*** *(НУ оборони України, нач. управ. інноваційних проектів ЦВНУ Генерального штабу ЗСУ)*

6. Приклад розрахунку залізобетонної балки посиленої зовнішньою композитною арматурою з вуглецевих волокон
доц. Олександр Панченко *(КНУБА, ТОВ СІКА Україна),* ***доц. ЮрійСобко*** *(НУ «Львівська політехніка»),* ***Eng.,Regional Business Development Manager Zeno DAN***[3] *(Sika Europe Management AG)*

7. Взаємодія заглибленої інженерної споруди з неоднорідним ґрунтовим середовищем в умовах зміни параметрів ґрунтів та навантажень
проф. Ігор Бойко, доц. Віктор Носенко, ас. Олександр Литвин *(КНУБА)*

8. Perspective designs of pipes and pipelines based on basalt fiber
Cand. of Techn. Sciences, Doctor of Eng. Johni Gigineishvili (*Ltd „Progressi“ Engineering Center, Tbilisi, Georgia)*

9. Дослідження впливу $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ на показники кислотостійкості гібридних лужних цементів
асп. Вікторія Зозулинець *(НДІВМ, КНУБА),*
с.н.с Олександр Ковальчук *(НДІВМ, КНУБА)*

10. ЛІРА-САПР - надійне програмне забезпечення для аналізу конструкцій будівель та споруд спеціального призначення
проф. ***Марія Барабаш (****НАУ, ТОВ «ЛІРА САПР»)*

11. Методика оцінки сейсмостійкості будівельних конструкцій та споруд атомних електростанцій в ПК ЛІРА САПР
канд.техн.наук , голов. конструктор Юрій Гензерський *(ТОВ «ЛІРА ПРОЕКТ»),* ***нач. відділу Іван Трусов,*** *пров. інженер* ***Любов Первушова*** *(ДП НАЕК ЕНЕРГОАТОМ)*

12. Оцінка стійкості на закритичні впливи захисної вогневої споруди по ПК "ЛИРА-САПР"
канд.техн.наук Валерій Максименко, наук.співроб. Михайло Божинський, *м.н.с* ***Андрій Григоровький*** *(ДП НДІБВ)*

СЕКЦІЯ 1
«Будівельні конструкції та технології»

Приєднатись до конференції

26 квітня 2023 р.

14:00 – Секційне засідання

1. Leverage of advanced CBFEM and CSFM methods in Structural Engineering practice
MSc., PhD, Product Engineer Jana Kaderova *(IDEA StatiCa (Software developer company) (Brno, Czech Republic)*

2. Багатокритеріальний аналіз конструктивно-технологічних рішень критих басейнівдля плавання з точки зору сталого розвитку
асп. Кароль Скіба, проф. Роман Кінаш (*Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташіца (м. Краків, Польща)*

3. Довговічність бетонних конструкцій з композитною арматурою
проф. Юлій Клімов *(КНУБА)*

4. Порівняльний аналіз напружень та армування залізобетонних модульних сховищ з плитами покриття різної форми
проф. Олександр Журавський, асп. МаріяВолощук*. (КНУБА)*

5. Несучі залізобетонні конструкції як основа забезпечення клімату будівель
керівник відділу Володимир Брунько (*ПАТ КиївЗНДІЕП)*

6. Обстеження та оцінка технічного стану 3-х поверхової адміністративної будівлі,що була пошкоджена внаслідок ракетного удару, завданого збройними силами російської федерації
доц. Владислав Шеховцов *(ОДАБА),* ***доц. Олег Фесенко*** *(КНУБА), директор* ***Олексій Воро-дін*** *(ПП «Масштаббуд-1» (м. Одеса)*

7. Дослідження впливу типу портландцементу на міцність ґрунтобетонних зразків
проф. Микола Савицький, асп. Анастасія Мислицька *(ПДАБА)*

8. Параметрична оптимізація вимушених частот коливання оболонки мінімальної поверхні на круглому конторі, яка складається із двох похилих еліпсів.
Ph.D. доц Олександр Кошевий, канд.техн.наук, зав. каф. Олександр Кошевий *(КНУБА)*

9. Studies of flexible reinforced concrete columns using optical means
Ph.D., Assoc. Prof. Vadim Griniov, Dr.hab.-ing, Prof.Maciej Dutkiewicz (*Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, (Bydgoszcz, Poland).*

10. Seismic disign of buildings and structuries in compex relief conditions -the case study
Cand. of Technic. Sc. Doctor of Eng.Prof. Georgian Technical University ***Johni Gigineishvili****, Eng.* ***Igor Timchenko (****Progresi' Ltd. Engineering Center, Tbilisi, Georgia)*

11. Експериментальні дослідження скляних плит з різною кількістю шарів які працюють на згин
prof., Dr. hab. Bogdan Demchyna (*Państwowa Wyższa Szkoła Techniczno-Ekonomiczna im. ks, Bronisława Markiewicza w Jarosławiu, Polska),* ***асп. Василина Гула (****НУ «Львівська політехніка»)*

12. Оптимальна висота сталевої двотаврової балки із змінною шириною полиць
доц. Артем Білик, проф. Сергій Білик, ас. Любомир Джанов *(КНУБА)*

13. Розробка рекомендації щодо підвищення захисних властивостей спеціальних об’єктів на основі моделі зміни концентрації вибухонебезпечних речовин
канд. техн. наук Юрій Ольшевський *(НУ оборони України ім. І. Черняховського), канд. техн. наук, проф.* ***Юсуфжон Убайдуллаєв (****НАУ)*

14. Оптимальне проектування вимушених коливань оболонки мінімальної поверхні з прямокутним планом, яка складається з двох прямих ліній і двох півкіл.
проф. Григорій Іванченко, *доц.* ***Олександр Кошевий*** *(КНУБА)*

15. Вплив чинників на міцність контактиних швів ремонтних поверхонь
канд.техн.наук. Андрій Мазурак, асп. Орест Цап*, асп.* ***Віталій Кальченко (ЛНУП)***

16. Розробка стенду для фізичного моделювання процесів 3D-друку будівельних об'єктів
асп. Віталій Гусєв, проф.Тетяна Нікіфорова *(ПДАБА)*

17. Нелінійний поглинач енергії як засіб пасивного контролю вібрацій
проф. .Петро Лізунов *(КНУБА),* ***пров.наук. с. Ольга Погорелова****, ст. наук. с.* ***Тетяна Постнікова*** *(НДІ будівельної механіки КНУБА)*

18. Аналіз характеру руйнування нерозрізних залізобетонних балок, що зазнають дії малоциклових повторних і знакозмінних навантажень
проф. Григорій Масюк *(НУВГП),* ***канд. техн. наук, інж. Олександр Ющук*** *(ТОВ «Архідельта»),* ***маг. Каріна Кузьміна*** *(НУВГП)*

19. Дослідження та оцінка технічного стану будівель і споруд
ас. Євгенія Новак (*ЧНУ ім. Юрія Федьковича).*

20. Проблематика розрахунку на втому баштових конструкцій
ст. викл. Валерій Нужний *(КНУБА)*

21. Проектування оптимального армування сталезалізобетонних плитних і балкових елементів перекриттів для захисних споруд укриття
доц. Тетяна Галінська, асп. Дмитро Овсій *(НУ «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка»)*

22. Розрахунок несучої здатності плит збірного безбалкового перекриття кінематичним способом
проф. Андрій Павліков, канд.техн.наук Ольга Гарькава (*НУ «Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка»)*

23. Особливості відновлення зруйнованих плит покриттів промислових будівель і спорудпісля артилерійських обстрілів
проф. Олександр Журавський, здобувач *другого (магістерського) рівня вищої освіти за ОП «Промислове і цивільне будівництво»* ***Олександр Поважнюк*** *(КНУБА)*

24. Особливості застосування комп'ютерних методів при розрахунках та підборі перерізів складених сталевих елементів конструкцій
доц. Вячеслав Адаменко*,* ***здобувач*** *першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за ОП «Промислове і цивільне будівництво* ***Іван Афтенюк*** *(КНУБА)*

25. ПК ЛІРА 10. Фільтрація у задачах геотехнічного проектування
інж. Ірина Перепічай, докт.техн.наук Ісаак Євзеров, інж. Владислав Киричок *(Група компаній ЛІРА)*

26. Проблеми гармонізації будівельних норм щодо розрахунку кам’яних та армокам’яних конструкцій
доц Леонід Скорук *(КНУБА)*

27. Проектування гнутоклеєних дерев`яних конструкцій із застосуванням інформаційного моделювання
доц. Людмила Лавріненко*,* ***ас. Євген Цюпин*** *(КНУБА)*

28. Розрахунок ширини розкриття похилих тріщин вузлів нерозрізних балок з арматурою напруженою на бетон
доц. Козак О. *(КНУБА)*

29. Дослідження невизначеності розрахункових моделей залізобетонних згинальних елементів
ас.Олексій Постернак, доц. Михайло Постернак (КНУБА)

30. До оцінки методів розрахунку стиснутих залізобетонних елементів
проф. Володимир Кріпак, здобувач *другого (магістерського) рівня вищої освіти за ОП «Промислове і цивільне будівництво»* ***Дмитро Журавський*** *(КНУБА)*

31. Засоби знезараження, іонізації та очищення повітря у сховищах цивільного захисту
докт. техн. наук Валентин Глива (*КНУБА),* ***докт. біолог. наук Василь Назаренко*** *(ДУ "Інститут медицини праці імені Ю.І. Кундієва НАМН України"),* ***проф Наталія Бурдейна*** *(КНУБА),* ***наук. співроб. Юрій Леонов*** *(ДУ "Інститут медицини праці імені Ю.І. Кундієва НАМН України"),*

32. Щодо питання матеріаломісткості плит перекриття каркасно-монолітних будинків
доц. Людмила Афанасьєва, маг.Олександр Невах *(КНУБА)*

33. Методики розрахунку монолітних залізобетонних конструкцій з попереднім напруженням арматурних канатів
доц. Дмитро Сморкалов, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти за ОП «Промислове і цивільне будівництво», ***Володимир Винокур (КНУБА)***

34. Особливості використання методу Монте-Карло в задачах оцінювання надійності та довговічності залізобетонних конструкцій, що знаходяться в експлуатації
доц. Роман Титаренко, докт.техн.наук Роман Хміль (*[2]НУ «Львівська політехніка»)*

35. Оцінка величини концентрації напружень при прилаштування готових підземних виробок для об'єктів Міністерства оборони
проф. Юсуфжон Убайдуллаєв (*НАУ),* ***канд. техн. наук Юрій Ольшевський*** *(НУ оборони України ім. І. Черняховського)*

36. Можливості програмного забезпечення для розрахунку на вогнестійкість
доц. Олег Фесенко *(КНУБА),* ***студ. Дарина Богач*** *(НУБІП)*

37. Верифікація числової моделі «основа – утримуючі конструкції» на основі даних геодезичного моніторингу
доц. Людмила Бондарева, асп. Максим Хоронжевський *(КНУБА)*

38. Вплив мінливості кроків арматури у монолітній залізобетонній оболонці баштової промислової споруди
здобувач *другого (магістерського) рівня вищої освіти за ОП «Промислове і цивільне будівництво»,* ***Роман Журавльов, доц. Віра Колякова*** *(КНУБА)*

39. Особливості технічного обстеження будівель і споруд, пошкоджених внаслідок воєнних дій
асп. Антон Смирнов, асп. Сергій Богаченко, канд. техн. наук Артем Сопільняк, *канд. техн. наук, експерт* ***Анатолій Титюк*** *(ПДАБА)*

40. Еволюція технологій збереження конструкцій на прикладі робіт Banksy в Київській області
проф. Ганна Шпакова, доктор. економ. наук, доц. Андрій Шпаков *(КНУБА)*

41. Аналіз методів розрахунку балок із гібридним армуванням базальтопластиковою та металевою арматурою
проф. Олександр Валовой, доц. Олександр Єрьоменко *(Криворізький національний університет),докт.філософії* ***Сергій Волков (****ПАТ «АрселорМіттал»)*

42. Види армування залізобетонних конструкцій за технологією 3D-друку
доц. Артем Сопільняк, асп. Кирило Сіренок, ст. викладач Світлана Середа *(ПДАБА)*

43. Робота конструкцій з використанням спеціальних арматурних систем.
здобувач *другого (магістерського) рівня вищої освіти за ОП «Промислове і цивільне будівництво»,* ***Максим Пономаренко (КНУБА), доц. Віра Колякова, здобувач*** *першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за ОП «Промислове і цивільне будівництво»* ***Даніл Візіренко (КНУБА)***

44. Біопошкодження - проблема будинків і споруд
доц. Наталія Журавська, здобувач *першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за ОП «Промислове і цивільне будівництво»* ***Сергій Дяченко (****КНУБА)*

45. Змішані пластикові відходи – важливий ресурс для будівельної галузі
доц. Вікторія Титок (КНУБА), доц. Олена Ємельянова (КНУБА), здобувач *першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за ОП «Промислове і цивільне будівництво»* ***Сергій Жеваго (КНУБА)***

46. Конструктивні особливості внутрішньо-квартирних укриттів
здобувачка *другого (магістерського) рівня вищої освіти за ОП «Промислове і цивільне будівництво»* ***Анастасія Думич, доц. Віра Колякова, здобувач*** *першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за ОП «Промислове і цивільне будівництво»* ***Дмитро Третяк*** *(КНУБА)*

47. Експериментальні дослідження вилучення іонів кадмію з промислових стічних вод
доц. Олексій Терновцев, доц. Олена Зоря, асп. Вікторія Стоянова *(КНУБА)*

48. Багатофункціональні технології зведення модульних будинків
здобувач *другого (магістерського) рівня вищої освіти* ***Кебкал Анастасія,*** *здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти* ***Рябков Любомир, доц. Тарас Чебанов*** *(КНУБА),*

49. Відповідність стінових систем Knauf AQUAPANEL® мінімальним вимогам до приведеного опору теплопередачі
доц. Дар'я Хохрякова *(КНУБА****), доц. Галина Шамріна (****ДОНАБА, м. Краматорськ)*

50. Технологія зведення фермерських теплиць
інж Олександр Кияновський (*ТОВ «Еко-Тек Груп» (м.Київ),* ***інж., здобувач*** *другого (магістерського) рівня вищої освіти* ***Ігор Ляшенко*** *(КНУБА, ТОВ «Еко-Тек Груп»),* ***доц. Тарас Чебанов, доц. Леонід Чебанов*** *(КНУБА)*

51. Руйнування попередньо напружених згинальних елементів каркасу логістичного центру з холодильником у м. Бровари, який постраждав внаслідок ракетного та артилерійського обстрілів у березні 2022 року
*голов. інж.****Єгор Доброхлоп,*** *доц.****Микола Доброхлоп*** *(КНУБА)*

52. Розвиток теорії вібраційних машин будівельної індустрії
проф. Іван Назаренко, проф. Олег Дєдов *(КНУБА)*

53. Моделювання роботи деревоніздрюватобетонних пролітних конструктивних елементів під навантаженням
доц. Юрій Фамуляк *(ЛНУП),* ***проф. Богдан Демчина*** *(НУ «Львівська політехніка»)*

54. Вплив габаритів фундаментної плити малоповерхового будинку на формування в ній зусиль
доц. Василь Підлуцький (КНУБА)

55. Неметалева композитна базальтова арматура та базальтова фібра для армування бетонних конструкцій транспортних споруд
с.н.с.*,* ***Ігор Бабяк (****ДП ДДНДІ ім. М.П. Шульгіна» (м. Київ)*

56. Моментна схема скінчених елементів в геометрично та фізично нелінійних задачах деформування вісесиметричних тіл обертання з урахуванням континуального руйнування
проф. Юрій Максим'юк, докторант, Іван Мартинюк, асп. Олександр Максим'юк *(КНУБА)*

57. Загальні підходи до визначення енергії на деформування матеріалу
асп. Володимир Слюсар *(КНУБА)*

58. Підсилення прогонів шляхом улаштування двох пружних опор
доц. Олександр Глітін, ас. Сергій Радецький, здобувач *першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за ОП «Промислове і цивільне будівництво* ***Ілля Лисюк*** *(КНУБА)*

СЕКЦІЯ 2

«Сучасні будівельні матеріали»

Приєднатись до конференції

26 квітня 2023 р.

14:00 – Секційне засідання

1. Рішення з гідроізоляції підземних будівельних споруд високотехнологічними полімерними матеріалами
доц. Олександр Панченко *(КНУБА, ТОВ Сіка Україна), керівник напрямку «Гідроізоляція* ***Артем Захаров,*** *керівник напрямку «Ремонт та Відновлення»* ***Сергій Спець*** *(ТОВ Сіка Україна)*

2. Застосування органо-мінеральних комплексних добавок для зниження розігріву та усадки бетону в масивних конструкціях
доц. Анатолій Сінякін *(ХНУМГ, ТОВ «Сіка Україна»),* ***доц. Олексій Кабусь*** *(ХНУМГ),*

3. Перспективи застосування дисперсноармованих бетонів у сучасному будівництві
проф. Катерина Пушкарьова, доц. Марина Кочевих, доц. Ольга Гончар, здобувач *другого (магістерського) рівня вищої освіти за ОП «Технології будівельних конструкцій,виробів і матеріалів»* ***Іван Марченко*** *(КНУБА)*

4. Дослідження фіброцементобетонів для бомбосховищ з одночасним використанням добавок суперпластифікаторів, сталевої та поліпропіленової мікро- та макрофібри
доц. Анатолій Сінякін *(ХНУМГ ім.О.М.Бекетова,, ТОВ «Сіка Україна»),* ***канд. техн.наук, директор Олександр Панченко*** *(ТОВ «Сіка Україна»),* ***доц. Олексій Гуняк*** *(НУ «Львівська політехніка»)*

5. Дослідження здатностігеополімерів до аутогенного відновлення
проф Марина Суханевич, здобувач *першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Хімічні технології та інженерія»,* ***Софія Макаренко*** *(КНУБА)*

6. Підвищення спеціальних властивостей шлакопортландцементних композицій модифікованих відходами скляного бою
доц. Оксана Бердник, асп. Сергій Виговський *(КНУБА),* *засновник* ***Олексій Ларченко*** *(ТОВ «Гранд Бетон»)*

7. Вплив полімерної добавки на морфологію кристалів та фізико-механічні властивостідигідрату кальцію.
доц. Лілія Кушнєрова, доц.Ольга Гончар, *доц* ***Марина Кочевих*** *(КНУБА),* ***доц. Дмитро Анопко*** *(КНУБА)*

8. Використання наномодифікованих цементних композицій для адитивних технологій будівництва
проф. Марина Суханевич, асп. Володимир Чахоян *(КНУБА)*

9. Вогнезахист термічномодифікованої деревини інтумесцентним покриттям.
доц. Ольга Бондаренко *(КНУБА),* ***проф. Юрій Цапко*** *(НУБІП),****доц. Олексій Цапко, здобувач*** *першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за ОП «Технології будівельних конструкцій,виробів і матеріалів»* ***Діана Жеребчук*** *(КНУБА)*

СЕКЦІЯ 3

«Комп'ютерне моделювання конструкцій будівель і споруд спеціального призначення за допомогою ПК "ЛІРА-САПР"»

Приєднатись до конференції

27 квітня 2023 р.

10:00 – 15.00 – Секційне засідання

1. ЛІРА-САПР - надійне програмне забезпечення для аналізу конструкцій будівель та споруд спеціального призначення
проф. Марія Барабаш (*НАУ, ТОВ «ЛІРА САПР»)*

2. Методика оцінки сейсмостійкості будівельних конструкцій та споруд атомних електростанцій в ПК ЛІРА САПР
канд.техн.наук , голов. конструктор Юрій Гензерський *(ТОВ «ЛІРА ПРОЕКТ»),* ***нач. відділу Іван Трусов, пров. інженер Любов Первушова*** *(ДП НАЕК ЕНЕРГОАТОМ)*

3. Інтеграція розрахункових моделей за допомогою ПК ЛІРА-САПР
техн. директор Олексій Журавльов *(ТОВ ЛІРА-САПР)*

4. Оцінка стійкості на закритичні впливи захисної вогневої споруди по ПК "ЛИРА-САПР"
канд.техн.наук Валерій Максименко, *канд.техн.наук* ***Владислав Басанський (****ДП НДІБВ),*
м.н.с ***Андрій Григоровький*** *(ДП НДІБВ),*

5. Нові можливості системи Ґрунт у ЛІРА-САПР 2022
канд.техн.наук Ольга Башинська (*ТОВ ЛІРА-САПР)*

6. Визначення зміни термонапруженого стану сталевих балок в ПК «ЛІРА-САПР»
асп. Олексій Башинський *(КНУБА, ТОВ ЛІРА-САПР)*

7. Особливості розрахунку міцності нормальних перерізів позацентрово-стиснутих залізобетонних елементів за методом Вуда в новому алгоритмі «Вуд+»
канд. техн. наук Євген Дмитренко *(НУБІП, ТОВ ЛІРА-САПР)*

8. Моделювання процесів теплопровідності за допомогою ПК ЛІРА-САПР
канд. техн. наук ***Марина Ромашкіна (****ТОВ «ЛІРА САПР»)*

9. Визначення значення граничної сейсмостійкості для будівельних конструкцій атомних станцій в ПК ЛІРА-САПР
пров. інженер Любов Первушова (*ВП «Науково-технічний центр» ДП НАЕК «Енергоатом»)*

10. Визначення поверхових спектрів відгуку будівель атомних станцій з використанням прямого динамічного методу в ПК ЛІРА-САПР
начальник відділу оцінки сейсмостійкості Іван Трусов *(ВП «Науково-технічний центр» ДП НАЕК «Енергоатом»)*

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

СЕКЦІЯ 1

«Будівельні конструкції та технології»

Розробка законодавчої бази та нормативного забезпечення в сфері оборони

Віталій Плоский, *д-р техн. наук, проф, керівник Центру оборонних програм КНУБА, голова ТК320 «Об'єкти спеціального призначення»,*
http://orcid.org/0000-0002-2632-8085

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Створення Центру оборонних програм у КНУБА має на меті інтеграцію наукових, освітніх та проектних розробок у галузі оборони та відновлення України. Доповідь висвітлює два проекти з нормативно-правового напрямку діяльності Центру.

1. Одним з ключових елементів стратегії відбудови України є відновлення порушеної інфраструктури та будівництво нових об'єктів оборонного комплексу, що потребує створення відповідних організаційно-технічних структур у складі Міністерства оборони та ЗСУ.

Організаційною основою професійного вирішення вказаної проблеми є створення військово-будівельних підрозділів – Державної служби спеціального будівництва - ДССБ, у відповідності до сучасних українських реалій, з врахуванням світового досвіду та за дотримання стандартів НАТО. У Київському національному університеті будівництва та архітектури спільно з Комітетом Верховної Ради України з питань організації державної влади, місцевого самоврядування, регіонального розвитку та містобудування створено робочу групу, яка опрацювала проект Закону України «Про Державну службу спеціального будівництва», що регламентує створення та діяльність вказаної служби. Проект передано до Верховної ради України.

Основними акцентами у Проекті Закону є:

- створення фактично нового ринку праці, критично необхідного після Перемоги над росією та демобілізації захисників України;
- пряме підпорядкування будівельної структури керівництву МО України та ЗСУ з повною відповідальністю за строки та якість виконання робіт; забезпечення необхідного режиму секретності проектування та зведення об'єктів будівництва;
- утворення єдиної організаційної вертикалі «замовник – проектувальник – виконавець», скорочення термінів проектування та будівництва;
- впорядкованість та повний контроль режиму фінансування; робота за чіткими державними розцінками, чим забезпечується економічна ефективність будівництва та уникнення корупційної складової;
- можливість проходження у будівельних підрозділах альтернативної служби, раціональність при визначенні місць служби для кваліфікованих фахівців за призовом або контрактом тощо
- можливість організації фахової підготовки спеціалістів у сучасному науково-освітньому центрі, що формується на базі провідного архітектурно-будівельного вишу України.

Відповідно до вимог Оборонного паспорту України у новостворюваній структурі ДССБ передбачено розподіл генеративної та виконавчої функцій, перша з яких покладена на МОУ у формі єдиної служби замовника, проектного та освітньо-наукового кластерів, а друга як комплекс генпідрядних організацій створюється в складі підрозділів Територіальної оборони ЗСУ. В теперішній час відбувається публічне обговорення та надання підтримки даного проекту з боку зацікавлених установ та організацій, зокрема, Міністерства освіти і науки України, Генерального штабу ЗСУ, командування Сил ТРО ЗСУ, Центрального проектного інституту та профільних будівельних управлінь МО України.

2. Робочою групою фахівців кафедри архітектурних конструкцій КНУБА та ТК 320 на замовлення МО України створюються Відомчі норми з проектування захисних споруд для зберігання боєприпасів. Норми створюються як вдосконалення відповідних нормативних документів США і передбачають розробку єдиної методологічної основи та геометричного апарату для формування уніфікованого розрахункового ядра документу.

Development of legislative framework and regulatory support in the field of defense

Vitalii Ploskyi, *D-r of Techn. Scien., Prof., Head of the Center for Defense Programs of KNUCA, Head of TC320 "Special Purpose Facilities",* http://orcid.org/0000-0002-2632-8085

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

The creation of the Center for Defense Programs at KNUCA is aim to integrate scientific, educational and project developments in the field of defense and restoration of Ukraine. The report highlights two projects related to the legislative direction of the Centre's activity.

1. One of the key elements of Ukraine's reconstruction strategy is the restoration of broken infrastructure and the construction of new defense objects, which requires the creation of appropriate organizational and technical structures within the Ministry of Defense (MDU) and the Armed Forces of Ukraine. The organizational basis for the professional solution of this problem is the creation of military-construction units - the State Service for Special Construction - SSSC, in accordance with modern Ukrainian realities and taking into account world experience and compliance with NATO standards. A working group created at the Kyiv National University of Construction and Architecture, together with the Committee of the Verkhovna Rada of Ukraine on the Organization of State Power, Local Self-Government, Regional Development and Urban Planning. The goal of group is to work out the draft Law of Ukraine "On the State Service for Special Construction", which regulates the creation and activities of this service. The project of the Law submitted to the Verkhovna Rada of Ukraine.

The main accents in the Draft Law are:

- Creation of a virtually new labor market, which is critically necessary after the victory over Russia and the demobilization of Ukraine's defenders;
- Direct subordination of the construction structure to the leadership of the Ministry of Defense of Ukraine and the Armed Forces of Ukraine with full responsibility for the timing and quality of work; ensuring the necessary secrecy regime for the design and construction of construction objects;
- Formation of a single organizational vertical "customer – designer – performer", reduction of design and construction time;
- Orderliness and full control of the financing regime; work at clear state rates, which ensures the economic efficiency of construction and avoidance of corruption;
- The possibility of passing in the construction units of alternative service, rationality in determining the places of service for qualified specialists by conscription or contract, etc.
- The possibility of organizing professional training of specialists in a modern scientific and educational center, which formed based on the leading architectural and construction university of Ukraine.

In accordance with the requirements of the Defense Passport of Ukraine, the newly created structure of the SSSC provides for the division of generative and executive functions. The first assigned to the Ministry of Defense in the form of a United Customer Service, Project and Educational & Scientific Clusters, and the second as a complex of General Contracting Organizations is created as part of the units of the Territorial Defense of the Armed Forces of Ukraine. Currently there is a public discussion and support for this Project by interested institutions and organizations are in progress. There are the General Staff of the Armed Forces of Ukraine, the Command of the TRO Forces of the Armed Forces of Ukraine, the Ministry of Education and Science of Ukraine, the Central Design Institute and specialized construction departments of the MDU.

2. The working group of specialists of the Department of Architectural Structures of KNUCA and TC 320 at the request of the MDU creates Departmental norms for the design of protective structures for the storage of ammunition. The norms created as an improvement of the relevant US regulations. In national version norms provide for the development of a single methodological basis and geometric apparatus for the formation of a unified design core of the document.

Концепція національної безпеки України «Країна-фортеця» в ракурсі захисту критичної інфраструктури

***Артем Білик**, канд. техн. наук ,доц., каф. Металевих і дерев'яних конструкцій, КНУБА, старший офіцер управління інноваційних проектів Центрального воєнно-наукового управління Генерального штабу ЗСУ, https://orcid.org/0000-0003-0160-7325*
***Володимир Коцюруба**, докт. техн. наук, проф., заслужений винахідник України, НУ оборони України, начальник управління інноваційних проектів Центрального воєнно-наукового управління Генерального штабу ЗСУ, https://orcid.org/0000-0001-6565-9576*

Перемога України у війні означає не тільки повернення усіх територій, а насамперед досягнення паритету у озброєннях і неперервності у системах захисту [2]. Нам слід відбудувати і перебудувати країну так, щоби максимально зберігати ключові функції в умовах перманентних військових загроз – як прямого вторгнення, так і опосередкованих: ракетних ударів, терактів, диверсій, кібернетичних та інформаційних атак тощо. Такі виклики вимагають асиметричних відповідей, довгострокових візій і програм на рівні держави.Вбачається, що побудова ефективної оборонної демократії в оновленій Україні повинна мати основними три напрямки: **Захист, Економічність, Екологічність**.**«Країна-фортеця»** – концепція, запропонована авторами, покликана забезпечити інтегральний захисттериторії, об’єктів, громадян та підсистем. Захист передбачає захищеність національних інтересів, громад, спільнот, громадянина тощо. В практичній площині це означає насамперед укриття об’єктів критичної інфраструктури (ОКІ), цивільний захист, стійкість систем життєзабезпечення, безпеку міського середовища тощо. У частині інженерного захисту концепцією передбачено насамперед захист ОКІ. Згідно [1], ОКІ відносяться до споруд класу наслідків СС3. Також ОКІ мають категорії критичностізгідно [3]. В той же час, кожен ОКІ являє комплекс елементів, об’єднаних забезпеченнямєдиного функціоналу, і складається з устаткування та споруд, які мають різну ступінь відповідальності. **Стверджено три етапи реалізації концепції:** 1) Спорудження тимчасових захисних споруд для первинного, часткового укриття елементів ОКІ (із габіонів, бігбегів, мішків, залізобетонних збірних елементів тощо). Такі споруди мають протиосколкове призначення при влучанні відомих ракет противника на віддалі 15м; 2)Будівництво укриттів типу «шелтер» із зовнішнім захисним екраном,якийвитримує прямі влучання БпЛА типу «Шахід-136», та внутрішньої захисної оболонки, яка захищає від ударної хвилі та уламків при вибусіБпЛА на екрані,а також від влучань ракет противника на віддалі 15м; 3) Підземна урбанізація ключових елементів ОКІ, яка покликана захистити від прямого влучання ракет і БпЛА противника.Для впровадження концепції «Країна-фортеця» вже здійснено ряд заходів,зокрема розроблено методичні рекомендації із проектування фізичного захисту ОКІ; здійснюється навчання в Україні та за кордоном; ведеться науково-технічний супровід пілотних проєктів.

1. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів.Загальні принципи
2. Валерій Залужний, Михайло Забродський Перспективи забезпечення воєнної кампанії 2023 року: український погляд/ УКРІНФОРМ, 07.09.2022. Режим доступу: https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3566162-ak-zabezpeciti-voennu-kampaniu-u-2023-roci-ukrainskij-poglad.html
3. Закон України «Про критичну інфраструктуру» від 16.11.2021 Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text
4. J.Nagel, J.Schanzer. AssessingIsrael’sIronDomeMissileDefenseSystem / FDD, November 13, 2019 https://www.fdd.org/analysis/memos/2019/11/13/assessing-israels-iron-dome-missile-defense-system

The concept of national security of Ukraine "Fortress country" From the perspective of critical infrastructure protection

Artem Bilyk, *cand., oftechn. sc., ass.prof., faculty of metal and timber structures, KNUBA, senior officer of the Dep. of Innovative Projects of the Central Military Scient. Dep. of the General Staff of the AFU, https://orcid.org/0000-0003-0160-7325*
Volodymyr Kotsyruba*, dr. of techn. sc., prof., honored inventor of Ukraine, National University of Defense of Ukraine, Head of the Dep. of Innovative Projects of the Central Military and Scient. Dep. of the General Staff of the AFU, https://orcid.org/0000-0001-6565-9576*

Ukraine's victory in the war means not only the return of all territories, but primarily the achievement of parity in armaments and continuity in defense systems [2]. We should rebuild and rebuild the country in such a way as to preserve key functions as much as possible in the face of permanent military threats - both direct invasion and indirect: missile attacks, terrorist attacks, sabotage, cyber and information attacks, etc. Such challenges require asymmetric responses, long-term visions and programs at the state level. It is considered that the construction of an effective defensive democracy in the renewed Ukraine should have three main directions: **Defense, Economy, and Ecology. "Fortress country"**- is a concept proposed by the authors, developed to ensure integral protection of the territory, objects, citizens and subsystems. Protection involves the protection of national interests, communities, communities, citizens, etc. In practical terms, this means, first of all, the protection of critical national infrastructure (CNI) object, civil protection, the stability of life support systems, the safety of the urban environment, etc. In terms of engineering protection, the concept envisages first of all the protection of CNI objects. According to [1], CNI objects belong to the structures of the class of consequences CC3. Also, CNI objects have categories of criticality according to [3]. At the same time, each CNI object represents a complex of elements united by the provision of a single functionality, and consists of equipment and facilities that have different degrees of responsibility. Three stages of the implementation of the concept have been approved: 1) Construction of temporary protective structures for the primary, partial shelter of elements of the CNI object (made of gabions, big bags, sand bags, reinforced concrete prefabricated elements, etc.). Such structures have an anti-fragmentation purpose when hitting by the known enemy missiles at a distance of 15 m; 2) Construction of protective facilities of the "shelter" or a "dome" type with an external predetonation screen that can withstand direct hits by UASs of the "Shahed-136" type, and an internal protective shell that protects against the shock wave and debris from the explosion of UAVs on the screen, as well as from the hits of enemy missiles on 15 m away; 3) Underground urbanization of key elements of the CNI object, which is designed to protect it against a direct hits of enemy missiles and UASs. To implement the "Fortress Country" concept, a number of measures have already been taken, in particular, methodological recommendations have been developed for the design of the physical protection of the OKI; training is carried out in Ukraine and abroad; scientific and technical support of pilot projects is conducted.

1. V.1.2-14:2018 System for ensuring the reliabilityand safety of construction objects. General principles
2. ValeryZaluzhnyi, MykhailoZabrodskyi. Prospects fo rensuring the military campaign of 2023: theUkrainianview/ UKRINFORM, 09/07/2022. Access mode: https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3566162-ak-zabezpeciti-voennu-kampaniu-u-2023-roci-ukrainskij-poglad.html
3.Law of Ukraine "On Critical Infrastructure" dated November 16, 2021 Access mode: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text
4. J.Nagel, J.Schanzer. Assessing Israel’s Iron Dome Missile Defense System / FDD, November 13, 2019 https://www.fdd.org/analysis/memos/2019/11/13/assessing-israels-iron-dome-missile-defense-system

Порівняльний аналіз напружень та армування залізобетонних модульних сховищ з плитами покриття різної форми

Олександр Журавський, *д.т.н,професор,завідувач кафедри Залізобетонних та кам’яних конструкцій,* https://orcid.org/0000-0001-7065-3312
Марія Волощук*, аспірант кафедри Залізобетонних та кам’яних конструкцій,* https://orcid.org/0009-0008-3907-6965

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження – виконатирозрахунок напружень та армування різних типів модульних сховищ: з плоским, арочним та купольним покриттям, що занурені у ґрунт на глибину 1 та 2 метри, та проаналізувати результати розрахунку.

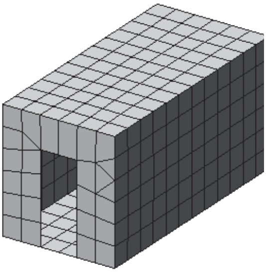


Рис.1.Розрахункова схема сховища з плоским покриттям

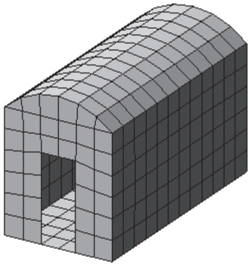


Рис.2. Розрахункова схема сховища з арочним покриттям

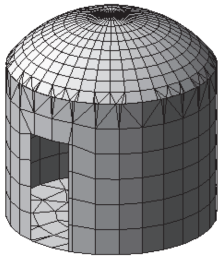


Рис.3.Розрахункова схема сховища з купольним покриттям

Модульні сховища запроектовані у розрахунковому комплексі ЛІРА САПР 2017, задано три види навантажень і сформовані розрахункові сполучення навантажень: від власної ваги, снігове навантаження для м. Київ та вагиґрунту, товщиною 1 і 2 метри. Характеристики конструкцій: ґрунт основи – пластичний суглинок,клас бетону С20/25, арматура класу А500С, товщина стін, фундаментної плити і покриття -200 мм, клас відповідальності споруди – СС1.

Таблиця 1

Тип покриття	M_{max} -1 м, кНм	M_{max} - 2 м, кНм	N_{max} -1 м, кН/м	N_{max} - 2 м, кН/м	A_{smax} – 1 м, см^2/м	A_{smax} – 2м, см^2/м
Плоска	M_y = -10,7	M_y = +19,2	N_y = -1171	N_y = -1672	1,41	3,92
Арочна	M_y = +10,5	M_y = +20,9	N_y = -1213	N_y = -1742	2,52	3,92
Купольна	M_y = -4,28	M_y = -7,76	N_y = -602	N_y = -1151	1,41	2,52

За результатами розрахунку, найбільш ефективною є конструкція сховища з купольним покриттям,результати максимальних напружень та армування наведено в табл.1. Згідно [1, 2]приймаємо основну сіткуармування Ø8А500С з кроком 200мм, а зонах де необхідно підсилення Ø10А500С з кроком 200 мм.

1.ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.
2.ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування.
3. ДБН В.2.2-5-97. Будинки і споруди. Захисні споруди цивільного захисту.

Comparative analysis of stresses and reinforcement of reinforced concrete modular warehouses with cover plates of different shapes

Oleksandr. Zhuravskiy, *doctor of technical sciences, professor, head of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures,* *https://orcid.org/0000-0001-7065-3312*
Mariya.Voloshchuk*, postgraduate of the Department of Reinforced Concrete and StoneStructures,* *https://orcid.org/0009-0008-3907-6965*

Kyiv National University of Construction and Architecture

The purpose of the study is to calculate the stresses and reinforcement of various types of modular warehouses: with flat, arched and domed roofs, immersed in the ground to a depth of 1 and 2 meters, and to analyze the results of the calculation.

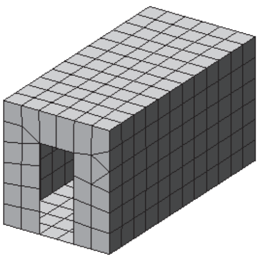


Fig. 1. Calculation diagram of a storage facility with a flat surface

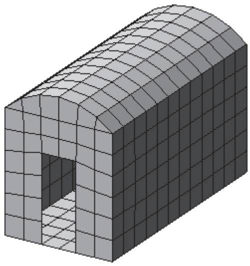


Fig. 2. Calculation scheme of the vault with an arched covering

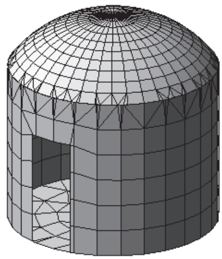


Fig. 3. Calculation diagram of a vault with a dome cover

Modular storage facilities are designed in the calculation complex LIRA SAPR 2017, three types of loads are specified and calculated combinations of loads are formed: from own weight, snow load for the city of Kyiv and the weight of soil, 1 and 2 meters thick. Construction characteristics: base soil - plastic loam, concrete class C20/25, reinforcement class A500C, thickness of walls, foundation slab and coating - 200 mm, construction responsibility class - CC1.

Table 1

Type of coverage	M_{max} -1 m, kNm	M_{max} - 2 m, kNm	N_{max} -1m, kN/m	N_{max} - 2 m, kN/m	A_{smax} – 1 m, sm^2/m	A_{smax} – 2m, sm^2/m
Flat	M_y = -10,7	M_y = +19,2	N_y = -1171	N_y = -1672	1,41	3,92
Arched	M_y = +10,5	M_y = +20,9	N_y = -1213	N_y = -1742	2,52	3,92
Dome	M_y = -4,28	M_y = -7,76	N_y = -602	N_y = -1151	1,41	2,52

According to the results of the calculation, the structure of the vault with a dome coating is the most effective, the results of the maximum stresses and reinforcement are shown in Table 1. According to [1, 2], we accept the main reinforcement mesh Ø8A500C with a step of 200 mm, and in the areas where reinforcement is needed Ø10A500C with a step of 200 mm.

1. DBN V.2.6-98:2009. Structures of buildings and structures. Concrete and reinforced concrete structures. Substantive provisions.
2. DSTU B V.2.6-156:2010. Structures of buildings and structures. Concrete and reinforced concrete structures made of heavy concrete. Design rules.
3. DBN V.2.2-5-97. Buildings and structures. Protective structures of civil protection.

Взаємодія заглибленої інженерної споруди з неоднорідним ґрунтовим середовищем в умовах зміни параметрів ґрунтів та навантажень

Ігор Бойко,*докт.техн.наук, професор кафедри геотехніки,*
https://orcid.org/0000-0002-6841-0271
Віктор Носенко*, канд.техн.наук, доцент в.о. завідувача кафедри геотехніки,*
https://orcid.org/0000-0002-8261-1846
Олександр Литвин,*асистент кафедри геотехніки*
https://orcid.org/0000-0002-2818-3457

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Метою даної роботи є оцінка взаємодії елементів системи "ґрунтове середовище - заглиблена споруда" в умовах зміні жорсткості конструкції та при зміні параметрів ґрунтів. Дослідження виконані як з допомогою методики числового моделювання так і з проведенням польових випробувань елементів споруди циклічними навантаженим.

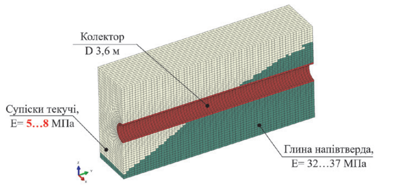


Рис.1- Розрахункова модель системи "ґрунтова основа – заглиблена інженерна споруда"

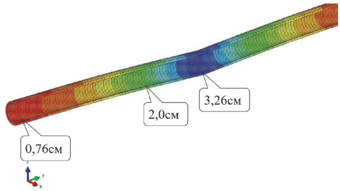


Рис.2- Розрахунковівеличининерівномірних осідань споруди при різкій зміни ґрунтових умов

В містах споруджуються колектори великого діаметру, що являють собою підземні тунелі призначені для транспортування побутових стоків до місця їх очищення. Такі тунелі мають довжину декілька кілометрів та проходять у ґрунтах із різними властивостями.Прикладом такого складного об'єкту є будівництво у м. Києві гілки головного міського каналізаційного колектору довжиною близько 10 км. Глибина його прокладання змінюється від 5 м до майже 90 м. На окремих ділянках траси колектору внаслідок давніх ерозійних та суфозійних процесів напівтверда глина яка оточує колектор змінюється на значно слабші супіски текучі. Було проведено випробування навантаженням основи в природньому стані та зафіксовані значні вертикальні деформації, що в діапазоні експлуатаційних тисків (270...360 кПа) складали для слабких супіщаних ґрунтів від 1,8 см до 3,3 см. Ці значення деформацій значно вищі ніж для ділянок де у основі залягали глини напівтверді (0,5..1 см). З метою уникнення нерівномірних деформацій конструкцій заглибленої споруди на ділянках з різкою зміною геологічної будови було запропоновано підсилити слабкі супіщані ґрунти шляхом ін'єктування в ґрунт розчинів.В якості можливих варіантів ін'єкції розглядалися: цементні та цементного-полімерні розчини різного В/Ц співвідношення та швидко тужавіючи двокомпонентні полімерні розчини. Для оцінки ефективності різних варіантів підсилення було виконано польові випробування можливості ін'єктування полімерних розчинів і випробування циклічним навантаженням фрагментів споруди та в подальшому в фізично-нелінійній постановці проведено числове моделювання напружено-деформованого стану заглибленої споруди на різних етапах її життєвого циклу.

Встановлено, що в даних ґрунтових умовах деформації закріпленої основи залежать від режиму ін'єктування. Результати експериментів показали зменшення деформації закріпленої основи при циклічних навантаженнях до 3-х разів у порівнянні із незакріпленою основою.

1. БойкоІ.П., СкочкоЛ.О., ЖукВ.В., Носенко В.С., ПідлуцькийВ.Л. Напружено-деформований стан заглиблених споруд з врахуванням їх жорсткості, технології зведення та характеру навантаження // Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка» – К: ТОВ "Видавництво "БАРМИ", 2018. – №59 – С. 60-72.

The interaction of a buried engineering structure with a heterogeneous soil environment under conditions of changes in soil parameters and loads

Igor Boyko, *Dr. technical sciences, professor, Department of Geotechnics,* *https://orcid.org/0000-0002-6841-0271*
Viktor Nosenko, *candidate technical sciences, associate professor Head Department of Geotechnics,* *https://orcid.org/0000-0002-8261-1846*
Oleksandr Lytvyn, *assistant, Department of Geotechnics,* *https://orcid.org/0000-0002-2818-3457*

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

The purpose of this work is to evaluate the interaction of the elements of the "soil environment - buried structure" system under the conditions of changing the stiffness of the structure and when the soil parameters change. The studies were carried out both with the help of numerical modeling techniques and with field tests of cyclically loaded building elements.

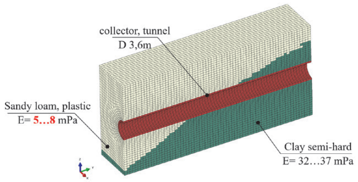


Fig. 1 - Calculation model of the " soil base - buried engineering structure " system

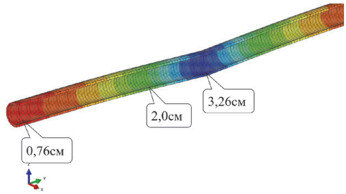


Fig. 2 - Estimated values of non-uniform subsidence of the structure in the event of a sudden change in soil conditions

Large-diameter collectors are being built in cities, which are underground tunnels designed to transport domestic sewage to the place of their treatment. Such tunnels are several kilometers long and pass-through soils with different properties. An example of such a complex object is the construction of a branch of the main city sewage collector in the city of Kyiv with a length of about 10 km. The depth of its laying varies from 5 m to almost 90 m. In some sections of the collector route, as a result of ancient erosion and suffusion processes, the semi-solid clay surrounding the collector changes to much weaker flowing sand. A load test of the base in its natural state was carried out and significant vertical deformations were recorded, which in the range of operating pressures (270...360 kPa) amounted to 1.8 cm to 3.3 cm for weak sandy soils. These deformation values are significantly higher than for areas where semi-hard clays (0.5…1 sm) lay at the base. In order to avoid uneven deformations of structures of buried structures in areas with a sharp change in the geological structure, it was proposed to strengthen weak sandy soils by injecting solutions into the soil. Possible options for injection were considered: cement and cement-polymer solutions of different W/C ratios and fast-hardening two-component polymer solutions. In order to evaluate the effectiveness of various strengthening options, field tests of the possibility of injecting polymer solutions and cyclic load testing of building fragments were carried out, and subsequently numerical modeling of the stress-strain state of the buried structure at various stages of its life cycle was carried out in a physically-nonlinear setting.

It was established that in these soil conditions, the deformations of the fixed base depend on the mode of injection. The results of the experiments showed a decrease in the deformation of the fixed base under cyclic loads up to 3 times compared to an unfixed base.

1. Boyko I.P., Skochko L.O., Zhuk V.V., Nosenko V.S., Pidlutskyi V.L. The stressed-deformed state of buried structures taking into account their rigidity, erection technology and the nature of the load // Scientific and technical collection "Building materials, products and sanitary equipment" - K: LLC "BARMY Publishing House", 2018. - No. 59 - P. 60 -72.

Несучі залізобетонні конструкції як основа забезпечення клімату будівель

Володимир Брунько, *керівник відділу*, https://orcid.org/0009-0009-9619-3524

ПАТ КиївЗНДІЕП, (м.Київ)

Мета дослідження: з'ясувати нові якісні можливості поширення використання монолітного залізобетону.

Будівля *– це стаціонарний штучний* ***об'єм*** *з контрольованим* ***кліматом***. Тобто, головна і основна функція будівлі – отримати в точці простору Об'єм з Кліматом, який є можливість контролювати. І лише потім всім відомі визначення за функціональним призначенням, видами, типами, тощо.

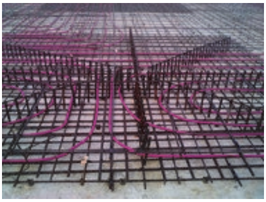


Рис.1 Конструкція ТААБС

Вказаному вище в максимальній мірі відповідає будівельна система ТААБС – термо-активна адаптивна будівельна система (thermo-active adaptive building system).В ТААБС задача створення об'єму здійснюється залізобетонним несучим, як правило повним, каркасом. А задача створення клімату – через розміщення безпосередньо в цих конструкціях поліетиленових труб, в яких буде робоча рідина – вода з етилен(пропилен) гліколем.

Суть ТААБС – контроль температури несучих залізобетонних конструкцій будівлі. Технологія працює з термічною масою (thermal mass) будівлі. Це максимально інерційна система. Це дозволяє перетворити будівлю в, по суті, акумулятор клімату. Ключовим показником будівель в контексті ТААБС є термо-кліматичний потенціал будівлі (КПБ) (кВт*год/м2*С). В середньому КПБ 0,2..0,25 для найбільш поширених проектних рішень будівель дає мінімальну вартість м2 для «А» класу енергоефективності. ТААБС дозволяє реалізувати концепцію Engineering open space (EOS) на додачу до відомої планувальної Open space (OS). Це дає максимальні можливості мінімізувати число інженерних комунікацій в планувальному об'ємі будівлі. EOS – основа такого показника як адаптивність будівлі до зміни функціонального призначення та інших вимог ринку нерухомості.

ТААБС в максимальній мірі відповідає сучасним трендам енерго- та ресурсо-ефективності, автономності, зеленого будівництва, нульового карбованого сліду та поширеним сучасним міжнародним системам оцінки будівель, орієнтованим на екологічність.

Використання будівельної системи ТААБС дає наступне:

1. Мінімізація витрат залізобетону на м2 чи м3 будівлі перестає бути критерієм якості проектного рішення;
2. Повний монолітний залізобетонний каркас на плиті стає оптимальним по критерію мінімізації як капітальних витрат так і життєвого циклу будівлі;
3. Фактичний активний контроль температури залізобетонних монолітних конструкцій змінює розрахунки температурних деформацій та рішень щодо температурно-деформаційних швів;
4. Використання будівельного сміття стає на порядок більш економічно доцільне

1.EN 15377-1:2008 Heating systems in buildings – Design of embedded water based surface heating and cooling systems – Part 1: Determination of the design heating and cooling capacity.

2.EN 15459:2007 Energy performance of buildings – Economic evaluation procedure for energy systems in buildings.

Reinforced concrete structures as a basis for climate of building

***Volodymyr Brunko**, department head, https://orcid.org/0009-0009-9619-3524*

PJSC KYIVZNDYEP

The purpose of the study: to find out new qualitative opportunities for spreading the use of monolithic reinforced concrete.

Building, it is a *stationary artificial* **volume** with a *controlled* **climate**. That is, the main and main function of the building is to get at the point of space a volume with a climate, which is able to control. And only then all know the definitions for functional purpose.

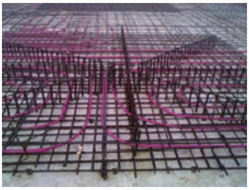


Рис.1 ТААБС constructions

The above extent corresponds to the construction system of TABS-thermo-active adaptive construction system (Thermo-Active Adaptive Building System) in TABS The task of creating volume is carried out by reinforced concrete load-bearing, usually full, frame. And the task of creating a climate - through placement directly in these structures of plastic pipes, in which there will be a working fluid - water with ethylene (propylene) glycol.

The essence of TABS is the control of the temperature of the load -bearing concrete structures of the building. The technology works with thermal mass (Thermal Mass). This is the most inertial system. This allows you to transform the building into a climate battery. The key indicator of buildings in the context of TABS is the climatic potential of the building (KPB) (kWh*h/m2*C). On average, the CPB is 0.2..0.25 for the most common design solutions of buildings gives the minimum cost of M2 for "A" of energy efficiency class. Taabs allows you to implement the concept of Engineering Open Space (EOS) in addition to the famous planning Open Space (OS). This makes it possible to minimize the number of engineering communications in the planning volume of the building. EOS is the basis of such an indicator as the adaptability of the building to changing functional purpose and other requirements of the real estate market.

TAABS meets to the maximum extent the modern trends of energy and resource efficiency, autonomy, green construction, zero carbon footprint and common modern international building assessment systems, oriented towards environmental friendliness.

The use of the TAABS construction system gives the following:

1. Minimization of reinforced concrete costs on m2 or m3 of the building ceases to be the quality criterion of the design solution;
2. Full monolithic reinforced concrete frame on the stove becomes optimal by the criterion of minimization of both the capital costs and the life cycle of the building;
3. Actual active control of the temperature of reinforced concrete monolithic structures changes the calculations of temperature deformations and decisions on temperature and deformation seams;
4. The use of construction waste becomes more economically expedient

1.EN 15377-1:2008 Heating systems in buildings – Design of embedded water based surface heating and cooling systems – Part 1: Determination of the design heating and cooling capacity.
2. EN 15459:2007 Energy performance of buildings – Economic evaluation procedure for energy systems in buildings.

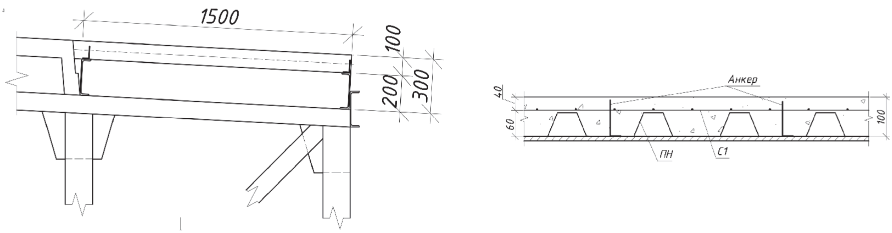
Особливості відновлення зруйнованих плит покриттів промислових будівель і спорудпісля артилерійських обстрілів

Олександр Журавський, *докт.техн.наук, професор, завідувач кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій,* https://orcid.org/0000-0001-7065-3312

Олександр Поважнюк, *здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Промислове і цивільне будівництво»,* http://orcid.org/0000-0003-0522-2174

Київський національний університет будівництва і архітектури (м.Київ)

В результаті російської агресії артилерійськими обстрілами було зруйновано промислових будівель та будівель критичної інфраструктури в багатьох областях України. В першу чергу руйнуванню піддаються покриття будівель та споруд, які у більшості зведені із збірних залізобетонних ребристих плит покриття. При одиночних попаданнях снарядів руйнуються одна або декілька плит покриття. Для заміни зруйнованих плит на нові необхідно використовувати баштові крани. При існуючій забудові та великій висоті будівель використовувати баштові крани немає можливості та економічно не вигідно. Для вирішення цієї задачі було прийнято улаштування плити покриття з монолітного залізобетону по профнастилу та металевим балкам. Конструкція даної плити з розмірами в плані 6,0×1,5 м показана на рис. 1.



а *б*

Рис. 1. Улаштування плити покриття по профнастилу та металевим балкам:
а – поперечний переріз; б – повздовжній переріз

Розрахунки та конструювання плити покриття виконувались згідно діючим нормам [1…3].

У результаті виконаних розрахунків були прийняті повздовжні балки зі металевого швелера №20, а монолітна з/б плита з бетону класу С16/20 по профнастилу марки Н60×640×1,0. Профнастил розташовується у поперечному напрямку і опирається на металеві балки. Плита армується арматурною сіткою С1, яка зварена з арматурних стержнів Ø8А400С з кроком 100 мм у двох напрямках. Для спільної роботи монолітної з/б плити та металевих балок необхідно влаштовувати анкери, які приварюють до верхньої полиці балок через профнастил. Анкери виконані з арматурних стержнів Ø8А240С.

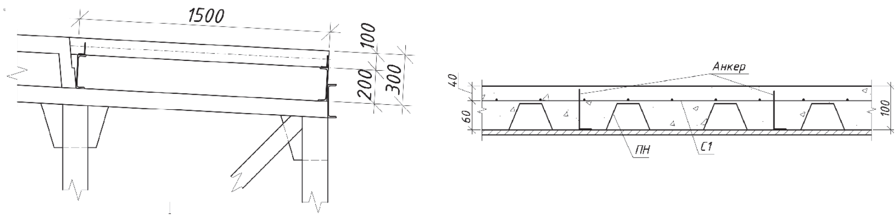
1. ДБН В.2.6-160:2010. Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ, МінрегіонбудУкраїни, 2010.
2. ДСТУ Б В.2.6-215:2016. Розрахунок і конструювання сталезалізобетонних конструкцій з плитами по профільованим настилам. – Київ, МінрегіонбудУкраїни, 2016.
3. ДСТУ Б В.2.6-216:2016. Розрахунок і конструювання з'єднувальних елементів сталезалізобетонних конструкцій. – Київ, МінрегіонбудУкраїни, 2016.

Peculiarities of restoration of destroyed slabs of coatings of industrial buildings and structures after artillery shelling

Oleksandr Zhuravskyi, *doctor of technical sciences, professor, head of the department of reinforced concrete and stone structures,* *https://orcid.org/0000-0001-7065-3312*
Oleksandr Povazhniuk, *master's student,* *http://orcid.org/0000-0003-0522-2174*

Kyiv National University of Construction and Architecture

As a result of Russian aggression, industrial buildings and buildings of critical infrastructure were destroyed by artillery fire in many regions of Ukraine. First of all, the coverings of buildings and structures, which are mostly made of prefabricated reinforced concrete ribbed covering plates, are subject to destruction. In case of single projectile hits, one or more cover plates are destroyed. Tower cranes must be used to replace destroyed slabs with new ones. With the existing construction and high building height, it is not possible and economically unprofitable to use tower cranes. To solve this problem, it was decided to arrange a cover plate made of monolithic reinforced concrete on a profiled floor and metal beams. The design of this plate with dimensions in plan of 6.0×1.5 m is shown in fig. 1.



а *б*

Fig. 1. Arrangement of the covering plate on the profiled flooring and metal beams:
a – cross section; b - longitudinal section

Calculations and construction of the covering plate were carried out according to current standards [1...3].

As a result of the calculations, longitudinal beams made of metal channel №20 were accepted, and a monolithic concrete slab made of C16/20 grade concrete on profiled flooring of the H60×640×1.0 brand was accepted. Profiled flooring is located in the transverse direction and rests on metal beams. The slab is reinforced with C1 reinforcing mesh, which is welded from Ø8A400C reinforcing bars with a step of 100 mm in two directions. For joint work of a monolithic reinforced concrete plate and metal beams, it is necessary to arrange anchors that are welded to the upper shelf of the beams through the profiled flooring. Anchors are made of reinforcing bars Ø8A240C.

1. DBN V.2.6-160:2010. Structures of buildings and structures. Steel-reinforced concrete structures. Substantive provisions. – Kyiv, Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2010.
2. DSTU B V.2.6-215:2016. Calculation and construction of steel-reinforced concrete structures with slabs on profiled floors. – Kyiv, Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2016.
3. DSTU B V.2.6-216:2016. Calculation and design of connecting elements of steel-reinforced concrete structures. – Kyiv, Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2016.

Багатокритеріальний аналіз конструктивно-технологічних рішень критих басейнівдля плавання з точки зору сталого розвитку

***Кароль Скіба**, магістер,аспірант кафедри Геомеханіки, будівництва та геотехніки, http://orcid.org/0009-0001-6303-3825*
***Роман Кінаш,**д.техн.наук, професор кафедри Геомеханіки, будівництва та геотехніки, Факультет цивільної інженерії та управління ресурсами, http://orcid.org/0000-0001-6715-9583*

Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташіца (м. Краків, Польща)

Аспекти сталого розвитку є найважливішими критеріями для прийняття рішень у комплексному проєктуванні будівель. Багатокритеріальний аналіз конструкцій і матеріалів надає ключову інформацію перед початком процесу проектування будівлі. На основі аналізу проєктувальники можуть підібрати конкретні технологічні рішення, які оптимально відповідають технічним вимогам, потребам інвестора та користувача будівлі, а також є екологічно чистими. Криті басейни для плавання – це об’єкти громадського призначення, які повинні вписуватися в рамки сталого будівництва.

Мета дослідження – на основі багатокритеріального аналізу проаналізувати конструктивно-технологічні рішення стін і даху критих басейнів і вказати їх оптимальні розв'язання. Критеріями аналізу є економічні, екологічні та соціальні аспекти.

За результатами розгляду проєктної документації 22 існуючих будинків відібрано найбільш поширені рішення та проведено техніко-економічний та екологічний аналіз. Економічні аспекти оцінювали на підставі вартості конструкційних матеріалів для 1 м^2 площі поверхні стін і даху 1 м^2 площі. Аналіз базувався на прайс-листах і каталогах будівельних матеріалів, наданих виробниками. Екологічні аспекти оцінювали на основі впливу будівельних матеріалів на довкілля на першому етапі життєвого циклу будівлі, включаючи фази виготовлення будівельного виробу: видобуання сировини, транспортування до виробничого підприємства та виробництва будівельних матеріалів. Показники індивідуального впливу будівельних виробів на довкілля [1], наприклад, потенціал глобального потепління (GWP) або руйнування озонового шару стратосфери (ODP), визначали на основі екологічних декларацій продукції (EPD). Після проведення опитування групи зі 100 респондентів було вирішено базувати оцінку соціальних аспектів на основі параметрів теплового комфорту та відгуків користувачів басейну. Дослідження показали, що користувачі вважають температуру повітря в басейні дуже важливим чинником теплового комфорту. На підставі цього було вирішено прийняти для оцінки коефіцієнт теплопередачі конструкцій будівлі. Описаний коефіцієнт впливає не лише на соціальні аспекти, а й на економічні аспекти на третій фазі життєвого циклу будівлі, тобто фазі експлуатації, оскільки його значення здатне зменшити експлуатаційні витрати об’єкта.

Усі аспекти, описані вище, становлять фундаментальні принципи сталого будівництва. У аналізованій задачі конструкційно-технологічних рішень залів басейнів усі описані критерії є дестимуляторами, а їхні оптимальні значення наближаються до мінімуму. Для аналізу досліджуваних проблем та вибору оптимального варіанту використовувалися методи багатокритеріальної підтримки прийняття рішень (MCDM). Дослідження базувалися на методі аналізу ієрархій (AHP) [2] та дистанційному методі TOPSIS [3].

За результатами аналізу запропоновано оптимальні варіанти конструктивно-технологічних рішень стін і даху критих басейнів для плавання.

1. Abbe O. and Hamilton L. BRE Global Environmental Weighting for Construction Products using Selected Parameters from EN 15804, 2017, Accessed: Apr. 03, 2023. [Online]. Available: www.bre.co.uk
2. Saaty T. L. Analytic Hierarchy Process Planning, Priority Setting, Resource Allocation, Advanced Optimization and Decision-Making Techniques in Textile Manufacturing, p. 287, 1980
3. Hwang C.-L. and Yoon K.Multiple Attribute Decision Making, vol.186, 1981, doi: 10.1007/978-3-642-48318-9.

Multi-criteria analysis of the construction and material solutions for swimming pool halls in aspects of sustainable development

Karol Skiba, *postgraduate of the Department Geomechanics, Civil Engineering and Geotechnics, http://orcid.org/0009-0001-6303-3825*
Roman Kinasz,*professor (Full), PhD. D.Sc. Eng.,professorof the Department Geomechanics, Civil Engineering and Geotechnics, Faculty of Civil Engineering and Resource Management, http://orcid.org/0000-0001-6715-9583*

AGH University of Science and Technology in Krakow, Poland

Sustainability aspects are the most significant decision criteria in integrated building design. Multi-criteria analysis of construction and material solutions provides crucial information before starting the building design process. Based on the analysis, building designers can choose specific technology solutions that optimally meet the technical requirements, and the needs of the investor and user of the building, and are environmentally friendly. Swimming pool halls are public-use facilities that should fit into the framework of sustainable construction.

The work aims to analyse the construction and material solutions of the wall and roof partitions present in swimming pool halls based on multi-criteria analysis and to indicate their optimal solutions. The analysis criteria are economic, environmental, and social aspects. Based on the review of the design documentation of 22 buildings, the most common solutions were selected and analysed technically, economically, and environmentally.

The economic aspects were assessed based on the cost of construction materials for wall and roof partitions per 1-meter square. The analysis was based on price lists and catalogues of construction materials provided by manufacturers.The environmental aspects were assessed based on the environmental impact of building materials in the first phase of the building's life cycle. Including the product phase, including the extraction of raw materials, the phase of transport to the production plant, and the phase of production of building materials.

Indicators of individual environmental impacts of construction products [1], e.g. Global Warming Potential (GWP) or Depletion potential of the stratospheric ozone layer (ODP), were determined based on Environmental Product Declarations (EPD). After surveying a group of 100 respondents, the results have shown that most people choose the aspect of the thermal comfort of pool users as being the most important. Research has shown that users consider the air temperature inside the swimming pool hall to be an essential factor of thermal comfort. On this basis, the decision was to adopt the heat transfer coefficient through building partitions for evaluation. The described coefficient not only affects the social aspects but also the economic aspects in the third phase of the life cycle of a building, i.e. the use phase, because its value can reduce the operating costs of the facility.

All the aspects described above constitute the fundamental principles of sustainable construction. In the analysed problem of construction and material solutions for swimming pool halls, all of the described criteria are destimulant and their optimal values tend to be a minimum. To analyse the examined problems and select the optimal variant, the methods of multi-criteria decision support (MCDM) were used. The research was based on the AHP hierarchical analysis method [2] and the TOPSIS distance method [3].

Based on the results of the analysis, optimal variants of construction and material solutions for the wall and roof partition in the swimming pool halls were presented.

1.Abbe O. and Hamilton L. BRE Global Environmental Weighting for Construction Products using Selected Parameters from EN 15804, 2017, Accessed: Apr. 03, 2023. [Online]. Available: www.bre.co.uk
2. Saaty T. L. Analytic Hierarchy Process Planning, Priority Setting, Resource Allocation, Advanced Optimization and Decision-Making Techniques in Textile Manufacturing, p. 287, 1980
3. Hwang C.-L. and Yoon K. Multiple Attribute Decision Making, vol.186, 1981, doi: 10.1007/978-3-642-48318-9.

Довговічність бетонних конструкцій з композитною арматурою

Юлій Клімов, *доктор техн. наук, професор кафедри Залізобетонних та кам'яних конструкцій,* *http://orcid.org/0000-0002-4275-7058*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Довговічність композитної арматури у бетонних конструкціях визначається здатністю зберігати вихідні якісні показники (властивості і характеристики) при тривалому силовому впливі, впливі бетонного середовища, постійному або змінному впливі навколишнього середовища.Наведені результати систематизації і аналізу досліджень довговічності бетонних конструкцій з композитною арматурою.Довговічність оцінувалась виходячи з впливу найбільш вагомих факторів на бетонні конструкції з композитною арматурою, а саме вологості середовища, хлоридів, лужного і кислотного середовищ, рівня напружень, тепловихдії, карбонізації і ультрафіолетового випромінювання на основні властивості і характеристики композитної арматури – тимчасовий опір, модуль пружності, стан поверхні волокно/матриця, зчеплення композитної арматури з бетоном.

Вплив вологості середовища на властивості композитної арматури, зазвичай, вивчався опосередковано на підставі досліджень впливу води на повітрі на властивості арматури. При цьому встановлено, що найбільший вплив цього фактору має місце для тимчасового опору і модулю пружності арматури, а при температурах більше 600 С цей влив розповсюджується і на властивості матриці.Численні дослідження впливу хлоридів при їх концентрації до 4% , температурах до 700 С у широкому діапазоні значень вологості не виявили істотного впливу останніх на властивості і характеристики композитної арматури. Вплив лужного середовища, у проведених дослідженнях в лужних розчинах з рівнем pH 12-13,5 і температурах 20-80 600С, залежить від виду волокна композитної арматури, найбільшу стійкість з яких має вуглецеве волокно далі арамідне і потім скловолокно. Так, втрати тимчасового опору вуглецевого волокна на протязі від 20 днів до одного року складали 0-5,0%, арамідного волокна – 6,4-25,0%, скловолокна – 12-55%. В окремих дослідженнях для скловолокна було також зафіксовано погіршення стану поверхні волокно/матриця і до 10% зниження модуля пружності. В той же час, вплив лужного середовища бетону виявися значно меншим, ніж лужних розчинів, що пояснюється захисними властивостями матриці (смоли), і не впливам на зчеплення композитної арматури з бетоном.

Довготривале навантаження композитної арматури при різних рівнях напружень призводить до руйнування композитної арматури при напруженнях менших їх тимчасового опору у вихідному стані (руйнування при повзучості, статична втома). Зниження тимчасового опору при цьому залежить від рівня напружень, виду волокна і вологості середовища. Так, найбільше значення напружень статичної втоми встановлено для арматури з вуглецевим волокном – 0,7 -0,91 від тимчасового опору у вихідному стані, для арматури з арамідним волокном – 0,47-0,66 і з скловолокном – 0,30-0,45.Теплові дії, в першу чергу, впливають на зчеплення композитної арматури з бетоном. Погіршення зчеплення має місце починаючи з температури нагріву у 60-800С і при температурах 200-250 0С складають до 10% від міцності зчеплення у вихідному стані.Карбонізація і ультрафіолетове випромінювання, за результатами досліджень, не мають скільки-небудь значного впливу на властивості і характеристики композитної арматури.

Вплив, розглянутих вище факторів на властивості і характеристики композитної арматури, при проектуванні конструкцій враховується у нормативних документах США[1], Канади [2], Італії [3] та інших шляхом призначення відповідних коефіцієнтів надійності для арматури, які складають від 1.4 до 2,0.

1. ACI 440.1R-06 - Guide for the design and construction of concrete reinforced withFRP bars, ACI Committee 440, American Concrete Institute (ACI), 2015, 86p.
2. CAN/CSA-S806-16(R2021) , Design and Construction of Building Components with FibreReinforced Polymers, Canadian Standards Association, Toronto, Ontario, Canada, 2021, 201p.
3. CNR-DT 203/2006. Guide for the design and construction of concrete structures reinforced with fiber-reinforced polymer bars.. Rome, 2006,- 35.

Durability of concrete structures with composite reinforcement

Yulii Klymov, *Doctor. Technical Sciences, Professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures,* *http://orcid.org/0000-0002-4275-7058*

Kyiv National University of Construction and Architecture

The durability of composite reinforcement in concrete structures is determined by the ability to maintain the initial quality indicators (properties and characteristics) with prolonged force, exposure to the concrete environment, constant or variable environmental influences. The results of systematization and analysis of studies of durability of concrete structures with composite reinforcement are given. Durability was assessed on the basis of the influence of the most significant factors on concrete structures with composite reinforcement, namely the humidity of the medium, chlorides, alkaline and acidic media, the level of stresses, thermal effects, carbonization and ultraviolet radiation on the basic properties and characteristics of composite reinforcement – temporary resistance, modulus of elasticity, surface condition of the fiber/matrix, adhesion of composite reinforcement with concrete.

The influence of environmental humidity on the properties of composite reinforcement was usually studied indirectly on the basis of studies of the effect of water in the air on the properties of reinforcement. It was established that the greatest influence of this factor takes place for the temporary resistance and modulus of elasticity of the reinforcement, and at temperatures above 60^0 C, this infusion extends to the properties of the matrix. Numerous studies of the effect of chlorides at their concentration up to 4% , temperatures up to 70^0 C in a wide range of humidity values did not reveal a significant effect of the latter on the properties and characteristics of composite reinforcement. The influence of an alkaline medium, in studies conducted in alkaline solutions with a pH level of 12-13.5 and temperatures of 20-80 600C, depends on the type of fiber of composite reinforcement, the greatest resistance of which has carbon fiber further aramid and then fiberglass. Thus, for the loss of temporary resistance of carbon fiber for from 20 days to one year were 0-5%, aramid fiber – 6.4-25%, fiberglass – 12-55%. In separate studies for fiberglass, a deterioration in the condition of the fiber/matrix section surface and a 10% decrease in the modulus of elasticity were also recorded. At the same time, the influence of the alkaline environment of concrete turned out to be much less than alkaline solutions, which is explained by the protective properties of the matrix (resin), and generally no effect on the adhesion of composite reinforcement with concrete.

Long-term load of composite reinforcement at different levels of stresses leads to the destruction of composite reinforcement at stresses less than their temporary resistance in the initial state (destruction during creep, static fatigue). Reducing the time resistance depends on the level of stresses, the type of fiber and the humidity of the medium. Thus, the highest value of static fatigue stresses is set for reinforcement with carbon fiber – 0.7 -0.91 of temporary resistance in the initial state, for reinforcement with aramid fiber – 0.47-0.66 and with fiberglass – 0.30-0.45. Thermal actions primarily affect the adhesion of composite reinforcement to concrete. Clutch deterioration occurs starting from a heating temperature of 60-800C and at temperatures of 200-250 0C make up to 10% of the adhesion strength in the initial state. Carbonization and ultraviolet radiation, according to research, does not have any significant impact on the properties and characteristics of composite reinforcement.

The influence of the above factors on the properties and characteristics of composite reinforcement in the design of structures is taken into account in the regulatory documents of Ukraine, the USA [1], Canada [2], Italy[3]and other by assigning appropriate reliability coefficients for reinforcement, which range from 1.4 to 2.0.

1. ACI 440.1R-06 - Guide for the design and construction of concrete reinforced withFRP bars, ACI Committee 440, American Concrete Institute (ACI).
2. CAN/CSA-S806-16(R2021) , Design and Construction of Building Components with Fibre Reinforced Polymers, Canadian Standards Association, Toronto, Ontario, Canada, 2021, 201p.
3. CNR-DT 203/2006. Guide for the design andconstruction of concrete structures reinforced with fiber-reinforcedpolymer bars.. Rome, 2006,- 35p.

Perspective designs of pipes and pipelines based on basalt fiber

Johni Gigineishvili, *Candidate of Technical Sciences Doctor of Engineering, ProfessorGeorgian Technical University,* https://orcid.org/0009-0007-6087-7743

Ltd „Progressi“ Engineering Center, Tbilisi, Georgia

One of the greatest inventions in the last century belonged to Kyiv scientists from the laboratory of the NILBVI, obtaining a continuous fiber from volcanic rocks of basalts [1].

The constant need for laying new pipelines and their increasing volumes suggest that humanity will not be able to exist without them in the future.

The paper presents the results of theoretical and experimental studies of basalt-plastic structural multifunctional pipes and tubular elements of various designs (Fig.1.), which, according to the authors, allows for a complete replacement of metal, and reinforced concrete pipelines [2,3,4].

Experience in the use of metal pipes for cold and hot water supply systems,drainage, transportation of petroleum products and other aggressive liquids showed that they are highly susceptible to corrosion and other factors that reduce their service life, compared with the pipes proposed in this paper.

The uniqueness of the material from basalt-plastic pipes lies in the fact that basalt fiber, created from igneous volcanic rock - basalt, has very good chemical resistance. Fibers with a diameter of 40 microns have 100% resistance to water, 96% to alkali, 94% to acid. The modulus of elasticity of the fiber is in the range from 7 to 60 GPa, the tensile strength is from 600 to 3500 MPa.

Fig.1. Structural solutions for multifunctional pipes and pipelines. Internal pipes can be made of thin steel, glass or basalt fiber

Based on the studies carried out on the available experimental samples of basalt-plastic pipes, it can be concluded that pipes based on basalt fiber have a number of advantages: high strength and flexibility, rather low weight, and reliability in operation in a wide temperature range. They are not subject to corrosion and have high chemical resistance. These advantages make it possible to effectively use such pipes for laying pipelines for: plumbing and sewer systems, pipelines for aggressive liquids and environments, cleaning systems and, after minor modifications, for transporting oil, oil products, gas and water, as well as for repairing and restoring existing pipelines.

1.Dzhyhyrys D.D. Osnovyproyzvodstvabazaltovykhvolokon v yzdelyi / D.D. Dzhyhyrys, M.F. Makhova. Monohrafyia. - M.: Teploenerhetyk, 2002. – 416s.
2.J. Gigineishvili, I. Mgaloblishvili. Technological line of production of compositive nonmetal construction reinforcement bars and pipes. Patent, N P 2000. Tbilisi. 1997h.
3Gigineishvyly .D.Ia., H.Chykvaydze. Stroytelnaia trubnaia konstruktsyia iz kompozytsyonnykh materyalov. Patent № R 2930. Tbylysy 2000.06.23.
4.Gigineishvyly D.Ia. Savenko V. “Nachalonovo iэгыprymenenyia bazaltovoho kamnia”. Nauchno-tekhnychesky izhurnal „Vynokhydnyk I Ratsyonalyzator“ («Nauka iTekhnyka»). Kyev. №1 (125). 2019. Str. 14-19.

Особливості застосування комп'ютерних методів при розрахунках та підборі перерізів складених сталевих елементів конструкцій

Вячеслав Адаменко, *канд.техн.наук, доцент кафедри Металевих і дерев’яних конструкцій,* *https://orcid.org/0000-0002-7469-9585*
Іван Афтенюк*, здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Промислове і цивільне будівництво»,* *https://orcid.org/0009-0009-4902-8833*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Питання розвитку методів розрахунку та конструювання сталевих будівель і споруд, а також, їх сучасний рівень висвітлено в роботі [1]. Незважаючи на високий рівень розвитку сучасних програмних комплексів з розрахунку будівельних конструкцій, їх коректне використання потребує від інженера-проєктувальника спеціальних знань і умінь, а при наявності складених елементів конструкцій ще і розробки методики та послідовності підбору вказаних елементів конструкцій.

В роботі представлено алгоритм комп’ютерного розрахунку сталевих конструкцій складеного перерізу шляхом поетапного підбору та уточнення жорсткостей елементів поперечного перерізу за рахунок створення користувацьких сортаментів у ПК «Ліра-САПР».

Сталева робоча площадка виробничої будівлі розміром 14м х 48м, складається з головних балок прольотом 16м (3х16м), другорядних балок (балок настилу) прольотом 8м і 6м, та наскрізних колон. Відмітка підлоги робочої площадки складає 7.4м, просторова жорсткість каркасу забезпечується хрестовими та портальними в’язями.

Скінченно-елементна модель сталевого каркасу була створена засобами ПК «Ліра-САПР», в якій були змодельовані скінченні елементи головних балок і балок настилу, колон, хрестових і портальних в’язів, задані граничні умови для колон, шарніри та розкріплення для головних балок і балок настилу, характеристики матеріалів та додаткові характеристики всіх елементів розрахункової схеми. Навантаження були прикладені безпосередньо до балок настилу у вигляді завантажень від власної ваги, підлоги, та корисного навантаження (16 кПа). Розрахунок було виконано за розрахунковими сполученнями навантажень (РСН).

Спочатку були проаналізовані результати підбору двотаврових прокатних балок настилу, за результатами підбору фактично підібрані жорсткості вносилися в скінченно-елементну модель і виконувалася їх перевірка вимогам 1-ї та 2-ї груп граничних станів. У випадку їх невідповідності операції повторювалися до задоволення даних вимог.

Підбір головних балок складеного перерізу був виконаний в декілька етапів. На першому етапі, з аналізу результатів розрахунку ПК «Ліра-САПР» та конструктивних міркувань, було призначено висоту стінки головних балок ГБ-1, ГБ-2, ГБ-3 та створено користувацький сортамент з обраною висотою стінки і різними товщинами сталевих смуг. На другому етапі, було прийнято остаточну товщину стінки та створено відповідний одиничний користувацький сортамент. На третьому етапі, було прийнято товщину полиць головних балок та створено користувацький сортамент з обраною товщиною полиці і різною шириною сталевих смуг відповідно до діючого сортаменту профілів. На четвертому етапі, було прийнято ширину полиці в прольоті та створено відповідний одиничний користувацький сортамент. На п’ятому етапі, було прийнято ширину полиці в приопорній зоні головних балок та створено відповідний одиничний користувацький сортамент. Та, на шостому етапі, результати підбору головних балок були за необхідності додатково уточнені.

Підбір колон наскрізного перерізу був виконаний шляхом послідовного уточнення поперечних перерізів та їх жорсткостей в скінченно-елементній моделі.

1. Вячеслав Адаменко. Розвиток методів розрахунку і конструювання сталевих будівель і споруд: від Ейфелевої вежі до Національного стадіону сінгапурського спортивного комплексу / В.М. Адаменко //Будівельні конструкції. Теорія і практика – Вип. 11. – КНУБА, 2022. – С. 32-43. DOI: https://doi.org/10.32347/2522-4182.11.2022.32-43 .

Features of Using Computer Methods in Calculations and Selection of Composite Steel Structural Elements

Viacheslav Adamenko, *Ph.D., Associate Professor of the Department of Steel and Timber Structures, https://orcid.org/0000-0002-7469-9585*
Ivan Afteniuk*, Bachelor's Student, https://orcid.org/0009-0009-4902-8833*

Kyiv National University of Construction and Architecture

The question of the development of methods for calculating and detailing steel buildings, as well as the current state of these methods, is addressed in article [1]. Despite the high level of development of modern software for calculating building structures, their correct use requires specialized knowledge and skills from the design engineer. Additionally, when structural elements have composite cross-sections, it is necessary to develop a methodology and sequence for selecting the appropriate structural elements.

The paper presents an algorithm for the computer calculation of steel structures with a composite cross-section by means of a step-by-step selection and refinement of the stiffness of the cross-sectional elements through the creation of custom assortments in the software package "Lira-SAPR".

The steel working platform of an industrial building with dimensions of 14m x 48m consists of main girders with a span of 16m (3x16m), secondary beams with spans of 8m and 6m, and composite columns. The floor level of the working platform is 7.4m, and the spatial stiffness of the frame is ensured by cross and portal ties.

A finite element model of a steel frame was created using the Lira-SAPR software. The model included finite elements of the main beams, floor beams, columns, cross and portal braces, and boundary conditions for the columns, hinges and supports for the main beams and floor beams, as well as material properties and additional characteristics of all the elements in the computational model. Loads were applied directly to the floor beams in the form of self-weight, floor load, and live load (16 kPa). The design was calculated using load combination methods.

First, the results of the selection of double-T profiled floor beams were analyzed. After the selection process, the actual stiffness values were incorporated into the finite element model, and their compliance with the requirements of the 1st and 2nd limit state groups was checked. If they did not meet these requirements, the process was repeated until the values satisfied the specified requirements.

The selection of composite section main beams was carried out in several stages. At the first stage, based on the analysis of the calculation results using the "Lira-SAPR" software and design considerations, the web height of the main beams GB-1, GB-2, and GB-3 was determined, and a user-defined range was created with the chosen web height and different thicknesses of steel strips. At the second stage, the final web thickness was adopted, and the corresponding user-defined range was created. At the third stage, the thickness of the flanges of the main beams was determined, and a user-defined range was created with the chosen flange thickness and different widths of steel strips according to the existing range of profiles. At the fourth stage, the flange width in the span was determined, and the corresponding user-defined range was created. At the fifth stage, the flange width in the support zone of the main beams was determined, and the corresponding user-defined range was created. Finally, at the sixth stage, the results of the selection of the main beams were further refined if necessary.

The selection of composite columns was carried out by sequentially refining the cross-sections and their stiffness in the finite element model.

1. Viacheslav Adamenko. Rozvytok metodiv rozrakhunku i konstruiuvannia stalevykh budivel i sporud: vid Eifelevoi vezhi do Natsionalnoho stadionu sinhapurskoho sportyvnoho kompleksu / V.M. Adamenko //Budivelni konstruktsii. Teoriia i praktyka – Vyp. 11. – KNUBA, 2022. – P. 32-43. DOI: https://doi.org/10.32347/2522-4182.11.2022.32-43 .

ПК ЛІРА 10. Фільтрація у задачах геотехнічного проектування

Перепічай Ірина, *інженер*, *https://orcid.org/0009-0007-9197-1476*
Євзеров Ісаак, *докт.техн.наук., науковий керівник ЛІРА 10*, *https://orcid.org/0000-0003-3414-9930*
Киричок Владислав, *інженер*, *https://orcid.org/0000-0002-4359-7148*

Група компаній ЛІРА (м.Київ)

Розрахунок фільтрації в ґрунтах має велике значення у гідротехнічних і будівельних проектах, де необхідно забезпечити стійкість гідротехнічних споруд і захист від підтоплень та зсувів. Контроль за процесом фільтрації може допомогти зменшити витрати на ремонт та підтримку інфраструктури, а також збільшити її тривалість експлуатації. Основні випадки застосування розрахунку фільтрації - оцінка втрат води з водосховищ, визначення зон змочування, проектування дренажних систем, шахт, тунелів метро тощо. Моделювання фільтраційних процесів найкраще виконувати у спеціалізованих програмах методом скінченних елементів, таких як ПК ЛІРА 10, де задача стаціонарної фільтрації реалізується на основі закону Дарсі. $v = -K \cdot \operatorname{grad} h$. Рівняння стаціонарної фільтрації може бути записане у вигляді:

$$-\operatorname{div}(K \cdot \operatorname{grad} h) = 0; \tag{1}$$

$$h = \frac{p}{\rho \cdot g} + z; \tag{2}$$

де p – поровий тиск, h – напір рідини, ρ – густина рідини, K – коефіцієнт фільтрації ґрунту.

Граничні умови можуть бути задані у двох видах. На водоупорі швидкість фільтраціїв напрямку границі нульова, тобто $K\dfrac{\partial h}{\partial n} = 0$.Другий вид граничної умови – це височування чи дренаж, або її ще називають граничною умовою екрануючого шару:

$$V_n = R_0 \cdot p \tag{3}$$

де V_n – це компонент швидкості рідини на межі височування в напрямку, перпендикулярному до зовнішньої поверхні, а R_0– коефіцієнт фільтрації екрануючого шару. Умова височування на границі задається за допомогою спеціальних скінченних елементів екрануючого шару.

Результатом розв'язку задачі фільтрації є значення порових тисків та швидкостей і напрямків руху рідини у нелінійних ґрунтових скінченних елементах. Також розраховується додаткова компонента напружень у ґрунті, яка викликана поровим тиском:

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ij}^0 - p \cdot \delta_{ij}; \tag{4}$$

де σ_{ij}–повна компонента відповідного тензора напружень, σ_{ij}^0 – початкова компонента тензора напружень без врахування впливу фільтрації, $p{\cdot}\delta_{ij}$ - компонента відповідного компонента тензора напружень, що викликана нескомпенсованою дією порового тиску (розбухання).

Програмний комплекс ЛІРА 10 може вирішувати як плоскі, так і тривимірні задачі. Плоска задача підходить краще для об'єктів великої протяжності з постійним перерізом, наприклад, дамба водосховища. Цей об'єкт можна ефективніше моделювати як переріз, що будується елементами плоскої деформації ґрунту, що зменшить час розрахунку порівняно з тривимірним розрахунком. Однак, якщо об'єкт має специфічні розміри та властивості матеріалів, які впливають на поведінку моделі у всіх напрямках, тоді правильно буде рахувати повну тривимірну задачу з відповідними розмірами.

1. Applied Soil Mechanics: with Abaqus application. Sam Helwany. John Wiely& Sons, Inc. 2007, - 385p.
2. Abaqus 6.11 Theory Manual. – USA, Providence, RI., 2011, – 1172 p.

SP LIRA 10. Filtration in geotechnical design problems

Perepichai Iryna, *engineer,* *https://orcid.org/0009-0007-9197-1476*
Ievzerov Isaak, *Doctor of Technical Sciences, scientific director of LIRA 10,* *https://orcid.org/0000-0003-3414-9930*
Kyrychok Vladyslav, *engineer,https://orcid.org/0000-0002-4359-7148*

LIRA Group of Companies

The calculation of filtration in soils is of great importance in hydraulic engineering and construction projects where it is necessary to ensure the stability of hydraulic structures and protection against flooding and landslides. Controlling the filtration process can help reduce the cost of repairing and maintaining infrastructure, as well as increase its service life. The main applications of the filtration calculation include estimation of water losses from reservoirs, determination of wetting zones, design of drainage systems, mines, subway tunnels, etc. The modeling of filtration processes is best performed in specialized finite element programs, such as LIRA 10, where the steady-state filtration problem is solved on the basis of Darcy's law $v = -K \cdot \mathrm{grad}\, h$. The equation of stationary filtration can be written in the form:

$$-\mathrm{div}(K \cdot \mathrm{grad}\ h) = 0; \tag{1}$$

$$h = \frac{p}{\rho \cdot g} + z; \tag{2}$$

where$p$ is the porepressure, h is the elevation of the water surface, ρ is the fluid density, and K is the permeability. Boundary conditions can be specified in two ways. At the water retaining wall, the filtration rate in the direction of the boundary is zero, i.e $K\frac{\partial h}{\partial n} = 0$. The second type of boundary condition is elevation or drainage, or it is also called the shielding layer boundary condition:

$$V_n = R_0 \cdot p; \tag{3}$$

whereV_n is the component of the pore fluid velocity in the direction of the outward normal to the surface, and R_0 is the seepage coefficient. The seepage condition at the boundary is set using special finite elements of the screening layer. The result of solving the filtration problem is the values of pore pressures, fluid velocities and its directions in nonlinear soil finite elements. An additional stress component in the soil caused by pore pressure is also calculated:

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ij}^0 - p \cdot \delta_{ij}; \tag{4}$$

where σ_{ij} is the full component of the corresponding stress tensor, σ_{ij}^0 is the initial component of the stress tensor without taking into account the effect of filtration, $p \cdot \delta_{ij}$ is the component of the corresponding component of the stress tensor caused by the uncompensated effect of pore pressure (swelling).

The LIRA 10 software package can solve both planar and 3D problems. A planar problem is better suited for long objects with a constant cross section, such as a reservoir dam. This object can be modeled more efficiently as a cross-section constructed by plane soil deformation elements, which will reduce the calculation time compared to a three-dimensional calculation. However, if the object has specific dimensions and material properties that affect the behavior of the model in all directions, then it is correct to calculate the full three-dimensional problem with the appropriate dimensions.

1. Applied Soil Mechanics: with Abaqus application. Sam Helwany. John Wiely& Sons, Inc. 2007, - 385p.
2. Abaqus 6.11 Theory Manual. – USA, Providence, RI., 2011, – 1172 p.

Засоби знезараження, іонізації та очищення повітря у сховищах цивільного захисту

Валентин Глива*[1],*доктор технічних наук, завідувач кафедри фізики,
https://orcid.org/0000-0003-1257-3351
Василь Назаренко*[2],*доктор біологічних наук, завідувач лабораторії фізичних факторів,
https://orcid.org/0000-0002-5238-4312
Наталія Бурдейна*[1], *кандидат педагогічних наук, професоркафедри фізики,
https://orcid.org/0000-0002-2812-1387
Юрій Леонов*[2], *науковий співробітник лабораторії по вивченню і нормуванню фізичних факторів виробничого середовища, https://orcid.org/0000-0001-6625-2786

[1]*Київський національний університет будівництва та архітектури(м. Київ)*
[2]*ДУ "Інститут медицини праці імені Ю.І. Кундієва НАМН України"(м. Київ)*

Особливістю приміщень сховищ цивільного захисту є одночасна присутність великої кількості людей та їх щільне розміщення. Це обумовлює негативні тенденції щодо погіршення якості повітря – його деіонізація, підвищення концентрацій аерозолей внаслідок дихання тощо, навіть за умови штатного функціонування систем вентиляції, (швидкість спрямованого руху повітря обмежена вимогами санітарних норм). Крім того, частина людей може бути хворою або носіями інфекцій. Це потребує знезараження повітря, його іонізації та очищення від механічних домішок. Традиційні засоби знезараження – ртутні лампи заборонено використовувати у присутності людей. Пропонується для таких цілей застосовувати світлодіоди ультрафіолетового випромінювання. Їх можливо використовувати у присутності людей (Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи від 03.03.21р. № 12.2–18–3/4649). Єдине обмеження – розташування випромінювачів на відстані 2 м від людей з дотриманням вимог біологічної безпечності за ДСТУ EN 62471:2017 "Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна (EN 62471:2008, IDT; IEC 62471:2006, MOD)". Проведені експериментальні дослідження щодо впливу ультрафіолетових світлодіодів у присутності людей. Для експериментів використовувалися сертифіковані тест - системи для виявлення загальної кількості мікроорганізмів та виявлення пліснявих грибів (виробництво R-Biopharm AG, Німеччина) і лічильник аероіонів типу МАС-01 (концентрації аероіонів обох полярностей). Досліди проводилися у приміщенні об'ємом 160 м^3 із застосуванням 5 випромінювачів загальною потужністю 25 Вт. Загальна тривалість ультрафіолетового випромінювання складала 3 місяці, визначалася забрудненість поверхонь бактерій та грибами до початку експозиції та після неї. Оцінювання забруднення приміщень проведено згідно стандарту SBM – 2015.

Встановлено, що кількість бактерій на контрольних поверхнях знизилася у 5–6 разів, грибів – майже у 20 разів. При цьому концентрації аероіонів обох полярностей (a_+, a_-) підвищилися з 300–400 см$^{-3}$ до 1100–1200 см$^{-3}$ (мінімальна допустима концентрація: a_+= 400 см$^{-3}$,a_-= 600 см$^{-3}$).

Перевагою такого методу іонізації повітря є швидке (у межах кількох хвилин) зростання концентрації аероіонів обох знаків. При цьому на відміну від відомих засобів штучної іонізації повітря концентрації аероіонів під впливом ультрафіолетового випромінювання відрізняються у межах приміщення у межах похибки вимірювань, тобто відсутня необхідність розсіювання іонів від джерела іонізації спрямованим рухом повітря, яке переносить собою дрібнодисперсний пил та аерозолі.

Достатня концентрація аероіонів забезпечує дрейф дрібнодисперсних аерозолей та пилу до поверхонь, де вони осідають і утримуються внаслідок електризації. Перевагою даного способу є швидке отримання потрібного ефекту. При цьому мале енергоспоживання дозволяє підтримувати сховища у належному стані готовності за відсутності потреби у їх використанні.

Means of disinfection, ionization and air purification in civil defense storage facilities

Valentin Glyva[1]*, Doctor of Technical Sciences, Head of the Physics Department,* *https://orcid.org/0000-0003-1257-3351*
Vasyl Nazarenko[2]*, Doctor of Biological Sciences, Head of the Physical Factors Laboratory,* *https://orcid.org/0000-0002-5238-4312*
Natalia Burdeyna[1]*,Candidate of Pedagogical Sciences, Professor of the Physics Department,* *https://orcid.org/0000-0002-2812-1387*
Yuriy Leonov[2]*,Researcher of the Laboratory for the Study and Standardization of Physical Factors Production Environment,* *https://orcid.org/0000-0001-6625-2786*

[1] *Kyiv National University of Construction and Architecture, (Kyiv)*
[2] *SI "Kundiiev Institute of Occupational Health of the NAMS of Ukraine", (Kyiv)*

A distinctive feature of civil protection storage facilities is a simultaneous presence of a large number of people and their dense placement. This leads to negative trends in the deterioration of air quality – its deionization, increased concentrations of aerosols due to breathing, etc., even with the normal functioning of ventilation systems (the speed of directional air movement is limited by the requirements of sanitary standards). In addition, some people may be sick or carriers of infections. This requires air disinfection, its ionization and cleaning of mechanical impurities. Traditional means of disinfection –low pressure mercury lamps are prohibited to be used in the presence of people. It is suggested to use UV LEDs lamps for such purposes. They can be used in the presence of people (Sertificate of the State Sanitary and Epidemiological Examination is dated 03.03.21 No. 12.2–18–3/4649). The only limitation is the location of the UV LEDs lamps at a distance of 2 m from human body in compliance with the requirements of biological safety according to DSTU EN 62471:2017 "Safety of lamps and lamp systems photobiological (EN 62471:2008, IDT; IES 62471:2006, MOD)". Experimental studies on the effect of ultraviolet LEDs in a presence of people have been carried out. Certified test systems for the detection of the total amount of microorganisms and a detection of mold fungi (manufactured by R-Biopharm AG, Germany) and an aeroion counter of the MAS-01 type (concentration of aeroions of both polarities) were used inthe experiments. The study were carried out in three premises with a volume of 160 m^3 using 5 emitters with a total power of 25 W. The total duration of ultraviolet e[posure was 3 months, 8 hours a day. The contamination of work surfaceses with bacteria and fungi was determined before and after exposure.

The assessment of the contamination of the premises was carried out in accordance with the Guidelines SBM – 2015 (Germany). It was established that the quantity of bacteria on the control surfaces decreased by 5–6 times, fungi – by almost 20 times. At the same time, the concentrations of aeroions of both polarities (a_+, a_-) increased from 300–400 cm^{-3} to 1100–1200 cm^{-3} (minimum permissible concentration: a_+= 400 cm^{-3}, a_-= 600 cm^{-3}).

The advantage of this method of air ionization is the rapid (within a few minutes) increase in the concentration of aeroions of both polarities. At the same time, in contrast to known means of artificial air ionization, the concentrations of air ions under ultraviolet radiation in the premise volume were within the measurement error, i.e. there is no need to scatter ions from the source of ionization by the directed movement of air, which carries fine dust and aerosols.

A sufficient concentration of aeroions ensures the drift of finely dispersed aerosols and dust to surfaces, where they settle and are retained due to electrification. The advantage of this method is to quickly obtain the desired effect. At the same time, low energy consumption allows to maintain civil defense storage facilitiesin a proper state of readiness when there is no need to use them.

Дослідження впливу типу портландцементу на міцність ґрунтобетонних зразків

Микола Савицький, *докт. техн. наук, професор кафедри Залізобетонних і кам'яних конструкцій,* https://orcid.org/0000-0003-4515-2457
Анастасія Мислицька*, аспірант, асистент кафедри Залізобетонних і кам'яних конструкцій,* https://orcid.org/0000-0001-9609-7270

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури (м. Дніпро)

Мета – дослідження експериментальним шляхом впливу типу портландцементу на міцність при стиску зразків зґрунтобетону.

Постановка експерименту:

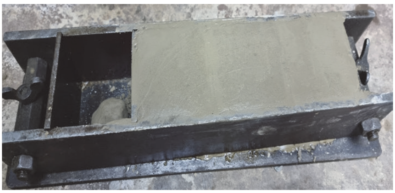
При випробуваннях розглянутих варіантів зразків з ґрунтобетону приймались:

- стандартні зразки кубів 70х70х70 мм (рис.1);
- кількість зразків одного замісу – 3 шт.;
- склад ґрунтобетону, витрати, мас %: ґрунт, цемент, вода.

Для першого варіанту прийнятий портландцемент марки М500 виробництва Криворізького цементного заводу ПАТ «Хайдельберг Цемент Україна».

Для другого варіанту прийнятий портландцемент марки М500 виробництва АО «Подільський цемент».

Випробування зразків-кубів ґрунтобетону проводилось відповідно до ДСТУ Б В.2.7-224: 2009 [1] і ДСТУ Б В.2.7-214: 2009 [2] різного складу у лабораторії кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій ПДАБА. Результати випробувань міцності на стиск наведені в табл.1.



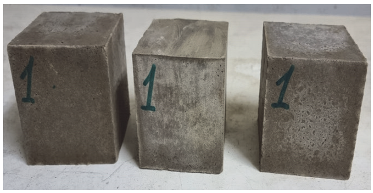


Рис. 1 – Виготовлення зразків ґрунтобетону 70х70х70 мм та загальний вигляд

Таблиця 1 – Результати випробувань зразків ґрунтобетону на стиск

Міцність на стиск ґрунтобетону в залежності від типу портландцементу					
ПЦ «Хайденберг цемент»			ПЦ «Кам'янець- Подільськ»		
1_1	543/48,52=111 кгс/см^2– для розчину 543/48,52=111*0,85=**95** кгс/см^2**– для бетону**	~ М100	1_1	399/48,63=82 кгс/см^2 – для розчину 39,9/48,63=82*0,85=**69 –** кгс/см^2**для бетону**	~ до М75
2_1	246,5/48,42= 50,9 кгс/см^2–для розчину 246,5/48,42=50,9*0,85= **43** кгс/см^2– **для бетону**	~ до М50	2_1	350/47,84= 73 кгс/см^2– для розчину 350/47,84=73*0,85= **62** кгс/см^2– **для бетону**	~ до М50
3_1	354/47,95=73,8 кгс/см^2 – для розчину 354/47,95=73,8*0,85=**62 –** кгс/см^2 **-для бетону**	~ до М75	3_1	225/47,83=47 кгс/см^2– для розчину 22,5/47,83=47*0,85=**39**кгс/см^2– **для бетону**	~ до М35

1. ДСТУ Б В. 2.7- 224:2009. Будівельні матеріали. Бетони правила контролю міцності. - надано чинності 2009-12-22. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. –23 с.
2. ДСТУ Б В. 2.7- 214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками - надано чинності 2009-12-22.– Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 43 с.

Investigation of the influence of Portland cement type on the strength of soil concrete samples

Mykola Savytskyi, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures,* *https://orcid.org/0000-0003-4515-2457*
Anastasiia Myslytska, *PhD student, Assistant of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures,* *https://orcid.org/0000-0001-9609-7270*

Dnipro State Academy of Construction and Architecture (Dnipro)

The purpose is to study experimentally the effect of the type of Portland cement on the compressive strength of soil concrete samples.

Setting up the experiment:

In the tests of the considered variants of soil concrete samples, the following were accepted:

- standard samples of cubes 70x70x70 mm (Fig. 1);
- number of samples of one batch – 3 pcs.;
- composition of soil concrete, consumption, mass %: soil, cement, water.

For the first option, M500 Portland cement produced by Kryvyi Rih Cement Plant, PJSC "Heidelberg Cement Ukraine" was accepted.

For the second option, M500 Portland cement manufactured by JSC "Podilsky Cement" was accepted.

The testing of samples-cubes of soil concrete was carried out in accordance with DSTU B V.2.7-224: 2009 [1] and DSTU B V.2.7-214: 2009 [2] of different compositions in the laboratory of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures of the State Academy of Arts and Sciences. The results of compressive strength tests are shown in Table 1.

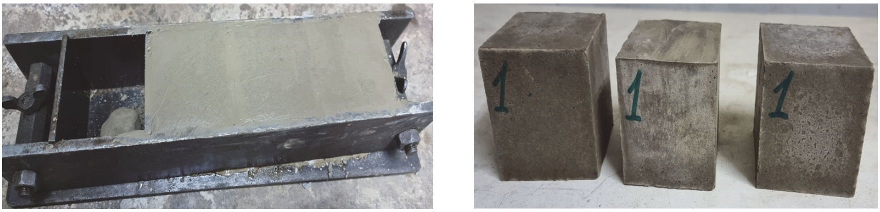


Fig. 1 – Production of 70x70x70 mm soil concrete specimens and general view

Table 1 – Results of compression tests of soil concrete samples

Compressive strength of soil concrete depending on the type of Portland cement					
Heidenberg Cement PC			Kamianets-Podilskyi PC		
1_1	543/48,52=111 kgf/cm^2 –for mortar 543/48,52=111*0,85 =**95** kgf/cm^2 – **for concrete**	~ M100	1_1	399/48,63=82 kgf/cm^2 – for mortar 39,9/48,63=82*0,85=**69** –kgf/cm^2 **for concrete**	~ up to M75
2_1	246,5/48,42= 50,9 kgf/cm^2 – for mortar 246,5/48,42=50,9*0,85= **43** kgf/cm^2 – **for concrete**	~ up to M50	2_1	350/47,84= 73 kgf/cm^2 – for mortar 350/47,84=73*0,85= **62** kgf/cm^2 – **for concrete**	~ up to M50
3_1	354/47,95=73,8 kgf/cm^2 – formortar 354/47,95=73,8*0,85=**62 –** kgf/cm^2 **for concrete**	~ up to M75	3_1	225/47,83=47 kgf/cm^2 – for mortar 22,5/47,83=47*0,85=**39** kgf/cm^2 – **for concrete**	~ up to M35

1. DSTU B V. 2.7- 224:2009. Construction materials. Concrete rules for strength control. - Given effect on 2009-12-22. - Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2010. -23 p.
2. DSTU B: 2.7- 214: 2009. Construction materials. Concretes. Methods of determination of strength by control samples - valid from 2009-12-22 - Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2010. 43 p.

До оцінки методів розрахунку стиснутих залізобетонних елементів

Володимир Кріпак, *канд.техн.наук,професор кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій,* https://orcid.org/0000-0001-6575-5015

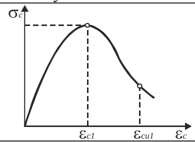
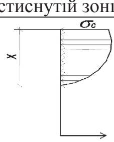
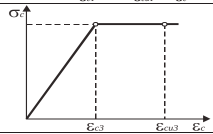
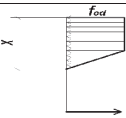
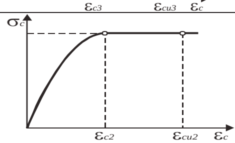
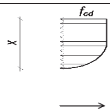
Дмитро Журавський, *здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Промислове і цивільне будівництво»,*
http://orcid.org/0000-0003-2702-9367

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Стиснуті елементи являються основними і найбільш відповідальними елементами любої конструктивної системи. Згідно положень [1] переважна більшість залізобетонних стиснутих елементів в каркасних будівлях віднесені до класу колон.

Для розрахунків залізобетонних елементів за міцністю перерізів нормальних до поздовжньої осі елемента при позацентровому стиску-розтягу використовують різні методи. В таблиці 1 подано класифікацію методів розрахунку, їх особливості , відмінності та межі використання. Відмінність між ними, в основному, полягає в характері описання зв'язку міжнапруженнямиσ_cта відносними деформаціямиε_cв стиснутому бетоні при визначенні внутрішніх зусиль в перерізі.

Таблиця 1. Класифікація методів розрахунку стиснутих перерізів.

Метод розра-хунку	Вид діаграми деформування бетону	Вид епюри напружень в стиснутій зоні бетону	Межі використання методу розрахунку
1 Загальний деформаційний			Рекомендований нормами [1,2] для всіх можливих перерізів.
2 Спрощений деформаційний			Рекомендований нормами [1] для перерізів простої геометричної форми
3 Спрощений деформаційний			Рекомендований нормами [2] для всіх можливих перерізів.

Норми [1,2] дозволяють також використовувати для попередніх розрахунків прощений метод зі скороченою прямокутною епюрою стисної зони бетону.

В роботі наводяться результати проведених порівняльних розрахунків перерізів стиснутих залізобетонних колон за різними методами. Ціллю дослідження являлись: виявлення можливостей практичної реалізаціїможливих методів розрахунку стиснутих елементів та числова і якісна оцінка отриманих результатів.

В залежності від розташування стискуючої сили N_{Ed} по відношенню до центра ваги перерізу колони може виникати випадок великих ексцентриситетів, коли $\xi = x/d \le \xi_{lim}$, івипадок малих ексцентриситетів – коли $\xi > \xi_{lim}$. Виявлено, що при великих ексцентриситетах вид епюри напружень мало впливає на результати розрахунків. При малих ексцентриситетах, коли несуча здатність перерізу формується в основному стиснутим бетоном, цей вплив є досить суттєвим при оцінці несучої здатності колон.

1. ДБН Б.В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ, МінрегіонбудУкраїни, 2011.

2. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1.Загальні правила і правила для споруд (EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2) /Брюссель, CEN, 2004, 225с.

Assessment of methods for calculating compressed reinforced concrete elements

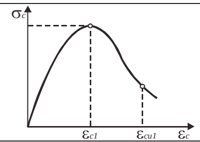
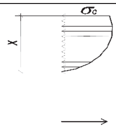
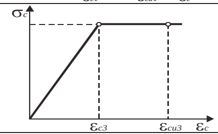
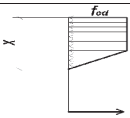
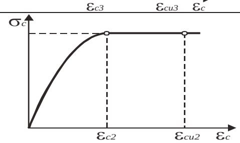
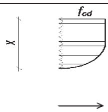
Volodymyr Kripak, *PhD in Engineering, Professor of the Department of Reinforced and Stone Structures*, *https://orcid.org/0000-0001-6575-5015*
Dmytro Zhuravskyi, *Master student*, *http://orcid.org/0000-0003-2702-9367*

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

Compressed elements are the main and most responsible elements of any structural system. According to [1], the overwhelming majority of reinforced concrete compressed elements in frame buildings belong to the column class.

Various methods are used for calculating reinforced concrete elements by the strength of normal sections to the longitudinal axis of the element under eccentric compression-tension. Table 1 provides a classification of calculation methods, their features, differences, and limitations. The main difference between them lies in the nature of describing the relationship between stresses σ_c and relative strains ε_c in the compressed concrete when determining internal forces in the section.

Table 1. Classification of methods for calculating compressed sections.

Calculation method	The type of concrete deformation diagram	The type of stress-strain curve in the compressed zone of concrete	The limits of use of the calculation method
1 General deformation			Recommended by standards [1,2] for all possible cross-sections.
2 Simplified deformation			Recommended by standard [1] for cross-sections of simple geometric shape.
3 Simplified deformation			Recommended by standard [2] for all possible cross-sections.

Norms [1,2] also allow for the use of a simplified method with a reduced rectangular stress-strain diagram of the compressed zone of concrete for preliminary calculations.

The article presents the results of comparative calculations of compressed reinforced concrete column cross-sections using different calculation methods. The aim of the study was to identify the practical possibilities of the possible methods for calculating compressed elements and to provide a quantitative and qualitative assessment of the results obtained.

Depending on the location of the compressive force N_{Ed} relative to the center of gravity of the column cross-section, there may be a case of large eccentricities when $\xi = x/d \leq \xi_{lim}$, and a case of small eccentricities when $\xi > \xi_{lim}$. It was found that in the case of large eccentricities, the shape of the stress-strain diagram has little effect on the calculation results. In the case of small eccentricities, when the load-bearing capacity of the cross-section is mainly formed by the compressed concrete, this effect is quite significant in evaluating the load-bearing capacity of the column.

1. DBN B.V.2.6-98:2009. Building structures. Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions. - Kyiv, Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine, 2011.
2. Eurocode 2. Design of concrete structures. Part 1-1. General rules and rules for buildings (EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2) /Brussels, CEN, 2004, 225p.

Leverage of advanced CBFEM and CSFM methods in Structural Engineering practice

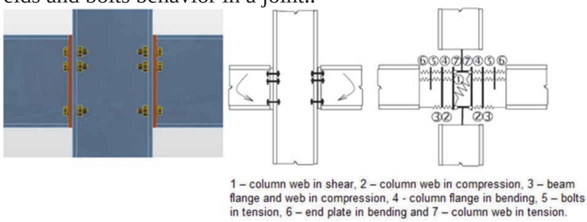
***Jana Kaderova**, MSc., PhD , Product Engineer*

IDEA StatiCa (Software developer company) (Brno, Czech Republic)

CBFEM (Component Based Finite Element Model) is general enough to be usable for most of the joints, footings, and details in engineering practice. Simple and fast enough in daily practice to provide results in a time comparable to current methods and tools.Comprehensive enough to provide structural engineer clear information about joint behavior, stress, strain, and reserves of individual components and about overall safety and reliability.

The CBFEM method is based on the idea that most of the verified and very useful parts of CM (Component method) should be kept. The weak point of CM – its generality when analyzing stresses of individual components – was replaced by modeling and analysis using the Finite Element Method (FEM). Both webs and flanges of connected members are modeled using shell elements in the CBFEM model for which the known and verified solution is available.

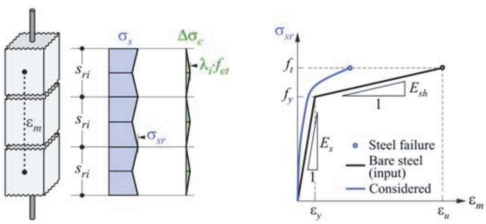
The fasteners – bolts and welds – are the most difficult in the point of view of the analysis model. Modeling of such elements in general FEM programs is difficult because the programs do not offer the required properties. Thus, special FEM components had to be developed to model the welds and bolts behavior in a joint..



a *b*

Fig. 1. Comparison of the standard and advanced solutions: *a* -IDEA StatiCa model; *b* -Component model

CSFM (Compatible Stress Field Method) is a continuous FE-based stress field analysis method in which classic stress field solutions are complemented with kinematic considerations, i.e., the state of strain is evaluated throughout the structure. Hence, the effective compressive strength of concrete can be automatically computed based on the state of transverse strain in a similar manner as in compression field analyses that account for compression softening (Vecchio and Collins 1986; Kaufmann and Marti 1998) and the EPSF method (Fernández Ruiz and Muttoni 2007). Moreover, the CSFM considers tension stiffening, providing realistic stiffnesses to the elements, and covers all design code prescriptions (including serviceability and deformation capacity aspects) not consistently addressed by previous approaches. The CSFM uses common uniaxial constitutive laws provided by design standards for concrete and reinforcement. These are known at the design stage, which allows the partial safety factor method to be used. Hence, designers do not have to provide additional, often arbitrary material properties as are typically required for non-linear FE-analyses, making the method perfectly suitable for engineering practice.



a *b*

Fig. 2. Basic assumptions of the CSFM: a) stresses in the reinforcement direction;
b) stress-strain diagram of reinforcement in terms of stresses at cracks and average strains

Параметрична оптимізація вимушених частот коливання оболонки мінімальної поверхні на круглому конторі, яка складається із двох похилих еліпсів

Олександр Кошевий *Ph.D. доцент кафедри теоретичної механіки,*
https://orcid.org/0000-0002-1903-2905
Олександр Кошевий *канд.техн.наук, завідувач кафедри опору матеріалів,*
https://orcid.org/0000-0002-7796-0443

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Для якісного вибору будівельної конструкції та доцільного і ефективного використання будівельних матеріалів застосовують оптимальне проектування. Оптимальне проектування є комплексною задачею, яка потребує врахування максимальну кількість чинників для об’єктивного аналізування підбору товщини прокатної сталі. В сучасному проектуванні поєднання чисельних математичних методів аналізу просторових будівельних конструкцій при оптимальному проектуванні дає можливість створювати нові методики розрахунку, та в цілому розглянути проектування будівельних конструкцій з нової точкою зору.

Більшість оптимізованих алгоритмів потребують обчислення не тільки значень цільової функції, яка описує поведінку системи, але і її похідні. Така задача може бути впроваджена при використання градієнтних пошукових методів, але дослідження властивостей оптимізованої системи при малій варіації параметрів в околицях заданої точки (задача аналізу чутливості конструкції) має важливе практичне значення, так як дозволяє виявити ті параметри, які мають вплив на поведінку конструкції.

Аналіз чутливості параметричної оптимізації для оболонки мінімальної поверхні на круглому контурі, яка складається із двох похилих еліпсів.Для виконання однокритеріальної параметричної оптимізації оболонки мінімальної поверхні на круглому контурі, яка складається із двох похилих еліпсівзастосовується цільова функція – вага просторої конструкції. Змінні в задачі параметричної оптимізації є товщина скінчених елементів від 1 до 100 мм. Обмеження конструкції накладається на першу вимушену частоту коливання 0.005 Гц. Такий тип задач застосовується для запобігання резонансу від технологічного обладнання, яке може впливати на власні частоти конструкції під зовнішнім навантаженням[1-2]. Для вирішення задачі залучаються додаткові модулі програмного забезпечення, які пов’язані з основним розрахункових комплексом FemapwithNastran.

Результати аналізу чутливості оптимізації оболонки мінімальної поверхні на круглому контурі, яка складається із двох похилих еліпсів.Авторська методика однокритеріальної параметричної оптимізації дає можливість зменшити вагу конструкції у відсотковому еквіваленті на 13.4%, при цьому витримується всі обмеження конструкції за двома групами граничних станів. Товщина скінчених елементів коливається від 1 мм до 26.3 мм. при подальшому проектуванні інженер-конструктор, визначає параметри товщини конструкції з урахування технологічності при її створення і монтажу на будівельному об’єкті. Також методика автора дозволяє змінити бачення на проектування в цілому, так як введення в проектування будівельних конструкцій оптимального проектування дасть змогу якісно і доцільно використовувати будівельні матеріали.

1. Іванченко Г.М., Кошевий О.О., Кошевий О.П. Чисельна реалізація багатокритеріальної параметричної оптимізації оболонки мінімальної поверхні на квадратному контурі при термосиловому навантаженні. Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірник. – К.: КНУБА, 2022. – Вип. 109. –С. 50–65.
2. Кошевий О.О., Кошевий О.П., Григор’єва Л.О.Чисельна реалізація багатокритеріальної параметричної оптимізації оболонки мінімальної поверхні на прямокутному контурі при термосиловому навантаженні. Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірник. – К.: КНУБА, 2022. – Вип. 108. –С. 309–324.

Parametric optimization of the forced oscillation frequencies of the shell of a minimal surface on a circular cone consisting of two inclined ellipses

Oleksandr Koshevyi *Ph.D. associate professor, department of theoretical mechanics,* *https://orcid.org/0000-0002-1903-2905*
Oleksandr Koshevyi *candidate of technical sciences head of the department of materials resistance,* *https://orcid.org/0000-0002-7796-0443*

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

Optimal design is used to ensure a high-quality choice of building structure and efficient and effective use of building materials. Optimal design is a complex task that requires taking into account the maximum number of factors to objectively analyze the selection of rolled steel thickness. In modern design, the combination of numerical mathematical methods for analyzing spatial building structures in optimal design makes it possible to create new calculation methods and generally consider the design of building structures from a new perspective.

Most optimized algorithms require calculating not only the values of the objective function that describes the behavior of the system, but also its derivatives. Such a task can be implemented using gradient search methods, but the study of the properties of an optimized system with a small variation of parameters in the vicinity of a given point (the task of analyzing the sensitivity of a structure) is of great practical importance, as it allows identifying those parameters that have an impact on the behavior of the structure.

Sensitivity analysis of parametric optimization for a shell of minimum surface on a circular contour consisting of two inclined ellipses. To perform a one-criterion parametric optimization of the shell of minimum surface on a circular contour consisting of two inclined ellipses, the objective function is the weight of the space structure. The variables in the parametric optimization problem are the thickness of the finite elements from 1 to 100 mm. The structure constraint is imposed on the first forced oscillation frequency of 0.005 Hz. This type of problem is used to prevent resonance from technological equipment that can affect the natural frequencies of the structure under external load [1-2]. To solve the problem, additional software modules are involved that are linked to the main Femap with Nastran calculation complex.

The results of sensitivity analysis of the optimization of the minimum surface shell on a circular contour consisting of two inclined ellipses. The author's method of single-criterion parametric optimization makes it possible to reduce the weight of the structure in percentage terms by 13.4%, while maintaining all the design constraints for two groups of boundary states. The thickness of the finite elements ranges from 1 mm to 26.3 mm. In the further design, the design engineer determines the parameters of the thickness of the structure, taking into account the manufacturability during its creation and installation at the construction site. Also, the author's methodology allows to change the vision of the design in general, since the introduction of optimal design into the design of building structures will allow for the efficient and appropriate use of building materials.

1. Ivanchenko H.M., Koshevyi O.O., Koshevyi O.P. Numerical implementation of multicriteria parametric optimization of minimum surface shell on a square contour under thermforce loading. Strength of Materials and Theory of Structures:Scientific and technical collection. - Kyiv: KNUBA, 2022. – Issue. 109. – P. 50–65.
2. Koshevyi O.O., Koshevyi O.P., Grigoryeva L.O.Numerical implementation of multicriteria parametric optimization of minimum surface shell on a rectangular contour under thermforce loading.Strength of Materials and Theory of Structures:Scientific and technical collection. - Kyiv: KNUBA, 2022. – Issue. 108. – P. 309–324.

Оптимальне проектування вимушених коливань оболонки мінімальної поверхні з прямокутним планом, яка складається з двох прямих ліній і двох півкіл

Григорій Іванченко *докт.техн.наук професор кафедри будівельної механіки,*
https://orcid.org/0000-0003-1172-2845
Олександр Кошевий *Ph.D. доцент кафедри теоретичної механіки,*
https://orcid.org/0000-0002-1903-2905

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Оптимізація конструкцій в сучасному проектуванні є важливим напрямком дослідження в будівельній і прикладній механіці. Розвиток різних методів оптимального проектування набув обертів з середини XX століття і по наш час. Для вирішення задач однокритеріальної і багатокритеріальної параметричної оптимізації здебільшого застосовують математичне програмування.

При дослідженні процесу оптимізації враховують максимально особливості конструкцій різного призначення, умови її створення, як проходить процес експлуатації конструкції, яка поведінка конструкції при зовнішньому навантаженні, види втрати її міцності, стійкості окремих її елементів або конструкції в цілому[1-2]. Важливим чинником з якого матеріалу вона побудована, фізико-механічні характеристики та зовнішні фактори які впливають на її конструктивну міцність.

Робота просторових конструкцій забезпечується тільки в тому випадку, коли всі умови міцності, стійкості, жорсткості, тріщиностійкості, довговічності, пожежної безпеки та умов експлуатації вона задовольняє. Окремим видам дослідження присвячено температурним і радіаційним впливам.Умовно підбір оптимальних проектів конструкції можна розбити на наступні етапи: аналіз режимів експлуатації; вибір коефіцієнтів експлуатації; вибір матеріалу конструкції; вибір розрахункової схеми конструкції; проектування конструкції; технологічні питання монтажу і експлуатація конструкції; експериментальне дослідження конструкції, після знаходження оптимальних проектів; перевірка конструкції за двома граничними станами; питання довговічності конструкції; при необхідності врахування моментів при серійному виробництві.

Дослідження оптимізації оболонки мінімальної поверхні яка складається з двох прямих ліній і двох півкіл. Для проведення параметричної оптимізації використовувалася цільова функція – вага оболонки. Змінний параметр товщина оболонки, яка складається з двох прямих ліній і двох півкіл, та ліміт вимушена частота коливання 0.20 Гц. За допомогою власного оптимізатора, процес параметричної оптимізації виконується в автоматизованому режимі.

Результати дослідження оптимального розрахунку оболонки мінімальної поверхніз прямокутним планом, яка складається з двох прямих ліній і двох півкіл.Оптимізаційний розрахунок дав можливість зменшити вагу на 11.2%. Товщина розподіляється по оболонці мінімальної поверхні від 1.0 мм до 31.5 мм на протязі 10 циклів оптимізаційного розрахунку. Застосування методики авторів дає можливість економити вагу сталі в автоматизованому режимі, що в свою чергу дає нові можливості для проектування будівельних конструкцій.

1. Іванченко Г.М., Кошевий О.О., Кошевий О.П. Чисельна реалізація багатокритеріальної параметричної оптимізації оболонки мінімальної поверхні на квадратному контурі при термосиловому навантаженні. Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірник. – К.: КНУБА, 2022. – Вип. 109. –С. 50–65.
2. Кошевий О.О., Кошевий О.П., Григор'єва Л.О.Чисельна реалізація багатокритеріальної параметричної оптимізації оболонки мінімальної поверхні на прямокутному контурі при термосиловому навантаженні. Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірник. – К.: КНУБА, 2022. – Вип. 108. –С. 309–324.

Optimal design of forced vibrations of the shell of a minimal surface with a rectangular plan consisting of two straight lines and two semicircles.

Hryhorii Ivanchenko *doctor of technical sciences, professor of the department of construction mechanics, https://orcid.org/0000-0003-1172-2845*
Oleksandr Koshevyi *Ph.D. associate professor, department of theoretical mechanics, https://orcid.org/0000-0002-1903-2905*

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

Structural optimization in modern design is an important area of research in structural and applied mechanics. The development of various methods of optimal design has gained momentum since the mid-twentieth century to the present day. Mathematical programming is mostly used to solve single-criteria and multi-criteria parametric optimization problems.

When studying the optimization process, the features of structures for various purposes, the conditions of its creation, how the structure is operated, how the structure behaves under external load, types of loss of its strength, stability of its individual elements or the structure as a whole are taken into account to the maximum extent possible.[1-2] An important factor is the material from which it is built, physical and mechanical characteristics and external factors that affect its structural strength.

The operation of spatial structures is ensured only if they meet all the conditions of strength, stability, stiffness, crack resistance, durability, fire safety, and operating conditions. Separate types of research are devoted to temperature and radiation effects. Conventionally, the selection of optimal design projects can be divided into the following stages: analysis of operating modes; selection of operating factors; selection of design material; selection of design scheme; design of the structure; technological issues of installation and operation of the structure; experimental study of the structure, after finding the optimal designs; checking the structure for two limit states; issues of structural durability; if necessary, taking into account the moments in mass production.

The study of optimization of the shell of the minimum surface consisting of two straight lines and two semicircles. The objective function used for parametric optimization is the weight of the shell. The variable parameter is the thickness of the shell, which consists of two straight lines and two semicircles, and the limit is the forced oscillation frequency of 0.20 Hz. Using our own optimizer, the parametric optimization process is performed in an automated mode.

The results of the study of the optimal calculation of the minimum surface shell with a rectangular plan consisting of two straight lines and two semicircles. The optimization calculation made it possible to reduce the weight by 11.2%. The thickness is distributed over the shell of the minimum surface from 1.0 mm to 31.5 mm during 10 cycles of the optimization calculation. The application of the authors' methodology makes it possible to save steel weight in an automated mode, which in turn provides new opportunities for the design of building structures.

1. IvanchenkoH.M., KoshevyiO.O., KoshevyiO.P. Numerical implementation of multicriteria parametric optimization of minimum surface shell on a square contour under therm force loading. Strength of Materials and Theory of Structures:Scientific and technical collection. - Kyiv: KNUBA, 2022. – Issue. 109. – P. 50–65.
2. Koshevyi O.O., Koshevyi O.P., Grigoryeva L.O.Numerical implementation of multicriteria parametric optimization of minimum surface shell on a rectangular contour under therm force loading. Strength of Materials and Theory of Structures:Scientific and technical collection. - Kyiv: KNUBA, 2022. – Issue. 108. – P. 309–324.

Оптимальна висота сталевої двотаврової балки із змінною шириною полиць

Артем Білик, *канд.техн.наук, доцент кафедри Металевих та дерев'яних конструкцій,* http://orcid.org/0000-0002-9219-920X
Сергій Білик, *доктор.техн.наук, завідувач кафедри Металевих та дерев'яних конструкцій,* http://orcid.org/0000-0001-8783-5892
Любомир Джанов *ассистент кафедри Металевих та дерев'яних конструкцій,* http://orcid.org/0000-0001-5144-3424

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

У дослідженні розглянуто сталеву пружну балку двотаврового перерізу, що має консольне закріплення та навантажена рівномірно-розподіленим навантаженням. Довжина балкиlташирина полиці b_{fz} , що змінюється за лінійним законом (1). Для перерізу з координатою $z = l$, ширина полиці буде мінімальною (2)

$$b_{fz} = b_{f0} \cdot \left(1 - \gamma_b \frac{z}{l}\right) \tag{1}$$

$$b_{fz} = b_{f0} \cdot (1 - \gamma_b) \tag{2}$$

де, b_{f0} - максимальна ширина полиці балки в перерізі защемлення

γ_b - параметр змінності ширини полиці двотаврової балки

У роботі виконані числові дослідження залежності коефіцієнта оптимальної висоти балки ($k_{\lambda z}$) від характеру навантаження та змінності перерізу полиць (γ_b).За результатами досліджень встановлено, що при γ_b = 0,9 відповідно $\left(\frac{b_{fn}}{b_{f_0}}\right)$=0,1 відбувається неможливість виконання умов міцності і плавності перерізу на кінці балки, тобто кінець консольної балки слід робити з більшою висотою перерізу або збільшувати ширину полиці балки. Тому, було досліджено множину максимальних значень які набуває параметр $k_{\lambda z}$. Згідно з результатами дослідження, визначення оптимальної висоти має прийматися за розрахунковим перерізом, в якому не діє максимальний згинальний момент, а слід приймати переріз з максимальними напруженнями. Адля забезпечення міцності балки по всім перерізам по довжині треба вибирати задовільну ступінь змінності перерізу полиць. У підсумку дослідження встановлено, що коефіцієнт змінності перерізу згинальних моментів при визначення оптимальної висоти буде:

$$k_{\lambda z} = \sqrt[3]{\frac{\psi_f\left[1 - \left(\frac{z}{l}\right)^2\right]}{\psi_w\left[\left(1 - \gamma_b \frac{z}{l}\right) - \frac{1}{3}\left(1 - \frac{\gamma_b}{2}\right)\right]}} \tag{3}$$

1.Білик А., Нужний В., Джанов Л., Перестюк В. Особливості аналітичногорозв'язку задачі про переміщення консольних сталевих балок зі змінноюшириною полиць // Будівельні конструкції. Теорія і практика. Зб. наук. пр. –2020. – Вип. 7. – С.85-92.
2. Білик С.І. Раціональні сталеві двотаврові балки зі змінною висотою стінки/ С.І. Білик // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Сб. наук. праць / МОН України, НУВГП. – Рівне, 2008. – Вип. 17. – С. 73-78.

Optimum height of steel I-beam with variable flange width

Artem Bilyk, *candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Metal and Wooden Structures,* *http://orcid.org/0000-0002-9219-920X*
Serhiy Bilyk, *Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Metal and Wooden Structures,* *http://orcid.org/0000-0001-8783-5892*
Liubomyr Dzhanov, *assistant professor of the Department of Metal and Wooden Structures,* *http://orcid.org/0000-0001-5144-3424*

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

The research examines a steel elastic beam of I-beam cross-section, which has a cantilever attachment and is loaded with a uniformly distributed load. The length of the beam l and the width of the flange b_{fz}, which varies according to the linear law (1). For the section with the coordinate $z = l$, the width of the flange will be minimal (2)

$$b_{fz} = b_{f0} \cdot \left(1 - \gamma_b \frac{z}{l}\right) \tag{1}$$

$$b_{fz} = b_{f0} \cdot (1 - \gamma_b) \tag{2}$$

where is, b_{f0} - the maximum width of the beam flange in the pinch section

γ_b - parameter of variability of the flange width of the I-beam beam

Numerical studies of the dependence of the coefficient of the optimal height of the beam beam ($k_{\lambda z}$) on the nature of the load and the variability of the section of the flange (γ_b) were performed in the paper. According to the research results, it was established that γ_b = 0,9, respectively $\left(\frac{b_{fn}}{b_{f_0}}\right)$=0,1, it is impossible to fulfill the conditions of strength and smoothness of the cross section at the end of the beam, that is, the end of the cantilever beam should be made with a higher cross-section height or increase the width of the flange beams Therefore, the set of maximum values acquired by the parameter $k_{\lambda z}$. was investigated. According to the results of the study, the determination of the optimal height should be taken according to the calculated cross-section, in which the maximum bending moment does not act, but the cross-section with the maximum stresses should be taken. And to ensure the strength of the beam along all cross-sections along the length, it is necessary to choose a satisfactory degree of variability of the cross-section of the flange. As a result of the study, it was established that the coefficient of variability of the section of bending moments when determining the optimal height will be:

$$k_{\lambda z} = \sqrt[3]{\frac{\psi_f\left[1 - \left(\frac{z}{l}\right)^2\right]}{\psi_w\left[\left(1 \quad \gamma_b \frac{z}{l}\right) \quad \frac{1}{3}\left(1 \quad \frac{\gamma_b}{2}\right)\right]}} \tag{3}$$

1. Bilyk A., Nuzhnyi V., Dzhanov L., Perestyuk V. Peculiarities of analytical solving the problem of moving cantilever steel beams with a variable the width of the shelves // Building constructions.Theory and practice.Coll.of scienceetc. – 2020. – Issue7. – P.85-92.
2. Bilyk S.I.Rational steel I-beams with variable wall height/ S.I.Bilyk // Resource-saving materials, constructions, buildings and structures: Sat.of scienceof works / MES of Ukraine, NUVHP.- Rivne, 2008. - Issue17. - pp. 73-78.

Аналіз методів розрахунку балок із гібридним армуванням базальтопластиковою та металевою арматурою

***Олександр Валовой*[1]**, *канд. техн. наук, проф., завідувач кафедри Промислового цивільного та міського будівництва,* https://orcid.org/0009-0004-2939-3028
***Олександр Єрьоменко*[2]**, *канд. техн. наук, доц. кафедри Промислового цивільного та міського будівництва,*https://orcid.org/0000-0002-4030-9438
***Сергій Волков*[3]**, *доктор філософії, керівник відділу загальнобудівельних робіт та генплану,*https://orcid.org/0000-0001-9444-5083

[1,2]*Криворізький національний університет (м. Кривий Ріг)*
[3]*ПАТ «АрселорМіттал» (м.Кривий Ріг)*

Впровадження нових будівельних матеріалів в конструкціях стимулює розвиток будівельної галузі та економіки країни в цілому. Новим будівельним матеріалом можна вважати як такий, що винайдений в результаті науково-технічного прогресу, наприклад базальтопластикова композитна арматура, так і існуючий, сфера застосування якого була розширена в результаті науково-дослідних робіт, наприклад, застосування відходів збагачення залізних руд (ЗЗР) в бетонних сумішах. Для розширення сфери застосування базальтопластикової арматури в конструкціях що працюють на згин та подолання недоліку з понаднормовою їх деформативністю було запропоновано застосування гібридного армування для балок та виготовлення їх на бетонних сумішах з відходів ЗЗР, що показало прийнятні результати [4]. Одним із етапів впровадження будівельних конструкційіз новими матеріалами є порівняння результатів розрахунку за методиками чинних норм, з показниками фактичногонапружено-деформованого стану таких конструкцій. Розрахунок традиційних залізобетонних конструкцій виконують за одним із двох діючих нормативних документів - [1, 2], в залежності від призначення конструкції.Проте жоден із них не містить положень щодо розрахункуконструкцій із гібридним армуванням.

В роботі [4] наведено результати випробувань дослідних зразків балок з гібридним армуванням та порівняння величин їх прогинів і ширини розкриття тріщин з теоретичними величинами, розрахованими за методикою [1]. При цьому виявлені значні розбіжності між означеними показниками: для нормальних тріщин від 38,2 % до 48,9 %, для прогинів від −417,0 % до −1486,5 %.Отримані результати вказують на потребу в корегуванні існуючих методик розрахунку [1] для випадку розрахунку конструкцій з гібридним армуванням.

Розрахунок традиційних залізобетонних конструкцій за [2], також як і [1], передбачає розрахунок за групами граничних станів, застосовуючи метод перерізів, однак враховує основні положення Єврокод 2, тобто так званий деформаційний метод, що ґрунтується на діаграмах деформування бетону та арматури. Проте в [2] відсутня інформація щодо можливості застосування наведеної методики до конструкцій із гібридним армуванням.

Аналіз чинної нормативної бази, стосовно розрахунку залізобетонних конструкцій, вказує на значну обмеженість відомостей стосовно збіжності теоретичних розрахунків за методиками [1,2] з фактичним показниками залізобетонних конструкцій. Стосовно конструкцій з гібридним армуванням такі відомості або відсутні взагалі, або носять дуже обмежений характер. Подальше широке застосування нових матеріалів та конструкцій можливе лише за умови проведення широкого кола експериментальних досліджень з розробкою відповідної нормативної бази, що можливо лише, за умови підтримки зі сторони держави з залученням провідних науковців та фахівців галузі.

1. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. Київ:2006. 366 с.
2.ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ: 2011. 71 с.
3. ДСТУ Б В.2.6.-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. Київ: 2011. 123 с.
4. Волков С.О. «Міцність і деформативність балок із бетонів на відходах збагачення залізних руд з гібридним армуванням металевою та базальтовою арматурою»,дис.доктора філософії, Кривий Ріг, 2022. 124 с.

Analysis of calculation methods for beams with hybrid reinforcement with basalt-plastic composite rebar and steel rebar

Olexandr Valovoi[1], *candidate of technical sciences,head of the Department of Industrial, Civil and Urban Construction,https://orcid.org/0009-0004-2939-3028*
Olexandr Eremenko[2], *candidate of technical sciences, docent of the Department of Industrial, Civil and Urban Construction, https://orcid.org/0000-0002-4030-9438*
Serhii Volkov[3], *Doctor of Philosophy, Head of the civil works and general layout division, https://orcid.org/0000-0001-9444-5083*

[1,2]Kryvyi Rih National University (KryviyRih)
[3]PJSC "ArcelorMittalKryviyRih" (KryviyRih)

Implementation of new building materials in construction stimulates building sector's and state economy's development in general. Either material developed as a result of scientific and technological progress (i.e., basalt-plastic composite rebar) or existing one when field of application was widened as a result of the additional researches (i.e., usage of iron ore enrichment wastes (IOEW) in concrete mixes) can be labeled as a new building material. In order to widen the area of basalt plastic rebar application in the bending construction and avoid beyond the norm deformation, the new approach was suggested. Applying hybrid reinforcement (with metal and basalt-plastic composite rebars) to the beams and mixing concrete with IOEW proved itself to be the decision which leads to acceptable results.One of the implementation stages of building constructions with new elements is comparing existing norms' methodology calculations with actual stress-deformation state values. Traditional ferroconcrete constructions are projected according to the one of two current regulatory documents – [1, 2] according to the construction's purpose. But neither of them has any provisions as for projects involving hybrid reinforcement construction.

The results of experimental hybrid reinforcement rebar samples' trials and comparison of the deflection and cracks' disclosure width with theoretical values calculated using methodology from [1] are stated in the work [4]. Considerable differences between those values were discovered:from 38,2 % to 48,9 % for the usual cracks and from −417,0 % to −1486,5 % in case of the deflection.The calculations are pointing to the need of existing calculation methodology [1] corrections in case of hybrid reinforced construction projecting.

Calculations of traditional ferroconcrete constructions using [2], as it is stated in [1], implies calculations according to the group of limits' states by using section method. Still, it takes into consideration Eurocode 2 main provisions, i.e., so called deformation method, which is based on concrete and rebar deformation diagrams. But [2] is missing the information about possibility of applying abovementioned methodology to the hybrid reinforced constructions.

Current regulatory framework for ferroconcrete constructions project's calculations shows that there is considerable less information about correspondence between theoretical calculations by [1, 2] and actual ferroconcrete test results. Hybrid reinforced constructions' data either is missing or very limited. Wide usage of new materials and constructions is possible only after conducting a wide variety of researches in order to product corresponding regulatory frameworks, which can be happening only with state support and help from the industry's leading specialists and scientists.

1. DBN V.2.3-14:2006.Transport facilities. Bridges and pipes. Design rules. Kyiv, 2006. 366 p.
2.DBNV.2.6-98:2009.Structures of building sand structures. Concrete and reinforced concrete structures. Substantive provisions.Kyiv, 2011,71p.
3. DSTU B V.2.6.-156:2010. "Structures of building sand structures. Concrete an dreinforced concrete structures made of heavy concrete. Designrules. Kyiv, 2011. 123 p.
4. Volkov S.O. Strength and deformability of concrete beams from ironore beneficiation waste with hybrid reinforcement with steel and basalt bars, PhD thesis, Kryvyi Rih National University, Ukraine, 2022. 124 p.

Studies of flexible reinforced concrete columns using optical means

***Vadim Griniov,** Ph.D., Associate Professor, https://orcid.org/0000-0003-1212-1996*
***Maciej Dutkiewicz,** Dr.hab.-ing, Professor, https://orcid.org/0000-0001-7514-1834*

Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, (Bydgoszcz, Poland).

The purpose of the research is to verify the data obtained during the testing of flexible columns with dimensions 3000x200x200 mm (Fig. 1). The data were obtained by two methods: classical – with the use of traditional devices (extensometers, deflection meters) and optical – using equipment from ZEISS Industrial Quality Solutions (Aramis complex) [1]. In laboratory testing of reinforced concrete columns, the main indicators characterizing the stress-strain state are: surface deformations of concrete, deviation of the column in space, visualization of cracks, change in continuity, etc. [2]. The analysis of the tests of columns for central compression showed that the maximum spatial deviation of the face is 8 mm, and the Aramis complex recorded a deviation of 12 mm. The difference in the surface deformation of concrete by the two measurement methods did not exceed 10%.

Conclusion: the use of the optical measurement method allows testing building structures that is faster, without loss of quality and safe (you can take readings at a distance) . The Aramis complex allows receiving data at the moment of the destruction of samples.

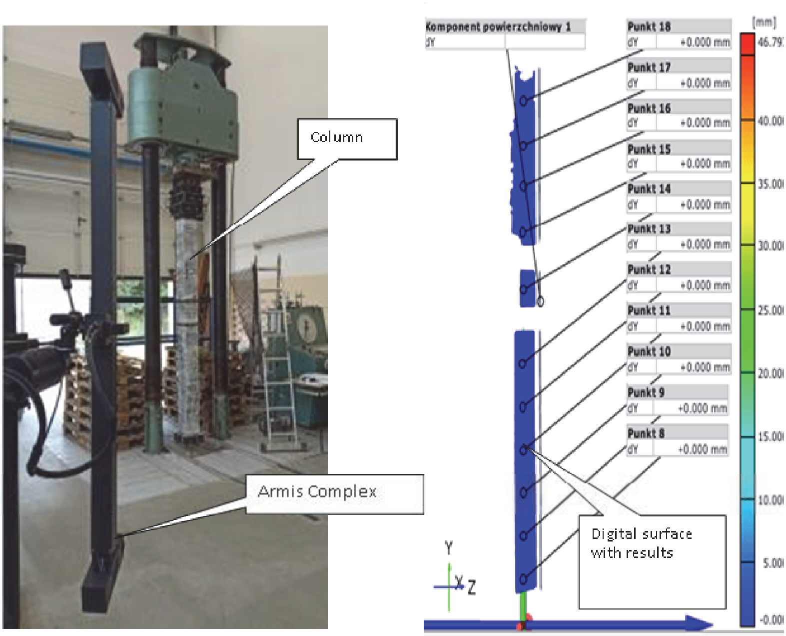


Fig. 1. Flexible column tests and optical diagnostic results

1. https://www.gom.com/pl/oprogramowania-3d/gom-correlate/funkcje-gom-correlate.html#c58136.
2. EN 1992-1-1:2004-AS:2010, IDT. Designing reinforced concrete structures.

Вплив чинників на міцність контактиних швів ремонтних поверхонь

Мазурак Андрій, *канд.техн.наук. декан факультету будівництва та архітектури,* *http://orcid.org/0000-0001-7367-774X*
Орест Цап, *аспірант кафедри ТОБ, http://orcid.org/0000-0001-5404-8892*
Кальченко Віталій, *аспірант кафедри ТОБ, http://orcid.org/0000-0003-2394-260X*

Львівський національний університет природокористування (м.Львів)

На підставі аналітичного огляду літератури і практичного використання ремонтних бетонних і залізобетонних конструкцій розглядаються чинники, що впливають на сумісну роботу ремонтної поверхні і матриці шару.

В лабораторних умовах ЛНУП, були виготовлені 72 бетонні зразки. Поверхня зразків була підготовлена чотирма варіантами: 1) гладка – рівна поверхя, зачищена дротяною щіткою; 2) гладка фрезерована – на рівній поверхні проведено фрезування глибиною і шириною до 7 мм та зачищено; 3) шорстка – на поверхню бетону нанесено перфоратором насічку глибною до 3 мм та зачищено; 4) шорстка фрезерована – після насічки поверхню фрезерували 7 мм та зачищали дротяною щіткою.

Для визначення міцності зчеплення бетону і торкрет-бетону на підготовлену бетонну основу встановлювали металеві обойми конусного типу із внутрішнім діаметром d = 70 мм. Внутрішню частину металевих обойм заповнювали бетоном і торкрет-бетоном. Зразки витримували протягом 28 діб в нормальних умовах. Процес відривання підготовлених зразків проводили з допомогою розривної машини.

В таблиці 1 подано середні значення трьох видів зразків: міцність бетону на стиск; міцність бетону на розтяг при розколюванні зразків циліндрів; міцність торкрет-бетону за досліджень зразків, вирізаних із плити товщиною більше 100 мм.

Таблиця 1 - Міцність зчеплення дослідних зразків

№ п\п	Шифр зразків	Міцність бетону (матриці), МПа		Міцність ремонтного бетону, МПа		Міцність зчеплення, МПа. Поверхня контакту			
		$f_{c,cube}$	$f_{ct,}$	$f_{c,cube}$	$f_{ct,}$	1-гладка	2- гладка фрезерована	3-шорстка	4-шорстка фрезерована
1	С20+С*25	20,55	1,91	24,8	2,18	1,07	1,18	1,31	1,35
2	С20+С*30	20,55	1,91	29,4	2,53	1,07	1,19	1,32	1,36
3	С20+С*т25	20,55	1,91	25,7	2.24	1,11	1,07	1,41	1,34
4	С20+ С*т30	20,55	1,91	31.1	2.62	1,12	1,07	1,40	1,34
5	С25+С*30	25,3	2.21	29,4	2,53	1,22	1,37	1,52	1,57
6	С25+ С*т30	25,3	2.21	31.1	2.62	1,29	1,24	1,65	1,56

Примітка: С- клас бетону матриці за міцністю на стиск за стандартними кубами, (цифри відображають його проектну величину); С- клас ремонтного бетону за міцністю на стиск; С*т- клас ремонтного торкрет-бетону за міцністю на стиск.

Аналізуючи результати досліджень, представлених в табл. 1 можна зробити висновок, що міцність зчеплення в певній мірі залежить від підготовки поверхні та технології нанесення ремонтного шару. На зчеплення впливає міцність бетону матриці (С20, С25) і практично відсутній вплив ремонтного шару (С*25, С*30), проте впливає технологія нанесення (до 8%). Зміна поверхні із гладкої на шорстку покращує зчеплення до 22%. Фрезерування поверхні шорсткої і гладкої для ремонтного бетону покращує зчеплення на 3 і 10% відповідно. Проте фрезерування не покращує зчеплення при нанесенні шару торкретбетону на шорстку чи гладку поверхню, а знижує його до 5%.

1. Мазурак А. В., Ковалик І. В., Михайлечко В. О., Калітовський В.М. Міцність контактних швів під час ремонту чи підсилення бетонних елементів. Львів: НУ «ЛП», 2013. № 755. С. 249-254

Influence of factors on the strength of contact seams of repair surfaces

Andriy Mazurak*, candidate of technical sciences, Dean of the Faculty of Civil Engineering and Architecture,* [*http://orcid.org/0000-0001-7367-774X*](http://orcid.org/0000-0001-7367-774X)
Orest Tsap*, graduate students of the department of construction technology and organization,* [*http://orcid.org/0000-0001-5404-8892*](http://orcid.org/0000-0001-5404-8892)
Vitaliy Kalchenko*, graduate students of the department of construction technology and organization,* [*http://orcid.org/0000-0003-2394-260X*](http://orcid.org/0000-0003-2394-260X)

Lviv National University of Nature Management.

On the basis of an analytical review of the literature and the practical use of repair concrete and reinforced concrete structures, factors affecting the joint operation of the repair surface and the layer matrix are considered.

72 concrete samples were made in the laboratory conditions of LNUP. The surface of the samples was prepared in four ways: 1) smooth - even surface cleaned with a wire brush; 2) smooth milled – milling with a depth and width of up to 7 mm was carried out on a flat surface and cleaned; 3) roughness - a notch up to 3 mm deep is applied to the surface of the concrete with a perforator and cleaned; 4) rough milled - after notching, the surface was milled 7 mm and cleaned with a wire brush.

To determine the bond strength of concrete and shotcrete, metal clamps of the conical type with an inner diameter of d=70 mm were installed on the prepared concrete base. The inner part of which was filled with concrete and shotcrete, the samples were kept for 28 days in normal conditions. The process of tearing off the prepared samples was carried using a tearing machine.

The table 1 shows the average values of three samples: compressive strength of concrete by standard cubes; tensile strength of concrete during splitting of cylinder samples; the strength of shotcrete by examining samples cut from a plate with a thickness of more than 100 mm.

Table 1 - Bonding strength of test samples

№ n\n	Code of samples	Strength of concrete (matrix), MPa		Strength of repair concrete, MPa		Coupling strength, MPa. Contact surface: 1- smooth	2- smooth milled	3- rough	4- rough milled
		$f_{c,cube}$	f_{ct},	$f_{c,cube}$	f_{ct},				
1	C20+C*25	20,55	1,91	24,8	2,18	1,07	1,18	1,31	1,35
2	C20+C*30	20,55	1,91	29,4	2,53	1,07	1,19	1,32	1,36
3	C20+C*t25	20,55	1,91	25,7	2.24	1,11	1,07	1,41	1,34
4	C20+ C*t30	20,55	1,91	31.1	2.62	1,12	1,07	1,40	1,34
5	C25+C*30	25,3	2.21	29,4	2,53	1,22	1,37	1,52	1,57
6	C25+ C*t30	25,3	2.21	31.1	2.62	1,29	1,24	1,65	1,56

Note: C-class concrete of the matrix in terms of compressive strength according to standard cubes, (the numbers reflect its design value); C*- class of repair concrete by compressive strength; C*t is the class of repair shotcrete based on compressive strength.

Analyzing the results of the studies presented in the table 1, it can be concluded that the bond strength to a certain extent depends on the surface preparation and the technology of applying the repair layer. Adhesion is affected by the strength of the matrix concrete (C20, C25) and the effect of the repair layer (C*25, C*30) is practically absent, however, the application technology affects it (up to 8%). Changing the surface from smooth to rough improves grip by up to 22%. Milling rough and smooth surfaces for repair concrete improves adhesion by 3 and 10%, respectively. However, milling does not improve adhesion when applying a layer of shotcrete on a rough or smooth surface, but reduces it to 5%.

1. Mazurak A. V. et al. 2013. Strength of contact joints during repair or reinforcement of concrete elements. Lviv: NU "LP", 755, 249-254.

Дослідження фіброцементобетонів для бомбосховищ з одночасним використанням добавок суперпластифікаторів, сталевої та поліпропіленової мікро- та макрофібри

***Анатолій Сінякін*[1,2]**, *канд. техн.наук, доцент кафедри Матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій,начальник технічного відділу,*[*http://orcid.org/0000-0003-0546-3074*](http://orcid.org/0000-0003-0546-3074)
***Олександр Панченко*[2]**, *канд. техн.наук, директор,*[*http://orcid.org/0000-00031634-0715*](http://orcid.org/0000-00031634-0715)
***Олексій Гуняк*[3]**,*к.т.н,канд. техн. наук, доцент кафедри автомобільних доріг та мостів,* [*http://orcid.org/0000-0002-6650-1516*](http://orcid.org/0000-0002-6650-1516)

[1]*Харківський національний університет міського господарства імені О.М Бекетова;*
[2]*ТОВ «Сіка Україна»,*
[3]*Національний університет «Львівська політехніка»*

Мета дослідження –визначити ефективність армування цементобетонів фібрами різних типів, для цього було запроектовано 6 складів бетонних сумішей:
1 – контрольний склад (без армування); 2, 3 – армовані металевою макрофіброю (у різних дозуваннях) та поліпропіленовою мікрофіброю; 4 – комплексне армування металевою і поліпропіленовою макрофіброю, а також поліпропіленовою мікрофіброю; 5, 6 – армовані поліпропіленовою макрофіброю (у різних дозуваннях) та поліпропіленовою мікрофіброю.

Проведені випробування свідчать, що міцність на стиск зразків з високим вмістом металевої фібри у 1,5 рази перевищує міцність неармованого контрольного складу.Аналіз повних діаграм стану бетону (Рис.1), та розрахованих за ними характеристик тріщиностійкості, отриманих згідно ДСТУ Б В.2.7-227 свідчить, що комплексне армування металевою і поліпропіленовою макрофіброю, а також поліпропіленовою мікрофіброю (Склад 4) забезпечує найвищі характеристики тріщиностійкості з точки зору механіки руйнування.

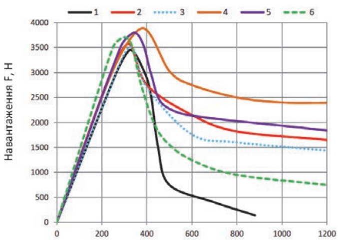


Рис.1- Повні діаграми стану бетонів

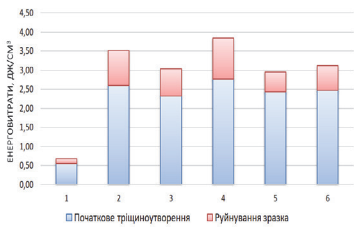


Рис.2- Ударна стійкість бетону

Результати визначення ударної стійкості, визначені згідно рекомендацій Американського інституту бетону ACI committee 544 (Рис.2), корелюють з результатами тріщиностійкості. Найкращими показниками енерговитрат на руйнування характеризується Склад 4 з комплексним армуванням, зокрема енерговитрати на появу початкової тріщини та на дефрагментацію зразка є у 4,9 та 9 разів відповідно вищими, ніж показники для бетону контрольного складу.

1. ДСТУ Б В.2.7-227. Бетони. Методи визначення характеристик тріщиностійкості (в'язкості руйнування) при статичному навантаженні. - К.:Укрархбудінформ, 2010. - 23 с.
2. ACI Committee. (1978). Measurement of properties of fiber reinforced concrete. ACI Journal, 75(7).
3. Turba Y., Solodkyy S., Markiv T. Strength and fracture toughness of cement concrete, dispersedly reinforced by combination of polypropylene fibers of two types. Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Vol. 47 : Proceedings of CEE 2019. Advances in resource-saving technologies and materials in civil and environmental engineering. P. 488–494.

Research of Fiber Reinforced Concrete for bomb shelters with the simultaneous use of superplasticizer, steel and polypropylene micro- and macro-fiber

Anatolii. Sinyakin*[1],*PhD, associate professorof the Department of Materials Science and Engineering of Composite Structures, Head of the Technical department, http://orcid.org/0000-0003-0546-3074
Oleksandr Panchenko*[2]*, PhD, General Manager LLC "Sika Ukraina", http://orcid.org/0000-00031634-0715
Oleksii. Hunyak*[3],*PhD, associate professor of the Department of Highways and Bridges, http://orcid.org/0000-0002-6650-1516

[1]*O.M. Beketov National University of Urban Economy in Khatkiv*
[2]*LLC "Sika Ukraina"*
[3]*Lviv Polytechnic National University*

The purpose of the research is to determine the effectiveness of reinforcing concrete with different types of fibers.For this purpose 6 concrete mixes were designed:

1 – control composition (without reinforcement); 2, 3 – reinforced with metal macrofiber (in different dosages) and polypropylene microfiber; 4 – complex reinforcement with metal and polypropylene macrofiber, as well as polypropylene microfiber; 5, 6 – reinforced with polypropylene macrofiber (in different dosages) and polypropylene microfiber.

Test results show that the compressive strength of samples with a high content of metal fiber is 1.5 times higher than the strength of the unreinforced control composition. The analysis of the complete concrete state diagrams (Fig. 1) and the fracture toughness characteristics calculated from them, obtained according to DSTU B V.2.7-227, shows that complex modification with metal and polypropylene macrofiber, as well as polypropylene microfiber (Mix 4) provides the highest fracture toughness as well as fracture energy.

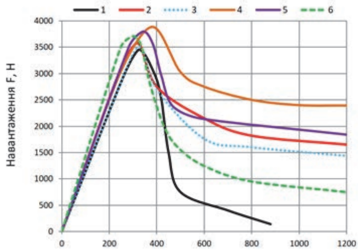


Fig.1 –Complete state diagramsof tested concretes

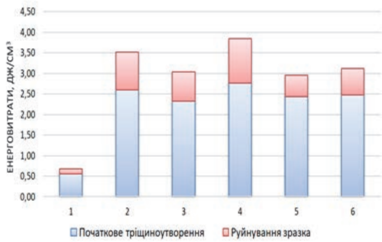


Fig.2 –Impact energy of tested concretes

The results of the impact energy test, conducted according to the recommendations of the ACI committee 544 recommendations (Fig. 2) correlate with the results of fracture parameters. Mix 4 with complex reinforcement is characterized by the highest fracture energy.In particular, the energy consumption for the appearance of an initial crack and for defragmentation of the sample is 4.9 and 9 times higher, respectively, than that for the control concrete.

1. DSTUBV.2.7-227. Betony. Metody vyznachennia kharakterystyk trishchynostiikosti (viazkosti ruinuvannia) pry statychnomu navantazhenni. - K.: Ukrarkhbudinform, 2010. - 23 s.
2. ACI Committee. (1978). Measurement of properties of fiber reinforced concrete. ACI Journal, 75(7).
3. Turba Y., Solodkyy S., Markiv T. Strength and fracture toughness of cement concrete, dispersedly reinforced by combination of polypropylene fibers of two types. Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Vol. 47 : Proceedings of CEE 2019. Advances in resource-saving technologies and materials in civil and environmental engineering. P. 488–494.

Розробка стенду для фізичного моделювання процесів 3D-друку будівельних об'єктів

Віталій Гусєв, *аспірант кафедри Залізобетонних і кам'яних конструкцій,*
https://orcid.org/0000-0001-6813-9824
Тетяна Нікіфорова*, докт.техн.наук., проф., декан будівельного факультету,*
https://orcid.org/0000-0002-0688-2759

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури (м. Дніпро)

Метою дослідження є розробка стенду для фізичного моделювання процесів 3D-друку будівельних об'єктів, оскільки за останні роки 3D-друк став широко використовуваним в будівництві. Застосування 3D-друку в будівництві дозволяє виготовляти швидко та ефективно складні конструкції, зменшити витрати на матеріали, трудомісткість та будівельні відходиі таке інше.

Стенд для фізичного моделювання процесів 3D-друку будівельних об'єктів дозволить проводити експерименти та тестування перед тим, як реалізувати будівельний проєкт на практиці. Таким чином, будуть виявлені можливі проблеми та помилки ще до початку будівництва. Крім того, стенд дозволить досліджувати нові матеріали та технології, що можуть використовуватись в будівництві.

Реалізація проєкту відбувається у декілька етапів.

На першому етапі створюється безпосередньо точна цифрова 3D-модель об'єкту засобамиFreeCAD і за допомогою вбудованого плагіну перетворюється у формат STL.

На другому етапі здійснюється обробка та оптимізація отриманої моделі засобами MeshLab [1] шляхомвиправляння дефектів, коригування розміру вихідного файлу, забезпечення правильної орієнтації, визначення та уточнення геометричних характеристик та експорт відредагованої 3D-моделі у формат, що підтримується 3D-принтером.

На третьому етапі безпосередньо відбувається підготовка файлу до 3D-друку засобами Cura. Створюються налаштування з урахуванням різних факторів, таких як тип матеріалу, що використовується під час друку, розмір та форма моделі, рівень деталізації, яку необхідно отримати в кінцевому результаті тощо.

На четвертому етапі здійснюється симуляція процесу 3D-друку за допомогою CoppeliaSim,що дозволяє віртуально протестувати та оптимізувати процеси друку, тим самим зменшити відходи матеріалів та збільшити ефективність виробництва на реальних будівельних 3D-принтерах. Варто зауважити, щоCoppeliaSim не є програмою для генерації G-коду, оскільки її основна функція - це моделювання та симуляція робототехнічних систем [2].

На останньому етапі відбувається фізична реалізація процесу 3D-друку на реальному будівельному обладнанні.Слід зазначити, що перераховані етапи знаходяться в тісній взаємозалежності один з одним.Тому потрібно передбачити можливість ручного введення та редагування параметрів на кожному етапі окремо і в цілому по системі.

Створення стенду для фізичного моделювання процесів 3D-друку будівельних об'єктів відкриває нові можливості для наукових досліджень та розвитку 3D-друку в будівництві, а отже,є актуальною та важливою науково-технічною задачею для розвитку будівельної галузі. Крім того, цей стенд може бути використаний як навчальний інструмент для студентів та фахівців у галузі будівництва.

1.MeshLab: an open-source mesh processing tool. Eurographics DL Home. URL: http://diglib.eg.org/handle/10.2312/LocalChapterEvents.ItalChap.ItalianChapConf2008.129-136 (дата звернення: 05.04.2023).

2. Robot simulator CoppeliaSim: create, compose, simulate, any robot - Coppelia Robotics. Robot simulator CoppeliaSim: create, compose, simulate, any robot - Coppelia Robotics. URL: https://www.coppeliarobotics.com/ (дата звернення: 05.04.2023).

Development of a stand for physical modeling of 3D printing processes for building structures

Vitalyi. Husiev, *postgraduate of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, https://orcid.org/0000-0001-6813-9824*
Tetyana. Nikiforova*, Doctor Sc. (Techn.), Prof., Dean of the Faculty of Construction, https://orcid.org/0000-0002-0688-2759*

Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, (Dnipro)

The purpose of the research is to develop a stand for physical modeling of 3D printing processes of construction objects, since 3D printing has become widely used in construction in recent years. The use of 3D printing in construction allows you to quickly and efficiently manufacture complex structures, reduce the cost of materials, labor intensity and construction waste, and so on.

The stand for physical modeling of the processes of 3D printing of construction objects will allow experiments and testing before implementing the construction project in practice. Thus, possible problems and errors will be identified even before the start of construction. In addition, the stand will allow to research new materials and technologies that can be used in construction.

The implementation of the project takes place in several stages.

At the first stage, an accurate digital 3D model of the object is created directly using FreeCAD and converted into STL format using the built-in plugin.

At the second stage, the resulting model is processed and optimized using MeshLab [1] by correcting defects, adjusting the size of the source file, ensuring correct orientation, defining and specifying geometric characteristics, and exporting the edited 3D model into a format supported by a 3D printer.

At the third stage, the file is directly prepared for 3D printing by means of Cura. Settings are created taking into account various factors, such as the type of material used during printing, the size and shape of the model, the level of detail that must be obtained in the final result, etc.

At the fourth stage, the 3D printing process is simulated using CoppeliaSim, which allows you to virtually test and optimize printing processes, thereby reducing material waste and increasing production efficiency on real construction 3D printers. It should be noted that CoppeliaSim is not a generation program G-code, since its main function is the modeling and simulation of robotic systems [2].

At the last stage, the physical implementation of the 3D printing process takes place on real construction equipment. It should be noted that the listed stages are closely interdependent with each other. Therefore, it is necessary to provide for the possibility of manual entry and editing of parameters at each stage separately and in the system as a whole.

Creating a stand for physical modeling of 3D printing processes of construction objects opens up new opportunities for scientific research and development of 3D printing in construction, and therefore is an urgent and important scientific and technical task for the development of the construction industry. In addition, this stand can be used as an educational tool for students and construction professionals.

1. MeshLab: an open-source mesh processing tool. Eurographics DL Home. URL: http://diglib.eg.org/handle/10.2312/LocalChapterEvents.ItalChap.ItalianChapConf2008.129-136 (date of access: 05.04.2023).
2. Robot simulator CoppeliaSim: create, compose, simulate, any robot - Coppelia Robotics. Robot simulator CoppeliaSim: create, compose, simulate, any robot - Coppelia Robotics. URL: https://www.coppeliarobotics.com/ (date of access: 05.04.2023).

Біопошкодження - проблема будинків і споруд

Наталія Журавська, *канд. техн. наук, доцент кафедри природоохоронних технологій та охорони праці,* http://orcid.org/0000-0002-4657-0493
Сергій Дяченко, *здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Промислове і цивільне будівництво»*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження - особливо актуально дослідження цих матеріалів і виробів на біопошкодження, у разі введення до їх складу нових компонентів, оскільки мікроскопічні гриби здатні інтенсивна рости і розвиватися на таких субстратах в умовах високої температури. і вологості, змінюють фізико-хімічні, механічні властивості, сприяють їх руйнуванню [1, 2].Пошкоджені матеріали та вироби стають джерелом зараження навколишнього середовища спорами мікроскопічних грибків.

Зараз у багатьох країнах увагу ведучих вчених привертає біодеградація (біопошкодження), особлива увага приділяється мікроскопічним грибам, які відомі як продуценти біологічно активних і важливих речовин: ферментів, антибіотиків, токсинів, факторів росту рослин, органічних кислоти, незважаючи на великий обсяг досліджень і значний практичний потенціал, питання є залишається актуальним.

Враховуючи потреби інтенсифікації промислового і сільськогосподарського виробництва та все більшого використання хімікатів, антропогенне навантаження на навколишнє середовище значно зростає. Безперечно важливим є те, що показник стійкості до грибків для багатьох матеріалів бетону, дерева, гуми є основним і складовим компонентом багатьох виробів, які широко використовуються в будівництві, різних галузях народного господарства.Тому дослідження цих матеріалів і виробів на грибкову стійкість є особливо важливим у разі введення до їх складу нових компонентів, оскільки мікроскопічні гриби здатні інтенсивна рости і розвиватися на таких субстратах в умовах високої температури і вологості. Як наслідок, змінюються фізико-хімічні, механічні властивості які сприяють їх руйнуванню[1, 2]. Також пошкоджені матеріали та вироби стають джерелом зараження навколишнього середовища спорами мікроскопічних грибків.Ступінь токсичності та властивості залежать від хімічної структури та концентрації, а рівень продукції залежить від вологості субстрату та температурних умов. Серед грибкових паразитів найсерйознішим є плачучий гриб. Умови його зростання – наявність вогкості, відсутність світла та вентиляції, лущення, сколювання, розривання тощо порушують складові деревини, знижують її міцність, міцність на розрив [3]. Небезпека для навколишнього середовища та здоров'я людей при мікологічному пошкодженні дерев'яних конструкцій будівель і споруд - часткове або повне руйнування конструктивних елементів будівлі, як наслідок - економічні, соціальні та екологічні збитки; алергічні та хворобливі реакції людини внаслідок впливу на організм метаболітів – міко деструкторів.

Отже,поширений спосіб захисту деревини від біологічної руйнації - біоциди, активна речовина, що негативно впливає на здоров'я людини, навколишнє середовище. Нами дослідженота запропоновано спеціальне розроблене покриття, без негативного впливу на довкілля [3].Особливо привабливим, на наш погляд є впровадження його при відбудові та відновленні будинків та споруд нашої країни, можливість використання для дослідження в надалі запланованих нами серії експериментів.

1. Mikhailovsky, D. Derevina - modern everyday material / D. Mikhailovsky, R. Zaєts, A. Chubarev // Mistobuduvannya and territorial planning: NTZ. - K.: KNUBA, 2014. - 250 p.
2. Vlasov, D. Biodegradation of building materials and ways of protection against biocorrosion // Alitinform, 2009. - 67 p.
3. Zhuravska, N. Energy-resource and ecologo-saving technologies for the promotion of protection against bio-optimization of future constructions and materials. Location and territorial planning: NTZ. Vid. ed. M. Osetrin. - K.: KNUBA, 2016. - VIP. 61 (special) - P.170 - 173.

Biodamage - a problem affecting houses and structures

Nataliia Zhuravska, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Protection Technologies and Labor Protection,http://orcid.org/0000-0002-4657-0493*
Serhiy Dyachenko, *Bachelor's Student*

Kyiv National University of Construction and Architecture

The purpose of the research is the study of these materials and products for biodamage, in case of introducing new components into their composition, because microscopic fungi are able to intensively grow and develop on such substrates in conditions of high temperature. and humidity, change physico-chemical, mechanical properties, contribute to their destruction [1, 2]. Damaged materials and products become a source of contamination of the environment with spores of microscopic fungi.

Now, in many countries, the attention of leading scientists is drawn to biodegradation (biodamage), special attention is paid to microscopic fungi, which are known as producers of biologically active and important substances: enzymes, antibiotics, toxins, plant growth factors, organic acids, despite the large amount of research and significant practical potential, the question remains relevant.

Taking into account the needs of intensification of industrial and agricultural production and the increasing use of chemicals, the anthropogenic load on the environment is growing significantly. It is undoubtedly important that the indicator of resistance to fungi for many materials of concrete, wood, rubber is the main and component of many products that are widely used in construction, various branches of the national economy. Therefore, the study of these materials and products for fungal resistance is especially important in the case of introducing new components into their composition, since microscopic fungi are able to intensively grow and develop on such substrates in conditions of high temperature and humidity. As a result, the physico-chemical and mechanical properties that contribute to their destruction change [1, 2]. Also, damaged materials and products become a source of contamination of the environment with spores of microscopic fungi. The degree of toxicity and properties depend on the chemical structure and concentration, and the level of production depends on the humidity of the substrate and temperature conditions. Among the fungal parasites, the weeping mushroom is the most serious. The conditions of its growth - the presence of moisture, lack of light and ventilation, peeling, chipping, tearing, etc. disrupt the components of wood, reduce its strength, tensile strength [3]. Danger to the environment and human health in case of mycological damage to wooden structures of buildings and structures - partial or complete destruction of structural elements of the building, as a result - economic, social and ecological losses; allergic and painful reactions of a person due to the effect on the body of metabolites - myco-destructors.

So, a common method of protecting wood from biological destruction is biocides, an active substance that negatively affects human health and the environment. We have researched and proposed a specially developed coating without negative impact on the environment [3]. Particularly attractive, in our opinion, is its implementation during the reconstruction and restoration of buildings and structures in our country, the possibility of using it for research in the future series of experiments planned by us.

1. Mikhailovsky, D. Derevina - modern everyday material / D. Mikhailovsky, R. Zaєts, A. Chubarev // Mistobuduvannya and territorial planning: NTZ. - K.: KNUBA, 2014. - 250 p.
2. Vlasov, D. Biodegradation of building materials and ways of protection against biocorrosion // Alitinform, 2009.- 67 p.
3. Zhuravska, N. Energy-resource and ecologo-saving technologies for the promotion of protection against bio-optimization of future constructions and materials. Location and territorial planning: NTZ. Vid. ed. M. Osetrin. - K.: KNUBA, 2016. - VIP. 61 (special) - P.170 - 173.

Вплив мінливості кроків арматури у монолітній залізобетонній оболонці баштової промислової споруди

Роман Журавльов, *здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Промислове і цивільне будівництво»,* [*http://orcid.org/0000-0001-8259-4831*](http://orcid.org/0000-0001-8259-4831)
Віра Колякова, *канд.техн.наук. доцент, доцент кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій,* [*https://orcid.org/0000-0001-6879-8520*](https://orcid.org/0000-0001-6879-8520)

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Метою даної наукової роботи є виявлення впливу неврахованих факторів при проектуванні монолітних тонкостінних залізобетонних конструкцій на їх експлуатаційну надійність шляхом порівняння якості виконаних будівельно-монтажних робіт з проектними рішеннями та аналізу мінливості міцності бетону та фактичного розміщення арматури в поздовжньому і поперечному напрямках через мінливість розміщення робочих кроків арматури на обстежених елементах.

Під час проведення капітального ремонту башти було здійснено інструментальне дослідження, щоб визначити фактичні відстані між осями окремо встановлених робочих стрижнів арматури (кроків арматури) в монолітній залізобетонній оболонці стовбура [2].

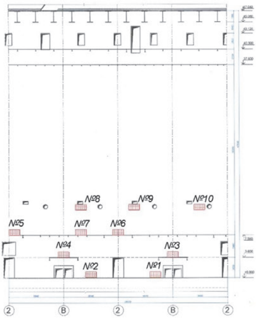


Рис.1-Розмітка зон для вимірювання на розгортці внутрішньої поверхні стовбура башти

Рис.2-Вид на певні частини внутрішньої поверхні стовбура башти

Результати натурних досліджень свідчать, що армування монолітного стовбура башти виконане з відхиленнями від проектного рішення. Площі робочої арматури були занижені, оскільки кроки між осями арматурних стрижнів були необґрунтовано збільшені. Дослідження показали, що кроки робочої та конструктивної арматури мають велику варіацію[2].

Діючі норми [1] не містять методики, яка б враховувала велику варіацію кроків арматурних стрижнів на фіксованих характерних ділянках контролю у монолітних тонкостінних залізобетонних плитних конструкціях. Якщо кроки арматури виконані з порушенням допусків по відношенню до проектних рішень, це може значно погіршити експлуатаційні характеристики тонкостінних залізобетонних конструкцій. Тому для усунення недоліків у якості виконання будівельних робіт в залізобетонних конструкціях можна застосувати конструктивні заходи з ремонту та підсилення. Це допоможе забезпечити необхідну несучу здатність та тріщиностійкість конструкції на технологічні навантаження та температурні впливи, включаючи виправлення мінливості кроків арматури.

1. ДБН Б.В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ, МінрегіонбудУкраїни, 2011
2. Г.Гладишев. Оцінка мінливості кроків арматури у монолітній залізобетонній оболонці баштової промислової споруди/ Г.Гладишев. Д.Гладишев, Р.Журавльов. //Зб. наук. праць Будівельні конструкції. Теорія і практика. Вип.9.-К.- КНУБА. – 2021. – С. 45–53.[DOI: https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.45-53](https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.45-53)

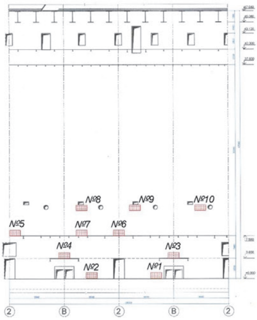
Influence of reinforcement step variability on the monolithic reinforced concrete shell of an industrial tower structure

Zhuravlov Roman*, master student,* *http://orcid.org/0000-0001-8259-4831*
Vira Koliakova, *candidate of technical Sciences, Associate Professor, Departmentof Reinforced Concrete and Stone Structures,* *https://orcid.org/0000-0001-6879-8520*

Kyiv National University of Construction and Architecture.

The aim of this research is to identify the influence of unaccounted-for factors in the design of monolithic thin-walled reinforced concrete structures on their operational reliability by comparing the quality of construction and installation works performed with design solutions and analyzing the variability of concrete strength and the actual placement of reinforcement in the longitudinal and transverse directions due to the variability of the placement of reinforcement working steps on the examined elements.

During the overhaul of the tower, an instrumental study was carried out to determine the actual distances between the axes of separately installed reinforcement bars (reinforcement pitches) in the monolithic reinforced concrete shell of the shaft[2].



Pic. 1 - Marking of zones for measurement on the scan of the inner surface of the tower barrel

Pic.2 - View of certain parts of the inner surface of the tower barrel

The results of the field investigations indicate that the reinforcement of the monolithic tower trunk was performed with deviations from the design solution. The areas of the working reinforcement were underestimated because the spacing between the axes of the reinforcing rods was unreasonably increased. Studies have shown that the spacing of working and structural reinforcement has a large variation[2].

The current standards[1] do not contain a methodology that would take into account the large variation of reinforcing bars spacing at fixed characteristic control sections in monolithic thin-walled reinforced concrete slab structures. If the reinforcement spacing is not in compliance with the design tolerances, this can significantly impair the performance of thin-walled reinforced concrete structures. Therefore, to eliminate deficiencies in the quality of construction work in reinforced concrete structures, structural repair and reinforcement measures can be applied. This will help to ensure the required bearing capacity and crack resistance of the structure to technological loads and temperature effects, including the correction of the variability of reinforcement pitches.

1. DBN B.V.2.6-98:2009. Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennia. – Kyiv, Minrehionbud Ukrainy, 2011
2. H.Hladyshev. Otsinka minlyvosti krokiv armatury u monolitnii zalizobetonnii obolontsi bashtovoi promyslovoi sporudy / H.Hladyshev. D.Hladyshev, R.Zhuravlov. //Zb. nauk. prats Budivelni konstruktsii. Teoriia i praktyka. Vyp.9.-K.- KNUBA. – 2021. – S. 45–53.DOI: https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.45-53

Проблеми гармонізації будівельних норм щодо розрахунку кам’яних та армокам’яних конструкцій

Леонід Скорук, *канд.техн.наук, доцент кафедри Залізобетонних та кам’яних конструкцій,* *http://orcid.org/0000-0002-7362-1348*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Основним вектором розвитку нормативної бази будівництва України є її гармонізація із нормативною базою ЄС. Україна обрала спосіб гармонізації національної нормативної бази з європейською нормативною базою через формування системи паралельно діючих нормативних баз. У 2018 р. були зняті останні обмеження щодо одночасної дії будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами ЄС, на всі об’єкти будівництва, незалежно від класу наслідків.

Для визначення ступенів відповідності між національним та міжнародним (європейським) нормативними документами використовують наступну систему позначень: IDT – ідентичний ступінь відповідності; MOD – модифікований ступінь відповідності; NEQ – нееквівалентний ступінь відповідності. Національний нормативний документ є ідентичним міжнародному (європейському), якщо він є ідентичним за технічним змістом, структурою і викладом (його прийнято однією з мов оригіналу або він є ідентичним перекладом), при цьому допускаються незначні редакційні зміни. Тобто дотримується принцип зворотності документів.

Також, у складі європейських стандартів є національні додатки (National Annex), які містять параметри, визначені на національному рівні, та які слід використовувати для проектування у певній країні з урахуванням специфіки територій, національних традицій, економічного стану держави тощо.

Зараз на території України діє ДБН В.2.6-162:2010 [1], який було введено на заміну СНиП II-22-81 [3]. У вступі до документу [1] зазначено, що при його розробці враховані основні положення та принципи EN 1996-1-1 [4], однак ознаки ідентичності (IDT) у цього документа немає. Крім того, також діє ДСТУ Б В.2.6-207:2015 [2], у загальних положеннях якого вказано, що цей стандарт розроблено у розвиток ДБН В.2.6-162:2010 [1].

Отже, наразі на території України є чинними три нормативних документи, згідно яких можна проектувати кам’яні та армокам’яні конструкції. Природньо, що ці нормативні документи мають базуватись на однакових теоретичних засадах та не суперечити один одному.

1. ДБН В.2.6-162:2010. Кам’яні та армокам’яні конструкції. – К.: Мінбуд України, 2011. – 94 с. – чинний з 01.09.2011.
2. ДСТУ Б В.2.6-207:2015. Розрахунок і конструювання кам’яних та армокам’яних конструкцій будівель та споруд. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 256 с. – чинний з 01.04.2016.
3.СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции. – не діючий.
4.ДСТУ-Н Б EN 1996-1-1:2010. Єврокод 6: Проектування кам’яних конструкцій – Частина 1-1: Загальні правила для армованих та неармованих кам’яних конструкцій (EN 1996-1-1:2005, IDT). – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2011. – 196 с. – чинний з 01.07.2013.

Problems of harmonization of building regulations regarding the calculation of stone and reinforced stone structures

Leonid. Skoruk, *candidate of technical sciences, head of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures,* [*http://orcid.org/0000-0002-7362-1348*](http://orcid.org/0000-0002-7362-1348)

Kyiv National University of Construction and Architecture

The main vector of development of the regulatory framework for the construction of Ukraine is its harmonization with the EU regulatory framework. Ukraine has chosen a way to harmonize the national regulatory framework with the European regulatory framework through the formation of a system of parallel regulatory frameworks. In 2018, the latest restrictions on the simultaneous operation of building codes developed on the basis of national technological traditions were lifted, and building codes harmonized with EU regulations for all construction projects, regardless of the class of consequences.

To determine the degrees of conformity between national and international (European) regulatory documents, the following system of designations is used: IDT – identical degree of compliance; MOD – modified degree of compliance; NEQ – an equivalent degree of compliance. The national normative document is identical to the international (European) one, if it is identical in technical content, structure and presentation (it is accepted in one of the original languages or it is an identical translation), with minor editorial changes allowed. That is, the principle of the return of documents is observed.

Also, European standards include national annexes (National Annex), which contain parameters defined at the national level, and which should be used for design in a particular country, taking into account the specifics of territories, national traditions, the economic condition of the state, etc.

Now on the territory of Ukraine there is a DBN V.2.6-162: 2010 [1], which was introduced to replace SNiP II-22-81 [3]. The introduction to the document [1] states that its development takes into account the main provisions and principles of EN 1996-1-1 [4], however, this document has no sign of identity (IDT). In addition, DSTU B V.2.6-207: 2015 [2] is also in force, the general provisions of which indicate that this standard was developed in the development of DBN V.2.6-162: 2010 [1].

So, currently on the territory of Ukraine there are three regulatory documents, according to which it is possible to design stone and reinforced stone structures. Naturally, these normative documents should be based on the same theoretical principles and not contradict each other.

1. DBN V.2.6-162:2010. Kamiani ta armokamiani konstruktsii. – K.: Minbud Ukrainy, 2011. – 94 s. – chynnyi z 01.09.2011.
2. DSTU B V.2.6-207:2015. Rozrakhunok i konstruiuvannia kamianykh ta armokamianykh konstruktsii budivel ta sporud. – K.: Minrehion Ukrainy, 2016. – 256 s. – chynnyi z 01.04.2016.
3. SNyP II-22-81. Каменныe y armokamennыe konstruktsyy. – ne diiuchyi.
4. DSTU-N B EN 1996-1-1:2010. Yevrokod 6: Proektuvannia kamianykh konstruktsii – Chastyna 1-1: Zahalni pravyla dlia armovanykh ta nearmovanykh kamianykh konstruktsii (EN 1996-1-1:2005, IDT). – K.: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 2011. – 196 s. –chynnyi z 01.07.2013.

Проектування гнутоклеєних дерев`яних конструкцій із застосуванням інформаційного моделювання

Людмила Лавріненко, *канд.техн.наук, доцент кафедри металевих та дерев'яних конструкцій,* *http://orcid.org/0000-0001-5601-0943*
Євген Цюпин*, асистенткафедри металевих та дерев'яних конструкцій,*
http://orcid.org/0000-0001-9428-6166

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Напідставі узагальнених даних, отриманих з досвіду вітчизняного і зарубіжного будівництва, зроблено висновок про те, що саме в галузі дерев'яного будівництва створені реальні можливості для застосування принципів та прийомів інформаційного моделювання споруд на базі комп'ютернихтехнологій. Це пов'язано з високою заводською готовністю та складними цифровими технологіями виготовлення конструктивних елементів сучасних дерев'яних конструкцій. Засоби ВІМ-проектування були використані та проаналізовані в процесі проектування мультикупольної споруди, складність якої полягає як в архітектурному рішенні, так і в вирішенні низки задач, пов'язанихз нелінійністю поведінки дерев'яних конструкцій та їх елементів.

Несучими елементами конструкцій є дощано-клеєні арки. Купольні об'єми утворені арками, архітектурне моделювання яких виконане параметрично. За допомогою чисельного моделювання просторової споруди отримані відомості про навантаження та напружено-деформований стан основних несучих конструкцій.Відповідно до чинних норм проектування напружено-деформований стан проаналізовано із застосуванням нелінійного розрахунку. Моделювання фізичної нелінійності елементів несучих конструкцій виконувалось за допомогою скінченних елементів, що оперують бібліотекою законів деформування матеріалів.

Формування інформаційної та аналітичної моделей у вигляді ліній та поверхонь виконане із застосуванням скінченних елементів ПК САПФИР та ПК ЛІРА-САПР,що працюють з урахуванням фізичної нелінійності (КЭ200), геометричної нелінійності (КЭ300) або фізичної і геометричної нелінійності одночасно (КЭ400). Врахування піддатливості вузлових з'єднань враховане за допомогою кінцевого елемента КЭ55. Проектування за допомогою сумісного використання ПК Сапфір та ПК ЛІРА-САПР дозволили враховувати вимоги ДБН та інших нормативних документів, включно з Єврокод 5. Подальша розробка вузлових спряжень виконана з використанням 3D моделювання з передачею інформаційної моделі в ПК Tekla Structures.

При проектуванні будівельних конструкцій ПК Tekla є спеціалізованим середовищем, експорт інформації до якого реалізовано за допомогою IFC файлу. Через певні зазори між розрахунковою та конструктивною моделями після імпорту файлу виникає необхідність розпізнавання елементів. За допомогою інформаційної системи Tekla було виконано конструювання вузлів і перерізів, створення специфікацій та вивід на друк робочих креслень проекту. Були повністю розраховані та законструйовані основні вузли системи. Велика увага приділена узгодження 2D і 3D моделей та побудові відповідних креслень. В процесі проектування сформульовані питання, які в подальшому мають вирішуватися комплексно з позиції ВІМ–проектування [1], з більшою чи меншою широтою охоплення задач проекту.

Експериментальне проектування виконане на кафедрі металевих та дерев'яних конструкцій КНУБА [2].

1. Budko T.G., Lavrinenko L.I.Structural Analysis and 3D Timber Spatial Structure Modeling– *Building Constructions. Theory and Practice* Будівельні конструкції. Теорія і практика. Вип. 8 (2021) – с. 4 – 16 https://doi.org/10.32347/2522-4182.8.2021.4-16
2. Адаменко В. М.Досвід впровадження ВІМ-технологій в навчальний процес на кафедрі металевих і дерев'яних конструкцій КНУБА – *Будівельні конструкції. Теорія і практика.* Вип. 10 (2022) – с. 56– 68. DOI: https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.56-68

Design of curved glued wooden structures using information modeling

Ludmila.Lavrinenko, *candidate of technical sciences, associate professorof theDepartment of Steel and Timber Structures, http://orcid.org/0000-0001-5601-0943*
Yeugen Tsyupyn*, assistant of the Departmentof Steel and Timber Structures, http://orcid.org/0000-0001-9428-6166*

Kyiv National University of Construction and Architecture

Based on the generalized data obtained from the experience of domestic and foreign construction, it was concluded that it was in the field of wooden housing construction that real opportunities were created for applying the principles and methods of information modeling of buildings based on computer technologies. This is due to a high degree of prefabrication and complex digital technologies for manufacturing structural elements of modern wooden structures. BIM design tools were used and analyzed in the process of designing a multi-dome structure, the complexity of which lies both in the architectural solution and in solving a number of problems associated with the non-linear behavior of wooden structures and their elements.

The load-bearing structural elements are glued wooden arches. The volumes of the dome are formed by arches, the architectural modeling of which is performed parametrically. With the help of numerical modeling of a spatial structure, information was obtained on the load and stress-strain state of the main load-bearing structures. In accordance with the current design standards, the stress-strain state was analyzed using a nonlinear calculation. Modeling of the physical nonlinearity of elements of load-bearing structures was performed using finite elements operating in the library of laws of material deformation.

The formation of information-analytical models in the form of lines and surfaces is carried out using the finite elements of the PC SAPFIR and PC LIRA-SAPR, working taking into account physical nonlinearity (KE200), geometric nonlinearity (KE300) or physical and geometric nonlinearity simultaneously. time (KE400). Accounting for the flexibility of nodal connections is taken into account using the finite element KE55. Design using the combined use of PC SAPFIR and PC LIRA-SAPR made it possible to take into account the requirements of DBN and other regulatory documents, including Eurocode 5. Further development of nodal connections was carried out using 3D modeling with information transfer to the model in Tekla Structures PC. In structural design, Tekla PC is a specialized environment to which information is exported using an IFC file. Due to certain gaps between the analysis and construction models, after importing the file, it is necessary to recognize the elements.

With the help of the Tekla information system, the construction of nodes and sections, the creation of specifications and the printing of working drawings of the project were completed. The main components of the system have been fully calculated and designed. During the design process, questions are formulated that need to be addressed comprehensively from the standpoint of BIM design [1], with a greater or lesser breadth of coverage of the project tasks.

Experimental design was carried out at the Department of Metal and Wooden Structures of KNUBA [2].

1. Budko T.G., Lavrinenko L.I.Structural Analysis and 3D Timber Spatial Structure Modeling-–*Building Constructions. Theory and Practice*. V. 8 (2021) – pp. 4–16 https://doi.org/10.32347/2522-4182.8.2021.4-16
2. Adamenko V. M.Dosvid vprovadzhennia BIM-tekhnolohii v navchalnyi protses na kafedri metalevykh i derevianykh konstruktsii KNUBA –*Budivelni konstruktsii. Teoriia i praktyka* . – 2022. – Vyp. 10. – S. 56-68. https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.56-68

Нелінійний поглинач енергії як засіб пасивного контролю вібрацій

Петро Лізунов, *доктор.техн.наук, завідувач кафедри будівельної механіки,*
http://orcid.org/0000-0003-2924-3025
Ольга Погорелова*, провідний наук. співроб. НДІ будівельної механіки,*
http://orcid.org/0000-0002-5522-3995
Тетяна Постнікова*, старший наук. співроб. НДІ будівельної механіки,*
http://orcid.org/0000-0002-6677-4127

Київський національний університет будівництва і архітектури (м.Київ)

Останні два десятиріччя у світовій науковій літературі досить жваво обговорюється новий засіб пасивного контролю вібрацій – нелінійний демпфер малої маси, нелінійний поглинач енергії (NES). Виконуються аналітичні, числові та експериментальні дослідження. Вважається, що NES'и можуть бути застосовані для гасіння коливань висотних споруд при різних типах навантаження: періодичного, імпульсного, вітрового та навіть сейсмічного.

Запропоновано багато різних типів NES, один з них віброударний, як однобічний, так і двобічний. Однак, виявлено, що NES'и поводяться неоднозначнозі зміною параметрів, навіть дуже незначною. Тому вивчення динамічної поведінки різних типів NES за різних обставин становить чималий інтерес і є актуальним. Ми досліджуємо динамічну поведінку однобічного віброударного NES при періодичній збуджуючій силі $F(t) = P\cos(\omega t + \varphi_0)$ (Рис.1), виконуючи чисельне моделювання.

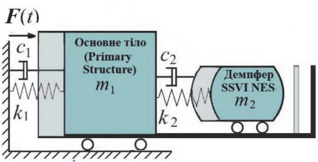


Рис.1 – Концептуальна схема віброударного демпфера

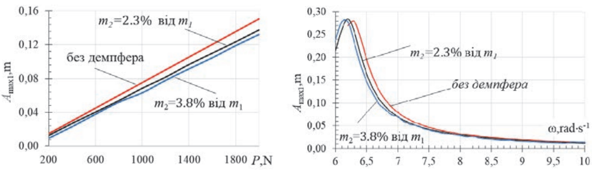


Рис.2 – Залежність амплітуди коливань основного тіла від параметрів збуджуючої сили: амплітуди P та частотиω

Параметри основного тіла (Primarystructure) задані та не можуть бути змінені. Але від параметрів нелінійного демпфера його ефективність залежить дуже сильно, тому необхідно підібрати його параметри таким чином, щоб забезпечити найбільш ефективне функціонування, тобто мінімальні значення амплітуд коливань та швидкостей основного тіла. З цією метою параметри демпфера були оптимізовані; для аналізу було взято два варіанти – з масою демпфера 2.3% та 3.8% від маси основного тіла та відповідними значеннями інших параметрів. На Рис.2 показана ефективність гасіння коливань в обох варіантах при зміні амплітуди та частоти зовнішнього навантаження. Гасіння відбувається у всьому широкому діапазоні значень амплітуд збуджуючої сили, але не у всьому діапазоні частот, лише для частот, більших резонансної. Наявність демпфера зрушує пік резонансу. Амплітуда зменшується приблизно на 10% для 1-го варіанта демпфера та приблизно на 15%для 2-го, демпфер з більшою масою сильніше зменшує амплітуду коливань основного тіла та його швидкість. Але у цьому випадку вібро-ударний рух системи має багату дуже складну динаміку з двосторонніми ударами демпфера як о праву перешкоду, так і безпосередньо об основне тіло, що має бути враховано при проектуванні оптимального SSVI NES.

1. Lizunov, P., Pogorelova, O., & Postnikova, T. (2022). Choice of the Model for Vibro-impact Nonlinear Energy Sink. Опір матеріалів та теорія споруд, 108, 63–76. *https://doi.org/10.32347/2410- 2547.2022.108.63-76*
2. Lizunov, P., Pogorelova, O., & Postnikova, T. (2022). Dynamics of primary structure coupled with single-sided vibro-impact nonlinear energy sink. Опір матеріалів та теорія споруд, 109, 103–113. *https://doi.org/10.32347/2410-2547.2022.109.20-29*

Applying of a Nonlinear Energy Sink for vibrations passive control

Petro Lizunov, *doctor of technical sciences, head of the Department of Constructions Mechanics,KNUCA,http://orcid.org/0000-0003-2924-3025*
Olga Pogorelova*, candidate of phys.-math sciences, Senior Research Officer, Scientific Research Institute of Structural Mechanics, KNUCA,http://orcid.org/0000-0002-5522-3995*
Tetiana.Postnikova, *candidate of technical sciences, Senior Research Officer, Scientific Research Institute of Structural Mechanics, KNUCA,http://orcid.org/0000-0002-6677-4127*

Kyiv National University of Construction and Architecture

In the last two decades, the world scientific literature has widely discussed the method of vibrations passive control, that is, a nonlinear small-mass damper, which is called the Nonlinear Energy Sink (NES). Analytical, numerical, and experimental studies are carried out. It is believed that NESs can be used to mitigate the vibrations of high-rise buildings under various loading types: periodic, impulsive, wind, and even seismic. Many different types of NES are offered, one of them is vibro-impact both single-sided and double-sided.However, VI NES, being a strongly nonlinear discontinuous vibro-impact system, behave ambiguouslywith a change in parameters, even very slightlyю.

Therefore, the studyof the dynamical behavior of different NES types in various circumstances is of the considerable interest and is relevant.We study the dynamic behavior of a single-sided vibro-impact NES under periodic exciting force $F(t) = P\cos(\omega t + \varphi_0)$(Fig.1) by numerical simulation using.

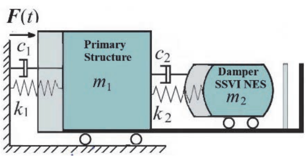


Fig.1 – Design scheme of the single-sidedvibro-impactNES

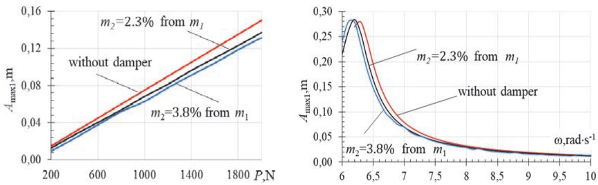


Fig.2 – Dependence of the primary structure oscillatory amplitudes on the exciting force parameters: amplitude*P* and frequencyω

The Primary structure parameters are set and cannot be changed. But the damper effectiveness strongly depends on its parameters, therefore. it is necessary to selectthem in such a way as to ensure its most efficient operation, that is, the minimal values of the oscillatory amplitudes and velocities of the primary structure. We optimized the damper parameters and took into consideration two options – with a damper mass of 2.3% and 3.8% of the primary structure mass and the corresponding values of other parameters. The effectiveness of vibrations mitigation in both versions is shown in theFig.2 with a change in the exciting force amplitude and frequency. The mitigation occurs in a whole wide range of the exciting force amplitudes, but not in all frequency range, only for frequencies above the resonant one. The damper presence shifts the resonance peak.The amplitude decreases by approximately 10% for the first damper option and by about 15% for the second one; a damper with a larger mass more strongly reduces the amplitude and velocity of the primary structure vibrations. However, in this case the system vibro-impact movement has rich complex dynamics with bilateral damper impacts both on an obstacle and directly on the primary structure.This should be taken into account when designing the optimal SSVI NES.

1. Lizunov, P., Pogorelova, O., & Postnikova, T. (2022). Choice of the Model for Vibro-impactNonlinear Energy Sink.Strength of Materials and Theory of Structures, 108, 63-76. https://doi.org/10.32347/2410-2547.2022.108.63-76
2. Lizunov, P., Pogorelova, O., & Postnikova, T. (2022). Dynamics of primary structure coupled with single-sided vibro-impact nonlinear energy sink. Strength of Materials and Theory of Structures, 109, 103-113.https://doi.org/10.32347/2410-2547.2022.109.20-29

Аналіз характеру руйнування нерозрізних залізобетонних балок, що зазнають дії малоциклових повторних і знакозмінних навантажень

***Григорій Масюк*[1]**, *канд. техн. наук, професор кафедри Промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд*, http://orcid.org/0000-0001-5207-3111
***Олександр Ющук*[2]**, *канд. техн. наук,інженер*, http://orcid.org/0000-0001-6266-3465
***Каріна Кузьміна*[1]**, *магістр кафедри Промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд*, http://orcid.org/0009-0005-2879-1144

[1]Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне)
[2]ТОВ «Архідельта»

Нерозрізні залізобетонні балки досить широко застосовуються в будівельній галузі при будівництві будівель і споруд, де випробовують малоциклові повторні і знакозмінні навантаження. Напружено - деформований стан балок за дії вище вказаних навантажень суттєво відрізняється від н.д.с. однотипних балок, що піддаються дії однозначних статичних навантажень однакового рівня. Чинні ж нормативні документи не враховують режими навантажень експлуатаційного рівня по оцінці змін напружено-деформованого стану для конструкцій, що зазнають дії вище вказаних навантажень.

При проведенні авторами експериментально-теоретичних досліджень нерозрізних балок за дії малоциклових повторних і знакозмінних навантажень рівня η=0,6, було встановлено відмінність н.д.с. однотипних балок, що випробовувались однозначним статичним навантаженням. Як виявилось, тріщиностійкість, ширина розкриття тріщин, прогини і характер руйнування нерозрізних балок будуть зовсім іншими, ніж ці параметри в балках при постійних статичних навантаженнях одного знака. Встановлено, що процеси тріщино утворення, розвитку тріщин, також відмінні від таких же процесів при однозначному статичному навантаженні балок. Якщо за однозначного статичного навантаження і повторного низьких рівнів процес тріщиноутворення і розвитку тріщин залежить тільки від зміни н.д.с. зі зміною величини навантаження, то за дії малоциклових знакозмінних навантажень залежить і від зміни жорсткості перерізів дослідних зразків по довжині елемента, яка з кожним циклом зменшується. Зменшення жорсткості відбувається за рахунок розвитку наскрізних нормальних тріщин, які перерізають балку по висоті в зонах найбільших згинальних моментів, а на приопорних ділянках виникають перехресні похилі тріщини, які також впливають на жорсткість перерізів балки. Виникнення нормальних наскрізних і похилих перехресних тріщин розбивають балку на окремі блоки, внаслідок чого відбуваються деструктивні процеси в бетоні, що обумовлює порушення щеплення між бетоном і арматурою і зниження опору зовнішнім навантаженням. Причинами зниження опору бетону є: зниження модуля пружності за рахунок перерозподілу зусиль в складових при первинному розтягу і стиску і виникнення власних структурних напружень при наступному розвантаженні.Власні структурні силові напруження і вище наведені деструктивні зміни в бетоні, викликають порушення його ізотропної якості в повздовжньому і поперечному напрямках, знижують модуль пружності бетону, збільшуються при підвищенні рівнів малоциклових знакозмінних навантажень. Це в свою чергу впливає на ширину розкриття тріщин, прогини, несучу здатність і довговічність конструкцій, що працюють в умовах вище вказаних навантажень, навіть експлуатаційних рівнів.

Наведені вище дані експериментальних досліджень роботи нерозрізних залізобетонних балок за дії малоциклових повторних і знакозмінних навантажень, їх аналіз і теоретичні передумови на базі структурної теорії бетону, розкривають механіку руйнування таких елементів при вказаних режимах навантажень.

1. Ющук О.В. Несуча здатність, тріщиностійкість і деформативність нерозрізних залізобетонних балок за дії малоциклових повторних і знакозмінних навантажень: Дис. канд. тех. наук: 05.23.01. – Рівне 2021, - 160с.

Analysis of the fracture nature of continuous reinforced concrete beams subjected to low-cycle repeated and alternating loads

***Hryhorii Masjuk*[1], *Ph.D, prof. of the Departament Industrial, civil construction and engineering structures,* orcid: 0000-0001-5207-3111
***Oleksandr Yushchuk*[2], *Ph.D,engineer,* http://orcid.org/0000-0001-6266-3465
***Karina Kuzmina* [1], *master of the Departament Industrial, civil construction ande ngineering structures, orcid:* http://orcid.org/0009-0005-2879-1144

[1]*National University of water and environmental engineering (Rivne)*
[2]*LCC Arhidelta*

Continuous reinforced concrete beams are quite widely used in the construction industry in the construction of buildings and structures subjected to low-cycle repeated and alternating loads. The stress-strain state of beams under thea bove-mentioned loads differs significantly from the stress-strainstate of similar beams subjected to one-time static loads of the same level. The current regulatory documents do not take into account the operational level load modes for assessing changes in the stress-strain state for structures subjected to the above specified loads. While conducting experimental and theoretical studies of continuous beams under low-cycle repeated an dalternating loads of the level η=0.6, the authors found a difference in the stress-strainstate of similar beams tested by one-times tatic load. A sitturned out, the crack resistance, crack opening width, deflections and the fracture nature of continuous beams will completely differ from the same parameters in beams under constant static loads of the same sign. It has been found out that the processes of crack formation and crack development also differ from the same processes under one-time static loading of beams.While under one-time static and repeated low level loads, the crack formation and crack development processes depend only on changes in the stress-strain state with a change in the load value, then under the low-cycle alternating loads, it also depends on the stiffness changes in the cross-section of the test samples along the length of the element, which decreases with each cycle.The reduction in stiffness occurs due to the development of normal through-cracks that cut the beam along the height in the zones of the maximum bending moments, and cross – inclined cracks appear in the supporting areas, which also affect the stiffness of the beam cross-sections.The formation of normal through - cracks and cross-inclined cracks breaks the beam into separate blocks, resultingin destructive processes in the concrete, which causes a disruption of adhesion between concrete and reinforcement as well as reduction of resistance to external loads. The reasons for decrease of concrete resistance are: reduction of the elasticity modulus due to redistribution of forces in the components during initial tension and compression and the occurrence of inherent structural tension ingduring subsequentun loading, and partialir reversibility of creep deformations of cement stone, as well as the development of longitudinal separation microcracks and cross fracture cracks in cement stone when the compression forces are removed (during unloading); formation and development of prefracture zones in concrete, during its prestretching process, near the cross-sections of passive and active fracture cracks with minimum density of the concrete structure in these zones. Inherent structural force tensioning and the above specified destructive changes in concrete cause a disruption of its isotropic quality in the long itudinal and transverse directions, reduce the elasticity modulus of concrete, and increase when the levels of low-cycle alternating loads are increased. This, in turn, affects the width of crack opening, deflections, load-bearing capacity and durability of structures subjected to the above - mentioned loads, even at operational levels.

The above specified data of experimental studies of the performance of continuous reinforced concrete beams under low-cycle repeated and alternating loads, their analysis and theoretical prerequisites based on the structural theory of concrete, reveal the mechanics of fracture of such elements under the specified loading modes.

1. Yushchuk O. V. Load - bearing capacity, crack resistance and deformability of reinforced concrete continuous beams under the action of low-cycle repeated and alternating loads:Diss.PhD.technical Sciences:05.23.01.-Rivne 2021,-160 p

Дослідження та оцінка технічного стану будівель і споруд

Євгенія Новак, *канд.техн.наук, асистент кафедри Будівництва,*
http://orcid.org/org/0000-0002-8512-6344

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича (м. Чернівці)

Дослідження та оцінка технічного стану будівель і споруд проводиться з метою отримання об’єктивних даних про фактичний стан будівель чи споруд, чи окремих будівельних конструкцій враховуючи вплив експлуатації.

В Україні технічний стан будівлі чи споруди визначається згідно з нормативними документами, що передбачає такі три способи:

1. Реальна оцінка технічного стану будівлі за фізичним зносом. Це коли технічний стан визначають за такими оцінками: добрий (знос 0…20 %); задовільний (знос 20…40 %); незадовільний (знос 40…60 %); старий (знос 60…80 %); непридатний (знос 80…100 %).

2. Даний спосіб визначає технічного стан конструкцій та будівлі в цілому за наступною класифікацією: нормальний, задовільний, непридатний до експлуатації, аварійний.

3. Оцінювання технічного стану будівлівизначається за результатами ряду розрахунків. Це коли визначають напруження і деформації в несучих елементах будівлі та порівнюють з характеристиками міцності матеріалів та конструкцій.

За технічним обстеження будівель і споруд можна визначити чи підлягають вони подальшій експлуатації тафактичний стан. Така експертна оцінкавиражає існуючі вади та можливі ушкодження конструкцій, які в майбутньому можуть привести до аварійного стану, а також повного або часткового руйнування об’єктів. Обстеження технічного стану будівель і споруд може проводитись паралельно з перевіркою інженерних мереж та споруд, а також сусідніх будівель.

Методи, які існують для проведення технічного обстеження та визначення фактичногостану конструкції чи будівлі поділяються на такі способи: руйнівні та неруйнівні. Після завершення досліджень відбувається заповнення технічного паспорту будівлі.

Провівши ряд обстежень та отримавши результати аналізують загальний технічний стан будівлі та складають експертний звіт, який має затверджену типову форму.Це загальні відомості про об’єкт, дані місця його знаходження, вказується дата проведення обстеження технічного стану. Основним пунктом даного документу є експертний висновок, який формується за результатами даних технічного обстеження будівлі чи споруди.

Без експертної оцінки не можливо визначити та передбачити подальшу безпечну експлуатацію будівлі. За результатами такого оцінювання визначається подальша доля об’єкту.

Виконані дії та заходи, які пропонуються після технічного обстеження дадуть можливість відновити конструктивні характеристики міцності та стійкості, а також продовжити термін експлуатації будівлі в цілому. Під час подальшої експлуатації будівлі бажано вести періодичне спостереження за технічним станом несучих і огороджувальних конструкцій будівлі для виявлення можливих тріщин в конструкціях, просідання основи, чи ряду інших деформацій.

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану Київ, ДП УкрНДНЦ, 2017.
2.Стаття 392 «Огляд, обстеження та паспортизація об'єктів» Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» №549 VI від 20.11.2012р.

Research and assessment of the technical condition of buildings and structures

Evgenia Novak, *candidate of technical sciences, assistant of the Department of Construction, http://orcid.org/org/0000-0002-8512-6344*

Chernivtsi National University named after Yury Fedkovich (Chernivtsi)

Research and assessment of the technical condition of buildings and structures is carried out with the aim of obtaining objective data about the actual condition of buildings or structures, or individual building structures, taking into account the impact of operation.

In Ukraine, the technical condition of a building or structure is determined in accordance with regulatory documents, which provides for the following three methods:

1. Real assessment of the technical condition of the building based on physical wear and tear. This is when the technical condition is determined by the following assessments: good (wear 0...20%); satisfactory (wear 20...40%); unsatisfactory (wear 40...60%); old (60...80% wear); unusable (wear 80...100 %).

2. This method determines the technical condition of structures and the building as a whole according to the following classification: normal, satisfactory, unusable, emergency.

3. Assessment of the technical condition of the building is determined based on the results of a number of calculations. This is when stresses and deformations in the load-bearing elements of the building are determined and compared with the strength characteristics of materials and structures.

According to the technical inspection of buildings and structures, it is possible to determine whether they are subject to further operation and the actual condition. Such an expert assessment expresses existing defects and possible damage to structures, which in the future may lead to an emergency state, as well as complete or partial destruction of objects. Inspection of the technical condition of buildings and structures can be carried out in parallel with the inspection of engineering networks and structures, as well as neighboring buildings.

The methods that exist for carrying out a technical survey and determining the actual condition of a structure or building are divided into the following methods: destructive and non-destructive. After the studies are completed, the technical passport of the building is filled out.

After conducting a number of surveys and receiving the results, they analyze the general technical condition of the building and draw up an expert report, which has an approved standard form. This is general information about the facility, data on its location, and the date of the inspection of the technical condition. The main point of this document is an expert opinion, which is formed based on the results of the technical inspection of the building or structure.

Without an expert assessment, it is not possible to determine and predict the future safe operation of the building. Based on the results of such evaluation, the future fate of the object is determined.

The performed actions and measures that are proposed after the technical survey will provide an opportunity to restore the structural characteristics of strength and stability, as well as to extend the life of the building as a whole. During the further operation of the building, it is desirable to periodically monitor the technical condition of the supporting and enclosing structures of the building to detect possible cracks in the structures, subsidence of the base, or a number of other deformations.

1. DSTU-N B V.1.2-18:2016 «Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu». Kyiv, DP UkrNDNTs, 2017.
2. Article 392 "Inspection, inspection and passporting of objects" of the Law of Ukraine "On Regulation of Urban Planning Activities" No. 549 VI dated November 20, 2012.

Проблематика розрахунку на втому баштових конструкцій

Валерій Нужний, *старший викладач кафедри металевих та дерев'яних конструкцій,* http://orcid.org/0000-0002-0400-3204

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

В будівництві широко застосовуються баштові конструкції у вигляді вертикальних защемлених консолей. До таких конструкцій відносяться димові труби, рекламні конструкції, вежі мобільного зв'язку тощо. Складність розрахунку полягає в тому, що в сучасних нормах [4] методика динамічного розрахунку виключена і змінена на квазістатичний розрахунок, при якому конструкції розділені на дві основних групи – конструкції для яких період власних коливань яких перевищує 0.25сек і яким властивий вплив динамічної складової вітру, та всіх інших. Розрахунок розглядається за статичною схемою на збільшене умовно статичне вітрове навантаження, при якому повністю виключений динамічний розрахунок. Чисельні розрахунки реальних конструкцій, виконані автором даної роботи із застосуванням методик згідно [2], показують, що розрахунки за сучасними нормами можуть давати результат в 1,5 рази нижчий, ніж динамічний розрахунок, особливо для систем з наявними на кінцях консолей зосередженими масами. Найбільш навантаженими елементами таких конструкцій є деталі защемлення в опорі – основний переріз елемента, зварні шви, траверси, анкерні болти, які зазнають циклічних навантажень та потребують розрахунків на втому згідно вимог [1]. Так відповідно п. 15.3[1] для обчислень необхідно визначити кількість циклів навантажень по типових режимах експлуатації конструкції. В сучасній нормативно-методичній літературі відсутнє як таке визначення не тільки кількості циклів, а також не наведений аналіз всіх видів навантаження на конструкцію. І тут слід зазначити, що спочатку треба визначити критичну швидкість згідно [2] ф 29 , при якій в конструкції розпочинається вітровий резонанс:

$$V_{cr} = \frac{d}{TS_h}$$

де d – діаметр конструкції, T – період власних коливань по резонансній частоті, S_h– число Струхаля для даної форми перерізу. Після визначення критичної швидкості вітру був здійснений аналіз з сайту [3] де записані архівні дані по погоді і швидкості вітру з 2010 по 2022р . Був проведений аналіз архіву погоди для дат, під час яких спостерігався вітер із швидкістю рівною, або більшою за критичну а також часові діапазони, в яких дув відповідний вітер. Так сумарна кількість *i*-тих циклів по кожній з швидкостей вітру, розділених із кроком 1 м/с (4, 5, 7, 8…12) визначається як:

$$n_i = \frac{\sum \Delta T_i}{T}$$

де T – період резонансних власних коливань, $\sum \Delta T_i$ – сумарний час дії вітру з *i*-тою швидкістю.

Застосування даної методики із кропітким аналізом архіву погоди протягом 10 років дозволяє умовно екстраполювати дані значення на більш ширший період. За умови відсутності фактичної зафіксованої максимальної швидкості вітру за 50 років, за якою були створені нормативні документи та кліматичні карти [4], можна умовно прийняти в запас, що такий вітер був один раз протягом доби за весь термін експлуатації споруди.

1. ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування»
2. Савицкий Г.А. Ветроваянагрузка на сооружения / Г. А. Савиц- кий, Москва, 1972г.
3. Архів погоди з 2010 до 2022 р [Електронний ресурс]. – Режим доступа: http://meteopost.com
4.ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування».

Determination of the number of cycles for calculating the fatigue of tower structures

Valerii Nuzhnyi., *senior lecturer of the department of metal and wooden structures*
http://orcid.org/0000-0002-0400-3204

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

Tower structures in the form of vertical clamped cantilevers are widely used in construction. Such structures include chimneys, advertising structures, cell towers, etc. The complexity of the calculation lies in the fact that in modern standards [4] the dynamic calculation method is excluded and changed to a quasi-static calculation, in which structures are divided into two main groups - structures for which the period of natural oscillations exceeds 0.25 seconds and which are characterized by the influence of the dynamic component of the wind, and all others. The calculation is considered according to the static scheme for the increased conditionally static wind load, in which the dynamic calculation is completely excluded. Numerical calculations of real structures, performed by the author of this work using methods according to [2], show that calculations according to modern standards can give a result 1.5 times lower than a dynamic calculation, especially for systems with concentrated masses present at the ends of the cantilevers . The most loaded elements of such structures are the details of pinching in the support - the main section of the element, welds, traverses, anchor bolts, which are subjected to cyclic loads and require fatigue calculations according to the requirements [1]. Thus, in accordance with clause 15.3 [1], for calculations, it is necessary to determine the number of load cycles according to the typical operating modes of the structure. In modern regulatory and methodological literature, there is no definition of not only the number of cycles, but also no analysis of all types of load on the structure. And here it should be noted that first of all it is necessary to determine the critical speed according to [2] f 29, at which wind resonance begins in the structure

$$V_{cr} = \frac{d}{TS_h},$$

where d is the diameter of the structure, T is the period of natural oscillations at the resonance frequency, Show is the Strouhal number for the given cross-sectional shape. After determining the critical wind speed, an analysis was carried out from the website [4], where archival data on weather and wind speed from 2010 to 2022 are recorded. An analysis of the weather archive was carried out for the dates during which the wind was observed with a speed equal to or greater than the critical one, as well as the time ranges in which the corresponding wind blew. Thus, the total number of i-th cycles for each of the wind speeds, separated with a step of 1 m/s (4, 5, 7, 8...12), is determined as:

$$n_i = \frac{\sum \Delta T_i}{T}$$

where T is the period of resonant natural oscillations, $\sum \Lambda T_i$ is the total time of the wind with the ith speed.

The application of this technique with painstaking analysis of the weather archive for 10 years allows conditionally extrapolating these values to a wider period. In the absence of the actual recorded maximum wind speed for 50 years, according to which regulatory documents and climate maps [5] were created, it can be tentatively assumed that such a wind occurred once during the day during the entire life of the structure.

1. DBN V.2.6-198:2014 «Stalevikonstruktsii. Normyproektuvannia»
2. Savytskyi H.A. Vetrovaianahruzkanasooruzhenyia / H. A. Savyts- kyi, Moskva, 1972h.
3. Arkhivpohody z 2010 do 2022 r [Elektronnyiresurs]. – Rezhymdostupa: http://meteopost.com
4. DBN V.1.2-2:2006 «Systemazabezpechennianadiinostitabezpekybudivelnykhobiektiv. Navantazhennia i vplyvy. Normyproektuvannia».

Проектування оптимального армування сталезалізобетонних плитних і балкових елементів перекриттів для захисних споруд укриття

Тетяна Галінська, *канд.техн.наук, доцент кафедри Будівництва та цивільної інженерії,* http://orcid.org/0000-0002-6138-2757
Дмитро Овсій, *аспірант кафедри Будівництва та цивільної інженерії,* http://orcid.org/0000-0001-7007-1857

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», (м. Полтава)

На сьогодні в Україні в діючих нормах проектування захисні споруди укриття класифікують залежно від значення нормативної величини надлишкового тиску на фронті повітряної ударної хвилі на чотири класи: І-й – р=500 кПа (50 тс/м^2); ІІ-й – р=300 кПа (30 тс/м^2); ІІІ-й – р=200 кПа (20 тс/м^2); IV-й – р=100 кПа (10 тс/м^2).

Сталезалізобетонні (СЗБ) балкові і плитні елементи є найбільш раціональними конструкціями для забезпечення необхідної проектної міцності і деформативності монолітних чи збірно-монолітних перекриттів захисних споруд укриття при дії динамічних навантажень (раптово-короткочасного чи ударного), які можуть виникнути в результаті надзвичайних ситуацій, бойових дій чи терористичних актів.

Несуча здатність елементів перекриттів захисних споруд при дії динамічних навантажень за граничними станами І-ї і ІІ-ї груп забезпечується їх статичною і динамічною міцністю та жорсткістю. При визначенні розрахункового значення статичної жорсткості виходять із граничного стану за міцністю або деформаціями, які відповідають верхній межі статичних напружень або деформацій. В той же час на визначення реального розрахункового значення динамічної жорсткості, яка більша від статичної, впливають багато чинників, які складно фактично враховувати у кожному випадку. Тому в існуючу методику проектування перекриттів споруд укриття на динамічні навантаження була покладена спрощена аналітична модель розрахунку, яка базується на розрахунку конструкцій при дії еквівалентних статичних навантажень з корегуванням їх і характеристик міцності і деформативності матеріалів за допомогою визначених коефіцієнтів, які посередньо враховують різні фактори.

Авторами тез розроблена методика оптимального (раціонального) проектування сталезалізобетонних плитних і балкових елементів перекриттів з мінімальними витратами, що працюють на згин і зріз, основним завданням якої є визначення мінімальної (достатньої) кількості армування (площі перетину арматурних стержнів та конструктивних стальних елементів, їх ваги) в їх розрахункових перерізах при визначених (заданих) розмірах їх перетину, типів матеріалів (їх характеристик) з урахуванням проектних обмежень, таких як: проектування конструкції з урахуванням виду навантажень, що діють на неї, та формування (типізація) випадку її граничного напружено-деформованого стану залежно від визначених граничних критеріїв руйнування її компонентів. В роботах [1, 2] викладені основні положення методики оптимального (раціонального) проектування сталезалізобетонних плитних і балкових елементів перекриттів.

Залежно від проектної величини надлишкового тиску оптимальне (раціональне) армування перерізів елементів СЗБ перекриттів споруд укриття визначається шляхом зміни варіацій характеристик міцності матеріалів, довжини їх прогонів, висоти їх перерізу та кроку їх армування конструктивними стальними елементами і арматурними стержнями.

1. Galinska T., Ovsii D., Ovsii O., Ovsii M. (2022) Fundamentals of designing rational (optimal) slab steel-reinforced concrete structures and elements of floors. *Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering.– 1(58). – pp. 55-65.*
2. Galinska, T., Ovsii, D., Hajiyev, M., Ovsii, O. (2023) An Analytical Model of Calculating the Flexural Strength of Encased SRC Composite T-beams with Full Interaction of Components. In: Onyshchenko, V., Mammadova, G., Sivitska, S., Gasimov, A. (eds) Proceedings of the 4th International Conference on Building Innovations. ICBI 2022. *Lecture Notes in Civil Engineering, vol 299. – pp. 117-134.* Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_10.

Design of optimal reinforcement of steel-reinforced concrete slab and beam elements of the overlappings of protective structures for shelter

Tetyana Galinska, *candidate of technical science, associate professor of the Department of Architecture and Urban Construction, http://orcid.org/0000-0002-6138-2757*
Dmytro. Ovsii, *postgraduate of the Department of Architecture and Urban Construction, http://orcid.org/0000-0001-7007-1857*

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic

Today, in the current Ukrainian design standards, shelter protective structures are classified depending on the value of the normative value of excess pressure at the front of the air shock wave into four classes: I-st - p=500 kPa (50 tf/m^2); II-nd - p=300 kPa (30 tf/m^2); III-rd - p=200 kPa (20 tf/m^2); IV-th - p=100 kPa (10 tf/m^2).

Composite steel-reinforced concrete (SRC) beam and plate elements are the most rational structures to ensure the necessary design strength and deformability of monolithic or prefabricated monolithic overlapping of protective shelter structures under the action of dynamic loads (sudden, short-term or shock), which may arise as a result of emergency situations, combat operations or terrorist acts.

The load-bearing capacity of the elements of the overlappings of protective structures under the action of dynamic loads according to the limit states of the 1st and 2nd groups is ensured by their static and dynamic strength and stiffness. When determining the calculated value of static stiffness, the limit state in terms of strength or deformations, which correspond to the upper limit of static stresses or deformations, is assumed. At the same time, the determination of the real calculated value of dynamic stiffness, which is greater than static stiffness, is influenced by many factors that are difficult to actually take into account in each case. Therefore, a simplified analytical calculation model was applied to the existing methodology for designing the overlappings of shelter structures for dynamic loads. It (simplified model) is based on the calculation of structures under the action of equivalent static loads with correction of them and the strength and deformability characteristics of materials with the help of determined coefficients, which are averaged various factors are taken into account.

The authors have developed a method of optimal (rational) design of steel-reinforced concrete slab and beam elements of overlapping with minimal costs, working for bending and shear. The main task of the proposed method is to determine the minimum (sufficient) amount of reinforcement (cross-sectional area of reinforcing bars, structural steel elements and its weight) in the calculated cross-sections with the following defined (given) parameters: cross-sectional dimensions, types of materials (its certain characteristics) and taking into account design limitations. The design limitations includes: design of the structure taking into account the types of loads acting on it and the formation (typing) of the case of its ultimate stress-strain state depending on the determined limit criteria for the destruction of its components. The main provisions of the methodology of optimal (rational) design of steel-reinforced concrete slab and beam elements of floors are outlined in works [1, 2].

Depending on the design value of the excess pressure, the optimal (rational) reinforcement of the cross-sections of the composite SRC elements of the overlappings of shelter is determined by changing the following parameters: characteristics of materials strength, span length, height of their cross-section and the step of their reinforcement with structural steel elements and reinforcing bars.

1. Galinska T., Ovsii D., Ovsii O., Ovsii M. (2022) Fundamentals of designing rational (optimal) slab steel-reinforced concrete structures and elements of floors. *Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering.– 1(58). – pp. 55-65*.
2. Galinska, T., Ovsii, D., Hajiyev, M., Ovsii, O. (2023) An Analytical Model of Calculating the Flexural Strength of Encased SRC Composite T-beams with Full Interaction of Components. In: Onyshchenko, V., Mammadova, G., Sivitska, S., Gasimov, A. (eds) Proceedings of the 4th International Conference on Building Innovations. ICBI 2022. *Lecture Notes in Civil Engineering, vol 299. – pp. 117-134.* Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_10.

Розробка рекомендації щодо підвищення захисних властивостей спеціальних об'єктів на основі моделі зміни концентрації вибухонебезпечних речовин

***Юрій Ольшевський*[1]**, *канд. техн. наук, начальник наукового відділу організації підготовки та атестації науково-педагогічних кадрів,* http://orcid.org0000-0002-4565-357X
***Юсуфжон Убайдуллаєв*[2]**, *канд. техн. наук, професор кафедри військової підготовки,* http://orcid.org0000-0002-0222-7423

[1]*Національний університет оборони України імені Івана Черняховського (м.Київ)*
[2]*Національний авіаційний університет (м.Київ)*

Метою роботи являється розробка рекомендації щодо підвищення захисту особового складу, озброєння та військової техніки на основі моделі зміни концентрації вибухонебезпечних вуглеводневих горючих і токсичних речовин(ВР-ТР) у спеціальних об'єктах та фортифікаційних спорудах.

Для одержання математичного опису уявимо собі спеціальний об'єкт/фортифікаційну споруду чи її окрему частину: потерна, технічна зона, господарча-казармена зона, ділянка у вигляді декількох взаємозалежних ділянок (рис. 1). Стрілками показані напрямки руху, наприклад, рідких речовин між ділянками. Кожна ділянка містить деяку кількість вибухонебезпечних (чи токсичних) речовин, що завдяки визначеним механізмам постійно переходить з однієї ділянки на іншу.

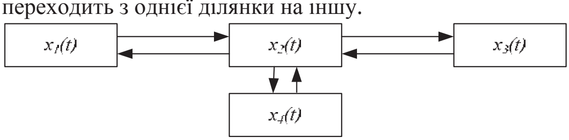


Рис. 1. Топологія взаємопов'язаних ділянок

Ділянки побудованої схеми можуть відповідати дійсним об'єктам, таким, як цехи, підвали, склади і т.д. чи можуть являти собою лише зручну математичну абстракцію, що виникає, можливо, унаслідок застосування якої-небудь стандартної аналітичної процедури.

У такий спосіб отримане дозволяє одержати ряд важливих якісних результатів:

1. Функції $x_1(t)$ і $x_2(t)$ позитивні для $t>0$ у області параметрів. Це призводить до можливості появи таких режимів, які якісно відрізняються від детонації енерговиділення при вибуху, як згоряння суміші за фронтом нестаціонарної ініціює хвилі і одночасне вигоряння суміші по всьому обсягу за кінцевий проміжок часу.

2. При збільшенні часу t концентрації ВР-ТР $x_1(t)$ і $x_2(t)$ прагнуть до своїх стаціонарних значень – формування газових зарядів без додаткових заходів і часу, як правило, призводить до нерівномірного розподілу концентрації ВР-ТР за обсягом, що також може впливати на параметри, які утворюються при вибуху хвилі.

3. Ці стаціонарні значення, природно, залежать від загальної початкової кількості ВР-ТР, а не від співвідношення початкових концентрацій ВР-ТР у різних "камерах", тобто має місце перемішування.

Отримані результати дали можливість розробити рекомендації щодо забезпечення захисту особового складу та військової техніки, удосконалення конструктивних рішень та застосування нових тріщиностійких матеріалів у фортифікаційних спорудах спеціальних об'єктів від впливу боєприпасів, які мають властивості об'ємного вибуху.

1. Убайдуллаєв Ю.Н., Ольшевський Ю.В. Дослідження зміни концентрації вибухонебезпечних горючих і токсичних речовин у спеціальних об'єктах та фортифікаційних спорудах/Матеріали Всеукраїнської наук.-техн. конф. ["Актуальні проблеми проектування виготовлення і експлуатації озброєння та військової техніки"], (Вінниця, 17-19 травня 2017 р.)/ МО України, ВНТУ. – В.: ВНТУ, 2017. – С. 367-370.

Development of recommendations for improving the protective properties of special facilities based on a model of changes in the concentration of explosive substances

***Yurii.Olshevskyi*[1], *Candidate of Technical Sciences, Head of the Scientific Department for the Organization of Training and Certification of Scientific and Pedagogical Personnel,* http://orcid.org0000-0002-4565-357X**

***Yusufzhon.Ubaidullayev*[2], *Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department of Military Training,* http://orcid.org0000-0002-0222-7423**

[1]Ivan Cherniakhovskyi National Defense University of Ukraine (Kyiv)
[2]National Aviation University (Kyiv)

The aim of the work is to develop recommendations for improving the protection of personnel, weapons and military equipment based on a model of changes in the concentration of explosive hydrocarbon combustibles and toxic substances(ETS) in special facilities and fortifications.

To obtain a mathematical description, let's imagine a special facility/fortification or its separate part: a minefield, a technical zone, an economic and canteen zone, a site in the form of several interdependent areas (Fig. 1). The arrows show the directions of movement, for example, of liquid substances between the sections. Each area contains a certain amount of explosive (or toxic) substances, which, due to certain mechanisms, constantly moves from one area to another.

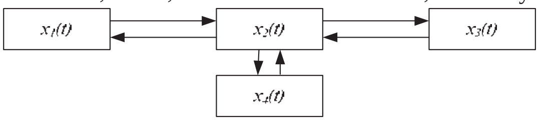


Fig. 1. Topology of interconnected areas

The areas of the diagram may correspond to actual objects, such as workshops, basements, warehouses, etc., or may be just a convenient mathematical abstraction that arises, perhaps, as a result of the application of some standard analytical procedure.

In this way, the obtained equation allows us to obtain a number of important qualitative results:

1. The functions $x_1(t)$ and $x_2(t)$ are positive for $t>0$ in the parameter domain. This leads to the possibility of the emergence of such modes that are qualitatively different from the detonation of energy release in an explosion, such as the combustion of the mixture behind the front of an unsteady initiating wave and the simultaneous burning of the mixture throughout the entire volume for a finite period of time.

2. With an increase in time t, the concentrations of HP-TR $x_1(t)$ and $x_2(t)$ tend to their stationary values - the formation of gas charges without additional measures and time, as a rule, leads to an uneven distribution of HP-TR concentration over the volume, which can also affect the parameters formed during the wave explosion.

3. These steady-state values naturally depend on the total initial amount of HF-TR, and not on the ratio of initial HF-TR concentrations in different "chambers", i.e., mixing occurs. In gas explosions, the parameters of airborne shock waves practically do not depend on the distribution of fuel concentration in the volume of the mixture.

Thus, the results obtained made it possible to develop recommendations for improving the protection of personnel, weapons and military equipment, improving design solutions and the use of new crack-resistant materials in special facilities and fortifications that provide protection against the effects of special high-precision concrete-piercing munitions with bulk explosion properties.

1. Ubaidullaiev Y.N., Olshevskyi Y.V. Doslidzhennia zminy kontsentratsii v ybukho nebezpechnykh horiuchykh i toksychnyk hrechovyn u spetsialnykh obiektakh taforty fikatsiinykh sporudakh/ MaterialyVseukrainskoi nauk.-tekhn. konf. [“Aktualni problemy proektuvannia vyhotovlennia i ekspluatatsii ozbroienniata viiskovoi tekhniky”], (Vinnytsia, 17-19 travnia 2017 r.)/ MO Ukrainy, VNTU. V.: VNTU,2017. S. 367-370.

Розрахунок несучої здатності плит збірного безбалкового перекриття кінематичним способом

Андрій Павліков, *докт.техн.наук, завідувач кафедри будівельних конструкцій,* *http://orcid.org/0000-0002-5654-5849*
Ольга Гарькава*, канд.техн.наук, докторант кафедри будівельних конструкцій,* *https://orcid.org/0000-0003-2214-3128*

НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (м. Полтава)

Відновлення житлового фонду України є на сьогодні однією з актуальних задач будівельної галузі. Розв'язання цієї задачі цілком реально здійснювати за рахунок упровадження в технологію зі зведення будівель та споруд сучасних конструктивних систем – зокрема, вдосконаленої у «Полтавській політехніці» системи на основі збірного безбалкового каркасу[1 – 2]. Переваги застосування цієї системи очевидні: швидкість зведення будівель за рахунок застосування індустріальних збірних залізобетонних конструкцій зростає на 50%; монтаж залізобетонних конструкцій не залежить від пори року та погодних умов; запуск виробничої лінії з виготовлення збірних елементів є достатньо простим і здійснюється в мінімальні строки; особливості каркасу уздовж периметру дозволяють надавати кожній будівлі індивідуальних неповторних архітектурних форм, привабливо урізноманітнюючи міський ландшафт; архітектурно-планувальні рішення відповідають високим естетичним вимогам проживання, забезпечують його комфортність та високий сприятливий мікрокліматичний рівень; вартість 1м^2 житла зменшується майже на 40% порівняно з будівлями з традиційними конструктивними системами.

Запропонована конструктивна система має характерну особливість – перекриття в ній влаштовується зі збірних плит: надколонних, міжколонних та середніх, при цьому надколонні плити монтуються шляхом їх нанизування на колони. Ці плити з'єднуються з колонами безпосередньо, тобто без застосування таких додаткових традиційних елементів як балки, консолі чи капітелі. Розрахунок цих перекриттів до цього часу ґрунтується на звичайних підходах, якими практично не враховуються конструктивні особливості вузлів з'єднання елементів та дійсний перерозподіл навантаження між ними. Тому на основі існуючих підходів було синтезовано метод розрахунку, який ураховує відмічені особливості та містить вдосконалені способи проектування елементів збірного безбалкового перекриття.

Розроблений метод розрахунку збірного безбалкового перекриття основано на особливості розподілу навантаження на перекритті між його окремими елементами за схемою, котра однозначно визначається конструкцією з'єднання елементів: навантаження із середньої плити передається виключно на міжколонні плити, з міжколонних плит на надколонні колони, а з останніх – на колони. Така структура розподілу навантаження по перекриттю обумовлює в граничному стані його роботи розрахункові схеми окремих його елементів – збірних залізобетонних плит. Так, наприклад, середня плита розглядається як шарнірно оперта по контуруплита завантажена рівномірно розподіленим навантаженням. При цьому вздовж контуру цієї плити додатково ураховується дія опорного моменту M_{sup}, який виникає в стиках середніх плит з міжколонними плитами.Визначення граничного навантаження на збірне безбалкове перекриття запропоновано здійснювати кінематичним способом методу граничної рівноваги. Застосування цього способу розрахунку підтверджено численними теоретичними та експериментальними дослідженнями. Розроблений спосіб розрахунку дозволяє визначити руйнівне навантаження не тільки для перекриття в цілому, але й для кожної окремої з типів плит.

1. Павліков А.М., Гарькава О.В., Безрукавий Д.В. Впровадження безригельно-безкапітельної каркасної конструктивної системи в проектування будівель під доступне житло. Зб. наук. пр.. – Рівне: НУВГП, 2013, Вип. 27.
2. Pavlikov A., Harkava O., Prykhodko Yu., Baryliak B. Highly constructed precast flat slab frame structural system of buildings and research of its slabs. Proc. of the Int. fib Symp. on Concept. Design of Structures. Madrid, 2019.

Precast flat plate analysis by kinematic method

Andriy. Pavlikov, *doctor of technical sciences, head of the Department of Building Structures*
Olga. Harkava, *candidate of technical sciences,doctoral student of the Department of Building Structures*

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

Rapid restoration of the housing stock of Ukraine is currently one of the primary tasks of the construction industry. The solution of this problem is quite realistic to be carried out due to the introduction of modern structural systems into the construction technology of buildings and structures – in particular, the system based on a precast flat plate frame, improved at the "Poltava Polytechnic" [1 – 2]. When choosing a structural system, the high speed of construction of buildings comes to the fore, which can be achieved by using precast reinforced concrete structures, the installation of which, as a rule, can be implemented in the shortest possible time, regardless of weather conditions. In addition, the comfort of living conditions, the convenience of volume-planning solutions and the possibility of their variation play not the least role in the mass construction of housing for the future. All the mentioned qualitative indicators, as well as others, including: low cost of building construction and reduced labour costs, can be achieved when erecting buildings of a precast flat plate frame structural system.

The proposed system with flat floors made of precast slabs provides for their direct connection to columns without using of elements protruding from the plane of the floor, such as beams, consoles or capitals. This contributes to the efficient use of the construction volume of the building and the free choice of architectural and planning solutions. However, traditional approaches to the analysis of flat plate floor systems do not always take into account the design features of nodes connecting members and the principles of load redistribution between them. Therefore, it is necessary to synthesize an analysis method based on existing approaches, which takes into account the noted features and contains improved methods of calculation and design of members of a precast flat plate floor.

From the analysis of the work of the precast flat plate floor system, it was found that the load on the floor is distributed among its members and transferred to the column according to the scheme, which is clearly determined by the method of connecting the members. Since the middle slab of the precast flat plate floor is connected by loop joints only to the intercolumned slabs, therefore the load from it will be transferred exclusively to these slabs. In turn, the intercolumned slabs transfer the load to the overcolumned slabs; overcolumned slabs transfer the load to the columns. Such a scheme of load distribution determines the scheme of failure of the overlap into members in the limit state. Thus, each slab of the precast floor when calculating in the limit state can be considered separately, but taking into account the nature of the distribution of loads on it, the support scheme and the interaction between the slabs in the floor. Therefore, for example, the middle slab is considered as a slab hinged along the contour and loaded with a load evenly distributed over its area. At the same time, the bending moment M_{sup} acts along each linear hinge support in the limit state, which occurs in the hinge joint with the intercolumned slab. Therefore, when considering the design scheme of the slab, this moment is applied along its contour.It is proposed to determine the limit load on the slabs of the precast flat plate floor using the kinematic way of the limit equilibrium method. The possibility of applying this analysis method to reinforced concrete slabs is confirmed by numerous theoretical and experimental studies. The kinematic method of calculation allows determining the destructive load for all types of precast slabs of a flat plate floor based on the determined schemes of slab failure in the limit state. It has a clear algorithm and experimentally based physical content, which allows obtaining the desired solutions using simple analytical dependencies.

1. Pavlikov A.M., Harkava O.V., Bezrukavy D.V. Implementation of a flat plate frame structural system in the design of buildings for affordable housing. Coll. of science etc. Rivne: NUVHP, 2013, Issue 27.
2. Pavlikov A., Harkava O., Prykhodko Yu., Baryliak B. Highly constructed precast flat slab frame structural system of buildings and research of its slabs. Proc. of the Int. fib Symp. on Concept. Design of Structures. Madrid, 2019.

Приклад розрахунку залізобетонної балки посиленої зовнішньою композитною арматурою з вуглецевих волокон

Олександр Панченко*[1]*, *канд.техн.наук, доцент кафедри Залізобетонних та кам'яних конструкцій,* *http://orsid.org/0000-0003-1634-0715*
***ЮрійСобко*[2]**, *канд.техн.наук, доцент кафедри Автомобільних доріг та мостів,* *http://orcid.org/0000-0002-7710-468X*
Zeno DAN*[3]M.Sc. Eng.,Regional Business Development Manager Refurbishment Sika Europe Management AG.*

[1]*Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)*
[2]*Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)*

Мета дослідження –показати алгоритм та можливості програмного забезпечення Sika Carbo Dur Softwere на прикладі розрахунків посилення залізобетонної балки за нормальними перерізами зовнішньою композитною арматурою з вуглецевих волокон, що наклеюється.

Програмне забезпечення базується на методиках та моделях для розрахунків посилення залізобетонних елементів, які реалізовані в Єврокоді TR55 -EN1992-1-1, Американських нормах ACI 440-ACI 318, Швейцарських нормах SIA 166 - SIA 262 та ін.

Мається дві можливості для виконання розрахунків: 1. Розрахунки стиснутих та згинальних елементів за нормальними та похилими перерізами за отриманими зі статичних та динамічних розрахунків зусиллями. Алгоритм - призначаємо геометрію поперечного перерізу елементу, його армування (також є опція арматури з попереднім напруженням),визначаємося з внутрішніми зусиллями та фізико-механічними характеристиками бетону та арматури та виконуємо розрахунки. Отримуємо протокол у форматі *.pdf, в якому вказані вихідні дані, характеристики матеріалів, попередні перевірки комбінацій навантажень для посиленого та непосиленого елементів, деформації та напруження,визначені за діаграмами деформування матеріалів для 1-ї і 2-ї групи граничних станів. Також приводяться результати розрахунки вогнестійкості за методом ізотерм при 500˚С, який описаний в EN-1992-1-2 4.2 і в Додатку Б. В кінцевому результаті отримуємо схему основного армування FRP.2. Розрахунки згинальних елементів за нормальними та похилими перерізами за зовнішніми навантаженнями, які прикладаються до елементу.

Розглянемо, власне, алгоритм на прикладі розрахунку посилення залізобетонної розрізної балки на двох (рухомій та нерухомій) шарнірно обпертих опорах. Довжина розрахункового прольоту 2,9 м, площадка обпирання 100 мм. Приймаємо, що початковий напружено-деформований стан генеруватиметься автоматично в об'ємі 100% від постійного навантаження. Прикладаємо до балки рівномірно розподілене навантаження 1 кН/м в якості постійного навантаження, а також концентровану силу Р = 20 кН по середині прольоту.Приймаємо клас бетону С20/25, міцність бетону на розтяг 1,55 МПа, коефіцієнти безпеки γ_c іγ_s за EN-1991-1-1. Задаємо прямокутний поперечний переріз балки - ширина 100 мм, висота 200 мм. Призначаємо поздовжню верхню арматуру 1Ø6 A240та нижню робочу арматуру 1Ø16 A400, поперечну арматуру у вигляді хомутів Ø8 A240 з кроком 150 мм. Також приймаємо коефіцієнти безпеки за навантаженнями – за замовчуванням це комбінація Єврокоду категорія А: приватне, житлове будівництво. Виконуємо вибір системи армування FRP(з традиційним наклеюванням, з розміщенням у пазах або варіант з попереднім напруженням вуглецевих композитних стрічок)– 1 стрічка Sika Carbo Dur S626. Отримуємо результати перевірок та епюри деформацій і напружень, довжину зони анкерування стрічки, границю вогнестійкості – в даному випадку цеR60. Програмне забезпечення Sika Carbo Dur Softwere – зручний інструментдля інженерного проектування та теоретичного аналізу посилення FRP.

1. Darby, A., Clarke, J., Shave, J. D., &Ibell, T. (2012). *Design guidance for strengthening concrete structures using fibre composite materials: report of a Concrete Society Working Party.* (3rd ed.) (Technical Report; Vol. 55). The Concrete Society.

Acalculation template of reinforced concrete beam strengthenedby external composite carbon fibers materials.

Oleksandr Panchenko*[1],candidate of technical sciences, docent of the Department of Reinforced Concreteand Stone Structures,*
***Yurii.Sobko*[2]**, *candidate of technical sciences, docent of the Roads and Bridges Department*
Zeno Dan*[3]M.Sc. Eng.,Regional Business Development Manager Refurbishment Sika Europe Management AG.*

[1]*Kyiv National University of Construction and Architecture*
[2]*National University "LvivPolitechnic"*

The purpose of the study is to show the algorithm and capabilities of SikaCarboDurSoftwere on the reinforced concrete beam strengthening calculations template at normal cross-sections with external composite reinforcement made of carbon fibers that is adhered.

The software is based on methods and models for strengthening calculation of reinforced concrete elements, which are implemented in Eurocode TR55 - EN1992-1-1, American norms ACI 440-ACI 318, Swiss norms SIA 166 - SIA 262, etc.

There are two possibilities for calculations making:

Calculations of compressed and bending elements for normal and inclined sections according to forces obtained from static and dynamic calculations. Algorithm - we assign the geometry of the cross-section of the element, its reinforcement (there is also an option of reinforcement with prestressing), determine the internal forces and physical and mechanical characteristics of concrete and reinforcement, and perform calculations. We receive a protocol in *.pdf format, which indicates the initial data, material characteristics, preliminary checks of load combinations for strengthened and unstrengthed elements, strain and stresses determinedfromthestress-straincurvesfor the 1st and 2nd groups of limit states. The results of fire resistance calculations using the isotherm method at 500˚C, which is described in EN-1992-1-2 4.2 and in AnnexB, are also given. As a result, we get the scheme of the main FRP reinforcement.

2 - Calculations of flexural elements for normal and inclined sections under external loads applied to the element.

Consider, in fact, the algorithm on the calculating template the strengthening of RC simply supported beam on two (moving and stationary) hinged supports. The calculated span length is 2.9 m, the width of bearing area is 100 mm. We assume that the initial stress-strain state will be generated automatically in the volume of 100% of the dead load. We apply to the beam a uniformly distributed load of 1 kN/m as a permanent load, as well as a concentrated force P = 20 kN in the middle of the span. We accept characteristic compressive concrete strength C20/25, characteristic tensile concrete strength 1,55 MPa, strength reduction factors γc and γs according to EN-1991-1-1. We set the rectangular cross-section of the beam - width 100 mm, height 200 mm. We assign longitudinal upper reinforcement 1Ø6 A240 and lower main reinforcement 1Ø16 A400, transverse reinforcement in the form of clamps Ø8 A240 with a step of 150 mm. We also accept reduction factors for imposed loads - by default, this is a combination of Eurocode category A: private, residential areas. We select the FRP reinforcement system (simply bonded, NSM or Post-tensioned system) – 1xSikaCarboDur S626 tape. We receive the results of checking and the plot of strains and stresses, the length of the anchoring zone of the tape, the fire resistance time - in this case, it was Fire Resistance class: R60.

SikaCarboDur Software is a convenient tool for engineering design and theoretical analysis of FRP strengthening as well.

1. Darby, A., Clarke, J., Shave, J. D., &Ibell, T. (2012). *Design guidance for strengthening concrete structures using fibre composite materials: report of a Concrete Society Working Party.* (3rd ed.) (Technical Report; Vol. 55). The Concrete Society.

Робота конструкцій з використанням спеціальних арматурних систем

Максим Пономаренко, *здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Промислове і цивільне будівництво»,*https://orcid.org/0009-0009-7977-2268
Віра Колякова, *канд.техн.наук. доцент кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій,* https://orcid.org/0000-0001-6879-8520
Даніл Візіренко, *здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Промислове і цивільне будівництво»,*https://orcid.org/0009-0003-7715-1384

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Конструкції з використанням спеціальних арматурних систем мають важливе значення в будівництві. Вони забезпечують необхідну міцність і стійкість будівельних конструкцій, зменшують ризик пошкоджень внаслідок впливу зовнішніх чинників і продовжують термін експлуатації будівлі. У цій науковій роботі розглянемо основні аспекти роботи конструкцій з використанням спеціальних арматурних систем.

Спеціальні арматурні системи застосовуються для забезпечення міцності і стійкості конструкцій під час експлуатації. Вони складаються з різних елементів: стержнів, дроту,пластин і т.д.

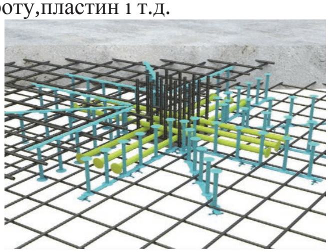


Рис.1 Схема запобігання продавлюваннюпри великих навантаженнях.

Дана схема дозволяє економічно збільшити стійкість залізобетонної плити до руйнування при зсуві при продавлюванні

До основних типів спеціальних арматурних систем відносяться:

- арматура з напруженими стержнями, яка використовується для підвищення міцності та стійкості конструкцій;
- штучно зварені сітки, які дозволяють зменшити час будівництва і покращити якість конструкцій;
- просторові арматурні системи, що складаються з стержнів та пластин, які використовуються для забезпечення міцності та стійкості конструкцій.

Застосування спеціальних арматурних систем дозволяє досягти значних переваг в будівництві. Зокрема, вони дозволяють підвищити міцність та стійкість конструкцій, зменшити вартість будівництва, забезпечити довговічність та надійність будівель.

Застосування таких систем є важливим кроком в розвитку будівництва і дозволяє покращити якість будівельних робіт, забезпечити безпеку та надійність будівель.

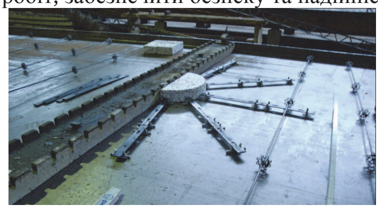


Рис. 2 – Застосування на практиці системи запобігання продавлювання.

1. Vahid Asghari, Yanyu Wang, Ava Jahan Biglari, Shu-Chien Hsu, Pingbo Tang Reinforcement Learningin Construction Engineering and Management: A Review//**Journal of Construction Engineering andManagement**Vol. 148, Issue 11 (November 2022).https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002386
2. V VAlekseenko , E A Tyukavkin, A S Kaunova Reinforcement of concrete structures with external reinforcement system with composite materials// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 751 (2021) 012060 .- p.1-10. https://doi.org/10.1088/1755-1315/751/1/012060

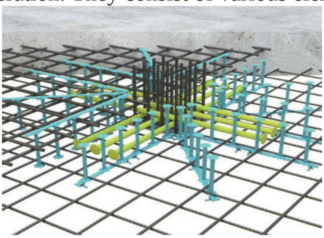
Working with special reinforcement systems in constructions.

***Maksym Ponomarenko**, Master's Student, https://orcid.org/0009-0009-7977-2268*
***Vira Koliakova,** candidate of technical Sciences, Associate Professor, Departmentof Reinforced Concrete and Stone Structures, https://orcid.org/0000-0001-6879-8520*
***Danil Vizirenko,** Bbachelor'sStudent,https://orcid.org/0009-0003-7715-1384*

Kyiv National University of Construction and Architecture.

Constructions using special reinforcement systems are of great importance in construction. They provide the necessary strength and stability of building structures, reduce the risk of damage from external factors, and prolong the service life of the building. In this scientific work, we will consider the main aspects of working with constructions using special reinforcement systems.

Special reinforcement systems are used to ensure the strength and stability of constructions during operation. They consist of various elements: rods, wire, struts, plates, etc.



Pic.1 – A scheme for preventing collapse under heavy loads.

This design allows for an economical increase in the resistance of a reinforced concrete slab to collapse during shear stresses. The main types of special reinforcement systems include:

• Tensioned rod reinforcement used to increase the strength and stability of constructions.

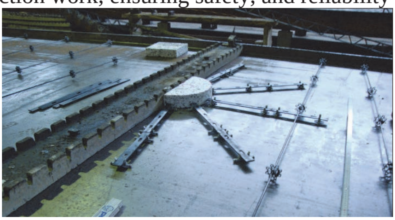
• Artificially welded grids, which allow reducing construction time and improving the quality of constructions.

• Spatial reinforcement systems consisting of rods and plates used to ensure the strength and stability of constructions.

The use of special reinforcement systems allows achieving significant advantages in construction. In particular, they allow increasing the strength and stability of constructions, reducing construction costs, and ensuring the longevity and reliability of buildings.

Conclusion

The use of such systems is an important step in the development of construction and allows improving the quality of construction work, ensuring safety, and reliability of buildings.



Pic. 2 – Practical application of the selling prevention system.

1. Vahid Asghari, Yanyu Wang, Ava Jahan Biglari, Shu-Chien Hsu, Pingbo TangReinforcementLearninginConstructionEngineeringandManagement: A Review/ /Journal ofConstruction Engineering and Management Vol. 148, Issue 11 (November 2022). https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002386
2. V. VAlekseenko , E A Tyukavkin, A S Kaunova Reinforcement of concrete structures with external reinforcement system with composite materials// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 751 (2021) 012060 .- p.1-10. https://doi.org/10.1088/1755-1315/751/1/012060

Дослідження невизначеності розрахункових моделей залізобетонних згинальних елементів

Олексій Постернак, *асистент кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій,* *https://orcid.org/0000-0002-5646-6788*
Михайло Постернак, *доцент кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій,* *https://orcid.org/0000-0003-3894-1386*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Методи обчислення будівельних конструкцій часто мають недоліки через різні фактори. Фізична модель створюється шляхом заміни фактичної конструкції каркасом зі стрижнів, пластин або об'ємних елементів, а будівельним матеріалам призначаються нереальні властивості. Цей процес відомий як фізичне моделювання. Потім на основі цієї моделі формуються рівняння внутрішніхнапружень та деформації, а отримані формули часто надмірно спрощуються. Значні матеріальні та людські втрати можуть бути результатом прорахунку конструкцій, що свідчить про неточність розрахунку та недостатній рівень надійності. Точним розрахунком можна виявити приховані резерви будівництва та зменшити збитки. Що стосується розрахункової моделі, невизначеність можна оцінити за допомогою випробувань або шляхом порівняння результатів розрахунку менш точної моделі з більш точною. Ефективним підходом до врахування цієї невизначеності є включення коефіцієнта надійності моделі, відомого як γd. Цей коефіцієнт враховує такі змінні, як непередбачуваність методу розрахунку.

При оцінці надійності моделі може бути корисним розглянути два різні фактори, які пояснюють невизначеність розрахунку, коли мова йде про вплив навантаження ($\gamma_{\cancel{sd}}$) і несучу здатність (γ_{rd}).Пропонується підвищити рівень безпеки елементу, збільшивши його резерв міцності за допомогою використання розрахункового коефіцієнта невизначеності несучої здатності, наступною формулою (1) :

$$\gamma_{rd} = \frac{\left(\gamma_n M_u^{Exp} - M_u^{Th}\right)\beta_i^{ex} + M_u^{Th}\beta_i}{\gamma_n M_u^{Exp}\beta_i}, \tag{1}$$

де γ_{Rd} – коефіцієнт невизначеності розрахункової моделі,

γ_n – коефіцієнт надійності за призначенням,

M_u^{Exp} – експериментальне значення руйнуючого згинального моменту,

M_u^{Th} – теоретичне значення руйнуючого згинального моменту,

β_i^{ex} – необхідне нормативне значення дальності відмови,

β_i – фактична дальність відмови.

Використовуючи даний підхід, була виконана перевірка розрахункові моделі підсилених залізобетонних згинальних елементів різними методами.

1. Постернак О.М., Постернак М.М. Вплив невизначеності розрахункової моделі підсилених згинальних елементів.//Збірник наукових праць «Будівельні конструкції. Теорія і практика». КНУБА Вип. 10, 2022, 158-165с.https://doi.org/10.32347/2522-4182.10.2022.158-165
2. Усаковський С.Б. Прикладные задачи теории надежност исооружений. О новой парадигме теории расчета сооружений: / *монография. –К.: КНУСА, 2014. – 56 с.*

Research of uncertainty of design models of reinforced concrete bending elements

Oleksii Posternak*, assistant of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures,* [*https://orcid.org/0000-0002-5646-6788*](https://orcid.org/0000-0002-5646-6788)
Mykhailo Posternak*, associate Professorof the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures,* [*https://orcid.org/0000-0003-3894-1386*](https://orcid.org/0000-0003-3894-1386)

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

Methods for computing building structures often have shortcomings due to various factors. A physical model is created by replacing the actual structure with a frame made of rods, plates or three-dimensional elements, and assigning unrealistic properties to the building materials. This process is known as physical modelling. Internal stress and strain equations are then generated from this model, and the resulting formulas are often overly simplified. Significant material and human losses can result from miscalculated structures, which indicates inaccurate design and insufficient reliability. Accurate calculation can reveal hidden reserves in construction and reduce losses. As for the design model, the uncertainty can be assessed through testing or by comparing the results of a less accurate model with a more accurate one. An effective approach to accounting for this uncertainty is to include a model reliability factor known as γd. This factor takes into account variables such as the unpredictability of the calculation method.

When assessing the reliability of a model, it may be useful to consider two different factors that explain the uncertainty of the calculation when it comes to the effect of the load (γ_{sd}) and the load carrying capacity (γ_{rd}). It is proposed to increase the safety level of the element by increasing its safety margin by using the design uncertainty factor for the bearing capacity, as follows (1):

$$\gamma_{rd} = \frac{\left(\gamma_n M_u^{Exp} - M_u^{Th}\right)\beta_i^{ex} + M_u^{Th}\beta_i}{\gamma_n M_u^{Exp}\beta_i}, \qquad (1)$$

де γ_{Rd} – uncertainty coefficient of the calculation model,

γ_n – coefficient of reliability for the intended purpose,

M_u^{Exp} – experimental value of the destructive bending moment,

M_u^{Th} – theoretical value of the destructive bending moment,

β_i^{ex} – required standard value of the failure range,

β_i – actual failure range.

Using this approach, the design model of reinforced concrete bending elements was verified using various methods.

1. Posternak O.M., Posternak M.M. The influence of the non-deterministic design model of the reinforced bending elements. //Collection of scientific papers "Building structures. Theory and practice". KNUBA, Issue 10, 2022, 158-165 pp. Theory and practice". KNUBA, Issue 10, 2022, 158-165 pp. https://doi.org/10.32347/2522-4182.10.2022.158-165
2. Usakovskyi S.B. Prykladnye zadach yteoryy nadezhnosty sooruzhenyi. O novoi paradyhme teoryy rascheta sooruzhenyi: / monohrafyia. –K.: KNUSA, 2014. – 56 s.

Методики розрахунку монолітних залізобетонних конструкцій з попереднім напруженням арматурних канатів

Дмитро Сморкалов, *канд.техн.наук, доцент кафедри Залізобетонних та кам'яних конструкцій, https://orcid.org/0000-0001-7890-2686*
Володимир Винокур, *здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Промислове і цивільне будівництво», https://orcid.org/0009-0002-3218-5620*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Останнім часом в Україні набуває популярності використання попередньо напружених канатів в плитах і балках монолітних залізобетонних конструкціях перекриття при великих прольотах.

Мета дослідження –провести аналіз існуючих методик розрахунків залізобетонних конструкцій з попереднім напруженням арматурних канатів, більш відомої як технологія «PostTension»

Загальний вигляд балки з попередньо-напруженими канатами наведено на рис. 1, опорна зона балки показана на рис.2, [1].

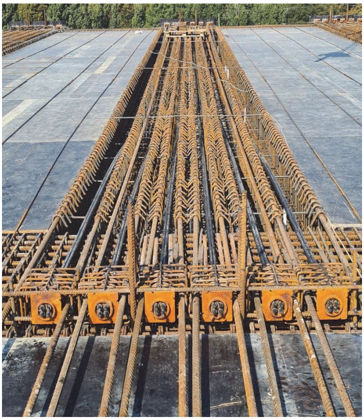


Рис. 1. Попередньо напружена монолітна залізобетонна балка в процесі будівництва (Будівництво школи в м. Києві)[1]

Рис. 2. Опорна зона попередньо напружених канатів в монолітній залізобетонній балці (Будівництво торгівельно-розважального комплексу в м. Києві) [1]

Дана технологія дозволяє суттєво збільшити прольоти конструкцій і розміри перерізів плит та балок.

Розглянуті методи розрахунків конструкцій з попереднім напруженням за допомогою канатів. Розрахунки виконувались за допомогою програмного комплексу Ліра.

1. Сморкалов Д. Монолітні залізобетонні конструкції з попередньо напруженими канатами // Збірник наук.праць «Будівельні конструкції. Теорія і практика». КНУБА.- вип.10,2022р. С. 136-142 https://doi.org/10.32347/2522-4182.10.2022.136-142
2. Журавський О.Д., Тимощук В.А. Розрахунок плоских залізобетонних плит, підсилених зовнішньою напруженою арматурою. Будівельні конструкції. Теорія і практика: зб. наук. пр. Київ, КНУБА, 2017. Вип.1.

Methods of calculation of monolithic reinforced concrete structures with post-tension ropes

Dmytro Smorkalov, *candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, https://orcid.org/0000-0001-7890-2686*
Volodymyr Vynokur*, Master's student, https://orcid.org/0009-0002-3218-5620*

Kyiv National University of Construction and Architecture

Recently, in Ukraine, the use of pre-stressed ropes in slabs and beams of monolithic reinforced concrete ceiling structures with large spans is gaining popularity.

The purpose of the study is to analyze existing methods for calculating reinforced concrete structures with prestressing of reinforcing ropes, better known as Post Tension technology

The general view of the beam with prestressed ropes is shown in Fig. 1, the support zone of the beam is shown in Fig. 2 [1].

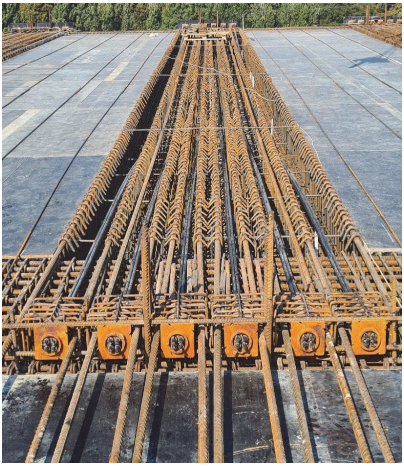


Fig. 1. Post-tensioning monolithic reinforced concrete beam during construction (School construction in Kyiv)[1]

Fig. 2. Anchoring zone of post-tensioned ropes in a monolithic reinforced concrete beam (Construction of the shopping mall in Kyiv)[1]

This technology can significantly increase the spans of structures and the size of the sections of plates and beams.

Methods of calculation of structures with prestressing using ropes are considered. The calculations were performed using the Lira software complex.

1.Smorkalov Dmytro,.Monolithic reinforced concrete structures with post-tension ropes. Building constructions. Theoryandpractice: coll. Science. Kyiv Ave., KNUBA, 2022. Issue 10. P. 136-142. https://doi.org/10.32347/2522-4182.10.2022.136-142

2. Zhuravskyi Oleksandr, Tymoschuk Vladyslav. Investigation of a flat reinforced concrete slab reinforced with external tensioned reinforcement. Building constructions. Theory and practice: coll. Science. Kyiv Ave., KNUBA, 2020. Issue 7.

Експериментальні дослідження вилучення іонів кадмію з промислових стічних вод

Олексій Терновцев, *канд.техн.наук, доцент кафедри водопостачання та водовідведення,*[*http://orcid.org/ 0000-0003-1761-2444*](http://orcid.org/0000-0003-1761-2444)
Олена Зоря, *канд.техн.наук, доцент кафедри водопостачання та водовідведення,* [*http://orcid.org/0000-0002-4878-5164*](http://orcid.org/0000-0002-4878-5164)
Вікторія Стоянова*, аспірант кафедри водопостачання та водовідведення,* [*http://orcid.org/ 0000-0003-2510-3586*](http://orcid.org/0000-0003-2510-3586)

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження –вивчення процесів сорбції катіонів кадмію феромагнітними реагентами.Для дослідження цієї мети були поставлені такі задачі: дослідити ефективність сорбції іонів кадмію феромагнітними сорбентами з модельних розчинів та промивних вод електрохімічних підприємств.Дослідження процесів вилучення іонів кадмію проводили на експериментальній установці (рис.1) в лабораторії води кафедри водопостачання та водовідведення Київського національно університету будівництва і архітектури.

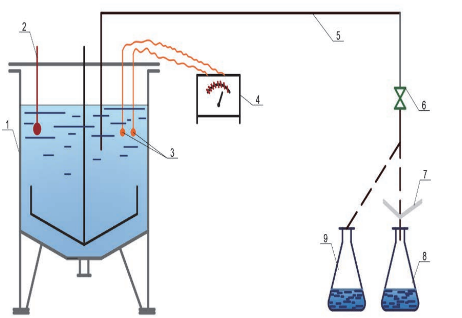


Рис.1–Схема експериментальної установки: 1-реактор з мішалкою; 2-термометр; 3-датчики рН-метра; 4-електрод; 5-поліетиленова трубка; 6-кран; 7-фільтрувальний папір; 8-колба фільтрату; 9-колба продуваємих стоків.

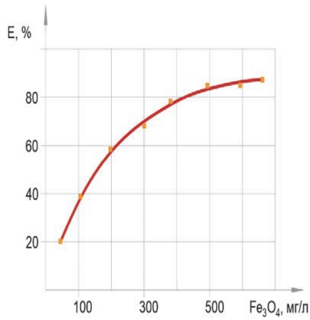


Рис.2–Залежність повноти очистки від дози магнетиту ($C_{Cd}^{2+}{}_{поч.}$ – 62 мг/л, рН=8,0, магнетит із солей заліза)

Дослідження процесу очистки стічних вод гальванічного виробництва від іонів кадмію (II) з використанням магнетиту (рис.2), отриманого із розчинів солей заліза, досягається ефект очистки 85…90% при співвідношенні Fe_3O_4: Cd^{2+} =10:1. Із отриманих залежностей видно, що ефект очистки залежить від способу і структури частинок при отримані магнетиту.

Проведені експериментальні дослідження довели високу ефективність процесу вилучення іонів кадмію феромагнітними реагентами.

1. Olena Zoria, Oleksii Ternovtsev, Yurii Kapanytsia, Dmytro Zoria. Resource-Saving Technology Of Industrial Wastewater Treatment From Nickel Compounds. 2nd international symposium of earth, energy, environmental science and sustainable development 2021, Volume 2534, Issue 1. pp.03009-1 – 030009-10.DOI:https://doi.org/10.1063/5.0106509
2.Зоря О.В., Терновцев О.В., Зоря Д.І. Очистка стічних вод промислових підприємств від сполук міді феритизацією.//Збірник наук. праць Будівельні конструкції. Теоріятапрактика. –Вип.8 - Київ, КНУБА, 2021. с.58-68. DOI: https://doi.org/10.32347/2522-4182.8.2021.58-68

Experimental research on the extraction of cadmium ions from industrial wastewater

Oleksii Ternovtsev, *candidate of technical sciences, associate professor of the department of water supply and drainage, http://orcid.org/0000-0003-1761-2444*
Olena Zoria, *candidate of technical sciences, associate professor of the department of water supply and drainage, http://orcid.org/0000-0002-4878-5164*
Viktoriia Stoianova*, postgraduate of thedepartment of water supply and drainage, http://orcid.org/0000-0003-2510-3586*

Kyiv National University of Construction and Architecture

The purpose of the research is to study the processes of sorption of cadmium cations by ferromagnetic reagents. To investigate this goal, the following tasks were set: to investigate the efficiency of sorption of cadmium ions by ferromagnetic sorbents from model solutions and washing waters of electrochemical enterprises. The study of cadmium ion extraction processes was carried out on an experimental setup (Fig. 1) in the water laboratory of the Department of Water Supply and Drainage of the Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture.

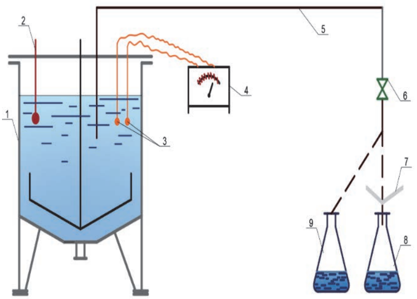


Fig.1.Scheme of the experimental setup: 1-reactor with a stirrer; 2-thermometer; 3-sensors of the pH meter;
4-electrode; 5-polyethylene tube; 6-crane; 7-filter paper; 8-flask of filtrate; 9- bulb of blown sewage.

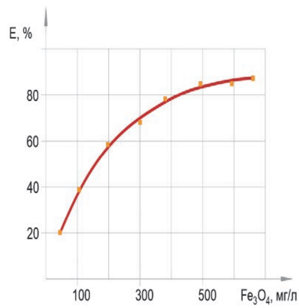


Fig.2 –Dependence of the completeness of purification on the dose of magnetite ($C_{Cd^{2+}}$ initial – 62 mg/l, pH=8.0, magnetite from iron salts)

Research on the process of purifying wastewater from galvanic production from cadmium (II) ions using magnetite (Fig. 2), obtained from solutions of iron salts, achieves a purification effect of 85...90% at a ratio of Fe3O4 : Cd2+ =10:1. It can be seen from the obtained dependences that the cleaning effect depends on the method and structure of the particles when magnetite is obtained.

The conducted experimental studies proved the high efficiency of the process of extraction of cadmium ions by ferromagnetic reagents.

1. Olena Zoria, Oleksii Ternovtsev, Yurii Kapanytsia, Dmytro Zoria. Resource-Saving Technology Of Industrial Wastewater Treatment From Nickel Compounds. 2nd international symposium of earth, energy, environmental science and sustainable development 2021, Volume 2534, Issue 1. pp.03009-1 – 030009-10.DOI:https://doi.org/10.1063/5.0106509
2. ZoriaO., Ternovtsev O., ZoriaD. Purification of wastewater of industrial enterprises from copper compounds by ferritization.//Collection of scientific papers Building constructions. Theory and practice. – Issue 8 - Kyiv, KNUCA, 2021. pp. 58-68.DOI: https://doi.org/10.32347/2522-4182.8.2021.58-68

Особливості використання методу Монте-Карло в задачах оцінювання надійності та довговічності залізобетонних конструкцій, що знаходяться в експлуатації

Роман Титаренко, *канд.техн.наук, доцент кафедри будівельних конструкцій та мостів*, https://orcid.org/0000-0002-4550-6422
Роман Хміль, *докт.техн.наук, завідувач кафедри будівельних конструкцій та мостів*,https://orcid.org/0000-0001-7578-8750

Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)

Постановка проблеми. Економічні реалії сьогодення зумовлюють значне збільшення обсягів реконструкції існуючих будівель та споруд, а також зростання актуальності проблеми оптимізації проектних рішень нових будівельних конструкцій (за рахунок максимального використання ресурсу їх несучої здатності).Серед іншого, на нашу думку, вдале вирішення таких завдань можна забезпечити об’єктивним оцінюванням надійності та довговічності як окремого елемента, так й будівлі (споруди) в цілому. Оскільки за своєю природою абсолютно всі загальновідомі параметри, які впливають на тривалість експлуатації тієї чи іншої конструкції (навантаження, міцність матеріалів тощо), є випадковими величинами (набувають різних значень у різні моменти часу), виникає необхідність побудови ймовірнісних моделей, які б описували реальну роботу нових (існуючих) конструкцій. Ключову роль при цьому відіграють вибір закону розподілу конкретної випадкової величини, що особливо важливо для композиційних матеріалів (наприклад, залізобетону), а також методу для оцінки надійності та довговічності елементів (тут варто додати, що для мінімізації похибки під час оцінювання, необхідні відповідні моніторинг за їх станом та об’єм вибірки числових даних).

Мета дослідження – огляд сучасних підходів до оцінки надійності та довговічності залізобетонних конструкцій (далі – ЗБК), базованих на застосуванні методу статистичного моделювання (методу Монте-Карло); детальний аналіз особливостей використання даного методу в задачах такого типу.

Результати.На основі порівняльного аналізу багатьох наукових праць (авторів Консіаторі, Ногейра, Пелліцер, Мельчерс, Шенгюл, МакГрегор, Еллінгвудта ін.), присвячених розробці підходів щодо оцінювання безвідмовності, залишкового ресурсу, інших складових компонентів, які формують поняття надійностіпроектованих чи існуючих ЗБК(де варіативність вхідних параметрів та результатів базувалася на моделюванні методом Монте-Карло), сформулюємо наступні особливості використаннявищезгаданого методу:

1) незначні розкидичислових даних (під час оцінювання ймовірності безвідмовної роботи ЗБК) можливо отримати за достатньо великої кількості симуляційm (як правило, для того, щоботочно оцінити ймовірністьвідмови елемента$p_f = 10^{-k}$,кількість симуляцій mмає бути більшою, ніж 10^{k+2} чи 10^{k+3});

2) при умові, що одна із функцій розподілу величин Rабо Q (несучої здатності й навантажувального ефекту відповідно) євідомою заздалегідь функцією багатьох змінних, виникає можливість застосування будь-яких законів розподілу вхідних параметрів.

Висновки.Виходячи з наведеного вище, вважаємо, що метод Монте-Карло є найбільш універсальним методом статистичного моделюванняз-поміж існуючих, і його доцільно використовувати в майбутніх дослідженнях надійності та довговічності ЗБК, що знаходяться в експлуатації.

1. Structural Reliability Handbook. (2015). Canberra: Australian Building Codes Board.39 p.
2. Tytarenko R., Khmil R., Dankevych I. (2021). Theoretical analysis of existing concepts to evaluate the non-failure of RC structures in operation. Theory and Building Practice. Vol.3, No.2, P. 1–6.
3. Tytarenko R., Khmil R., SelejdakJ., Vashkevych R. (2023). Probabilistic Durability Assessment of RC Structures in Operation: An Analytical Review of Existing Methods. Lecture Notes in Civil Engineering.Vol.290, P.408-415.

Features of use of the Monte Carlo method in the problems of assessment of the reliability and durability of reinforced concrete structures in operation

Roman Tytarenko*, candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Building Constructions and Bridges,* [*https://orcid.org/0000-0002-4550-6422*](https://orcid.org/0000-0002-4550-6422)
Roman Khmil*, doctor of technical sciences, head of the Department of Building Constructions and Bridges,* [*https://orcid.org/0000-0001-7578-8750*](https://orcid.org/0000-0001-7578-8750)

Lviv Polytechnic National University

Formulation of the problem. Today's economic realities lead to a significant increase in the amount of reconstruction of existing buildings and structures, as well as anincrease in the relevance of the problem of optimization of new building structures design solutions (due to the maximum use of the resource of their bearing capacity). Among other things, in our opinion, the successful solution of such tasks can be ensured by an objective assessment of the reliability and durability of both a separate member and the building (structure) as a whole. Since, by their very nature, absolutely all well-known parameters, that affect the duration of operation of a particular structure (load, strength of materials, etc.) are random variables (acquire different values at different moments of time), there is a need to build probabilistic models, that would describe a real work of new (existing) structures. A key role in this is played by the choice of the distribution law of a specific random variable, which is especially important for composite materials (for example, reinforced concrete), as well as the method for evaluatingthe reliability and durability of members (here it is worth adding, that in order to minimize the error in the assessment, appropriate monitoring for their state and sample volume of numerical data).

The aim of the study is to review modern approaches to assessing the reliability and durability of RC structures, based on the use of the statistical modeling method (Monte Carlo method); a detailed analysis of the features of using this method in tasks of such type.

Results.Based on a comparative analysisof many scientific works (authorsConciatori, Nogueira, Pellizzer, Melchers, Şengül, MacGregor, Ellingwood, etc.), devoted to the development of approaches to evaluating failure-free, residual resource, other constituent components, that form the concept of reliability of designedor existing RC structures (where the variability of input parameters and results was based on the Monte Carlo simulation), we formulate the following use features of the above-mentioned method:

1) slight scatters of numerical data (when assessing the probability of failure-free operation of RC structures) can be obtained with a sufficiently large number of simulations *m*(typically, to accurately assess the member failure probability of a $p_f = 10^{-k}$, the simulations number*m* should be greater than 10^{k+2} or 10^{k+3});

2) under the condition, that one of the distribution functions of values *R* or *Q* (bearing capacity and loading effect, respectively) is a known in-advancefunction of many variables, it is possible to apply any laws of distribution of input parameters.

Conclusions.Based on the above, we think, that the Monte Carlo method is the most universal method of statistical modeling among the existing ones, and it is advisable to use in future studies of the reliability and durability of RC structures in operation.

1. Structural Reliability Handbook. (2015). Canberra: Australian Building Codes Board.39 p.
2. Tytarenko R., Khmil R., Dankevych I. (2021). Theoretical analysis of existing concepts to evaluate the non-failure of RC structures in operation. Theory and Building Practice. Vol.3, No. 2, P. 1–6.
3. Tytarenko R., Khmil R., SelejdakJ., Vashkevych R. (2023). Probabilistic Durability Assessment of RC Structures in Operation: An Analytical Review of Existing Methods. Lecture Notes in Civil Engineering. Vol.290, P.408–415.

Експериментальні дослідження скляних плит з різною кількістю шарів які працюють на згин

***Bogdan. Demchyna*[1]**, *professor., Dr. hab.*, https://orcid.org/0000-0002-3498-1519
***Василина Гула*[2]**, *аспірант кафедри Будівельних конструкцій та мостів*, https://orcid.org/0000-0001-5774-966X

[1]*Państwowa Wyższa Szkoła Techniczno-Ekonomiczna im. ks, Bronisława Markiewicza w Jarosławiu, Polska*
[2]*Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)*

Мета дослідження – провести експериментальні дослідження несучої здатності та деформативності скляних плит з різною кількістю шарів скла, які оперті по чотирьох кутах та працюють на згин під дією зосередженого навантаження, прикладеного через штамп. Загальний вигляд випробувального стенду наведено на рис. 1; схему розміщення приладів наведено на рис. 2.

Рис.1 - Загальний вигляд випробувального стенду

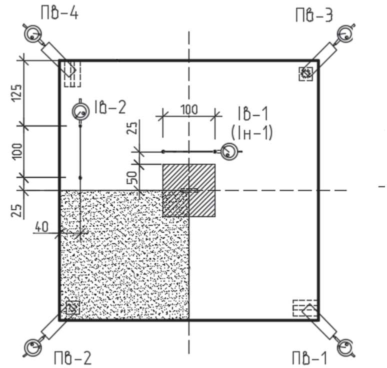


Рис.2 – Схема розміщення приладів

Експериментальні дослідження скляних плит було виконано на кафедрі Будівельних конструкцій та мостів на базі науково-дослідної лабораторії НДЛ-23 Національного університету «Львівська політехніка».

Було випробувано скляні плити з різною кількістю шарів скла, а саме: одно-, дво- та трьохшарові плити. Матеріал плит - листове флоат-скло марки М4 [1], відповідно до ДСТУ Б В.2.7-122:2009. Двохшарові і трьохшарові плити були виготовлені за допомогою технології триплексування з використанням полімерної плівки EVASAVE товщиною 0,38 мм.

Всі експериментальні випробування проводили при сталому температурно-вологісному режимі повітря в лабораторних умовах, а саме: температура повітря була в межах 23 ± 1°С, відносна вологість становила 40 ± 70%. Зразки попередньо витримували в лабораторії протягом 24 год [2]. Додатково для заміру деформацій на поверхні скляних плит використовували метод цифрової кореляції зображень КЦЗ (див. рис.2).

В результаті експерименту було визначено несучу здатність та деформативність скляних плит з різною кількістю шарів скла.

1. Hula V.O., Demchyna B.H. Methodology and results of the series p-2 glass slabs durability test. Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. 2022. № 86. P. 15–23.
2. Демчина Б.Г., Ткач Р.О. Визначення фізико-механічних властивостей скла на згин за допомогою двопараметричного розподілу Вейбулла. Будівельні конструкції. Теорія і практика: зб. наук. пр. Київ, КНУБА, 2020. Вип.6.

Experimental studies of glass plates with different number of layers working in bending

***Bogdan. Demchyna*[1]**, *professor., Dr. hab. of the Bronisław Markiewicz State Higher School of Technology and Economics in Jarosław, Poland.*
***Vasylyna. Hula*[2]**, *postgraduate of the Department of Building Constructions and Bridges.*

[1]Bronisław Markiewicz State Higher School of Technology and Economics in Jarosław, Poland
[2]Lviv polytechnic national university

The purpose of the study was to conduct experimental investigations of the bearing capacity and deformability of glass plates with different numbers of glass layers supported at four corners and working in bending under the action of a concentrated load applied through a stamp. The general view of the test bench is shown in Fig. 1; the arrangement of devices is shown in Fig. 2.

Fig.1 - General view of the test stand

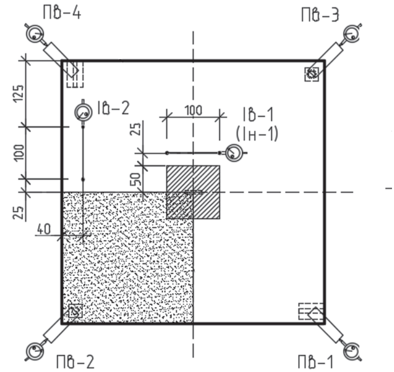


Fig.2 - Layout of test equipment

Experimental studies of glass slabs were carried out at the Department of Building Constructions and Bridges on the basis of the research laboratory SRL-23 of Lviv Polytechnic National University.

Glass slabs with different numbers of glass layers were tested, namely, one-, two-, and three-layer slabs. The material of the plates is M4 float glass [1], in accordance with DSTU B V.2.7-122:2009. The two- and three-layer boards were manufactured using triplexing technology with 0.38 mm thick EVASAVE polymer film.

All experimental tests were carried out under constant temperature and humidity conditions in the laboratory, namely: the air temperature was within 23 ± 1°C, relative humidity was 40 ± 70%. The samples were previously kept in the laboratory for 24 hours [2]. Additionally, the method of digital images correlation of DIC was used to measure deformations on the surface of glass plates (see Fig. 2).

As a result of the experiment, the bearing capacity and deformability of glass plates with different numbers of glass layers were determined.

1. Hula V.O., Demchyna B.H. Methodology and results of the series p-2 glass slabs durability test. Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. 2022. № 86. P. 15–23.
2. Demchyna B.H., Tkach R.O. Determination of the physical and mechanical properties of glass in bending using a two-parameter Weibull distribution. Building constructions. Theory and practice: coll. Science. Kyiv Ave., KNUBA, 2020. Issue 6.

Змішані пластикові відходи – важливий ресурс для будівельної галузі

Вікторія Титок, *канд. екон. наук, доцент кафедри економіки будівництва,* *https://orcid.org/0000-0002-9527-3006*
Олена Ємельянова, *канд. наук з держ. упр.,доцент кафедри організації та управління будівництвом,* *https://orcid.org/0000-0001-9831-4734*
Сергій Жеваго*, студент зПЦБ-51,* *https://orcid.org/ 0009-0001-2934-2827*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Будівництво може сприяти зменшенню пластикових відходів і переходу до моделі циркулярної економіки [1].Найпоширенішими видами пластику в будівництві є PVC (ПВХ), HDPE (ПВТ)та EPS(пінополістирен). Він використовується для таких матеріалів, як прокладки, віконні рами, двері, труби, кабелі, підлога та ізоляція.Багато пластикових матеріалів, які використовуються в будівництві, дуже міцні та довговічні. Крім того, вони доступні, їх легко створювати та доглядати за ними. Найбільшою проблемою в будівництві є розділення, повторне використання та переробка пластикових відходів[2].

Коли пластикові відходи забруднені і змішуються з, наприклад, їжею, клеями, папером, металами та іншим, перероблений матеріал вже матиме абсолютно нові якості, які відрізнятимуться залежно від сировини. У звичайній переробці це змішування давно відкинуто, оскільки воно не дозволяє відновити чисті потоки окремих типів пластику. Виходить змішаний матеріал з менш цінними якостями. Однак це не завжди так. Вже існують альтернативні технології переробки, які обробляють різні типи пластику разом з іншими домішками, що призводить до створення абсолютно нових продуктів, які можуть мати цінні якості та замінити традиційні матеріали.

Прикладом цього є виробництво компанії 2K Manufacturing(Англія), де змішаний пластик переробляється в композитні листи під назвою EcoSheet[3]. Вони коштують майже стільки ж, скільки фанера, і використовуються в багатьох цілях, таких як виготовлення рекламного обладнання та опалубки для бетону, але вони мають низку переваг - вони не розколюються, стійкі до атмосферних впливів, не гниють, не потребують захисних покриттів і мають тривалий термін служби. На відміну від фанерних плит, які часто потрапляють на сміттєзвалище, нові композитні плити переробляються в той самий матеріал, навіть якщо вони пофарбовані або забиті цвяхами.

У процесі виробництва використовується форма капсулювання, коли подрібнені пластівці змішаних пластикових відходів розподіляються окремими полімерними шарами один на одного та з'єднуються разом. Це процес спікання, тобто нанесення частинок порошку шаром і нагрівання їх трохи нижче точки плавлення для з'єднання їх з підкладкою та один з одним. Після того, як матеріал охолоне і затвердіє, він набуває механічної міцності завдяки своїй композитній структурі. Немає забруднення, а переробка пластику забезпечує замкнутий цикл. Ця технологія отримала ділові та екологічні нагороди, оскільки демонструє революційний підхід до управління пластиковими відходами та виробництва інноваційних будівельних матеріалів.

Зрештою, головна проблема у створенні будь-якого продукту з перероблених матеріалів полягає в забезпеченні якості сировини. Це вимагає зміни як технології, так і підходу – настав час почати сприймати пластик як ресурс, а не як відходи.

1.Friedrich, D. (2021). From Restorative Building to Regenerative Economy: A Model-Theoretical Analysis on Bio-based Plastics for the Construction Industry. In: Andreucci, M.B., Marvuglia, A., Baltov, M., Hansen, P. (eds) Rethinking Sustainability Towards a Regenerative Economy. FutureCity, vol 15. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-71819-0_16
2. Рециклираната пластмаса се превръщавъвважен ресурс за строителнатаиндустрия.https://industryinfo.bg/article/28242-recikliranata-plastmasa-se-prevrashta-vav-vajen-resurs-za-stroitelnata-industriia
3. 2K Manufacturing.https://www.buildingcentre.co.uk/product_finder/company/2k-manufacturing

Mixed plastic waste is an important resource for the construction industry

Viktoriya Tytok, *Ph.D., Associate Professor of the Department of Construction Economics,* *https://orcid.org/0000-0002-9527-3006*
Olena Emelianova, *Ph.D., Associate Professor of the Department of Organization and Construction Management,* *https://orcid.org/0000-0001-9831-4734*
Serhiy Zhevago, *student,* *https://orcid.org/ 0009-0001-2934-2827*

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kyiv)

Construction can contribute to the reduction of plastic waste and the transition to a circular economy model [1].

The most common types of plastic in construction are PVC, HDPE, and EPS. It is used for materials such as gaskets, window frames, doors, pipes, cables, flooring and insulation. Many plastic materials used in construction are very strong and durable. In addition, they are affordable, easy to shape and maintain. The biggest problem in construction is the separation, reuse and recycling of plastic waste [2].

When plastic waste is contaminated and mixed with, for example, food, adhesives, paper, metals and more, the recycled material will already have completely new qualities that will differ depending on the raw material. In conventional recycling, this mixing has long been discarded, as it does not allow for the recovery of clean streams of individual types of plastic. The result is a mixed material with less valuable qualities. However, this is not always the case. There are already alternative recycling technologies that process different types of plastic together with other impurities, resulting in completely new products that can have valuable qualities and replace traditional materials.

An example of this is the production of the company 2K Manufacturing (England), where mixed plastics are processed into composite sheets called EcoSheet [3]. They cost almost as much as plywood and are used for many purposes, such as making advertising equipment and formwork for concrete, but they have a number of advantages - they do not split, they are resistant to weathering, they do not rot, they do not need protective coatings and have long service life. Unlike plywood, which often ends up in landfills, new composite boards are recycled into the same material, even if they are painted or nailed.

The production process uses a form of encapsulation, where crushed flakes of mixed plastic waste are distributed in individual polymer layers on top of each other and bonded together. This is the process of sintering, that is, depositing powder particles in a layer and heating them just below their melting point to bond them to the substrate and to each other. After the material cools and hardens, it acquires mechanical strength due to its composite structure. There is no pollution and plastic recycling ensures a closed cycle. The technology has won business and environmental awards as it demonstrates a revolutionary approach to plastic waste management and the production of innovative building materials.

After all, the main problem in creating any product from recycled materials is ensuring the quality of the raw materials. This requires a change in both technology and approach – it's time to start seeing plastic as a resource, not as waste.

1. Friedrich, D. (2021). FromRestorativeBuildingtoRegenerativeEconomy: A Model-TheoreticalAnalysisonBio-basedPlasticsfortheConstructionIndustry. In: Andreucci, M.B., Marvuglia, A., Baltov, M., Hansen, P. (eds) RethinkingSustainabilityTowards a RegenerativeEconomy. FutureCity, vol 15. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-71819-0_16
2. Рециклираната пластмаса се превръщавъвважен ресурс за строителнатаиндустрия. https://industryinfo.bg/article/28242-recikliranata-plastmasa-se-prevrashta-vav-vajen-resurs-za-stroitelnata-industriia
3. 2K Manufacturing. https://www.buildingcentre.co.uk/product_finder/company/2k-manufacturing

Оцінка величини концентрації напружень при прилаштування готових підземних виробок для об'єктів Міністерства оборони

***Юсуфжон Убайдуллаєв*[1]**, *канд. техн. наук, професор кафедри військової підготовки,http://orcid.org0000-0002-0222-7423*
***Юрій Ольшевський*[2]**,*канд. техн. наук, начальник наукового відділу організації підготовки та атестації науково-педагогічних кадрів,*
http://orcid.org0000-0002-4565-357X

[1]*Національний авіаційний університет (м.Київ)*
[2]*Національний університет оборони України імені Івана Черняховського (м.Київ)*

Безпосередньому проведенню будівельних робіт із пристосування готових виробок для об'єктів Міністерства оборони передують інженерні дослідження, які мають на меті у тому числі й як уточнити накреслення щодо готових виробок і розміри їх поперечних перерізів, і так само обстежити стан готових виробок.

Мета дослідження - оцінити величини концентрації напружень у конкретних умовах розробки і створити передумови для розрахунку параметрів кріплення при прилаштування готових підземних виробок для об'єктів Міністерства оборони.

Теоретичною основою застосування математичних пружних моделей з матеріалів для моделювання статичних станів і повільних процесів у геомеханіці слугують основи математичної теорії пружності, а також положення і теореми теорії подібності, що визначають умови геометричної, кінематичної та динамічної подібності фізичних явищ.

Для вирішення поставленого завдання виводяться такі коефіцієнти подібності:

$K_E = E_н / E_м$ — коефіцієнт подібності модулів Юнга;

$K_\mu = \mu_н / \mu_м$ — коефіцієнт подібності коефіцієнтів Пуассона;

$K_l = l_н / l_м$ — коефіцієнт геометричної подібності;

$K_p = P_н / P_м$ — коефіцієнт силової подібності;

$K_\varepsilon = \varepsilon_н / \varepsilon_м$ — коефіцієнт подібності деформацій;

$K_\sigma = \sigma_н / \sigma_м$ — коефіцієнт подібності напружень;

$K_U = U_н / U_м$ — масштаб переміщень.

де індекс "н" означає натуру, індекс "м" - модель. Під час моделювання крайової задачі масштаби геометричної K_l і силової K_p подібності можуть бути вибрані довільно. Це випливає з π-теореми: кількість незалежних критеріїв подібності, що складені з розмірних значень (P, l, E, σ, U), дорівнює різниці між загальною кількістю ($N = 5$) розмірних величин і кількістю $P, l,$ які мають незалежну розмірність ($n = 2$).

Об'ємні та зовнішні сили, що діють на гірничу виробку, розкладетеся на дві складові: вертикальну і горизонтальну (бічний розпір). При цьому напруження на контурі виробки визначаються як сума напружень при дії кожного з навантажень в геометрично подібній точці.

Для проведення досліджень бралися такі типові для прийнятої системи розробки розміри перерізу гірничих виробок: ширина a = 12 м, найбільша висота перерізу h = 3,5 м, глибина розташування виробки H = 20 м. Навантаження моделей здійснюються за допомогоюрізницевої схеми, що забезпечує створення рівномірно розподіленого за контуром моделі навантаження.Результати комп'ютерного моделювання величин концентрації напружень для різних поперечних перерізів гірничих виробок дали хорошу збіжність з експериментальними.

1. Убайдуллаєв Ю.Н. Прогнозування змін технічного стану і живучостіспеціальних об'єктів./ Тез доповідей XXVIII Міжнародної науково-практичної конференції «VicroCAD-2021», 18-20 травня 2021 р.: Ч.V., Харків: НТУ "ХПІ". – с.211.

Estimation of stress concentration value during the installation of finished underground workings for the Ministry of Defense facilities

***Yusufzhon.Ubaidullayev*[1]**, *Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Military Training, http://orcid.org0000-0002-0222-7423*
***Yurii.Olshevskyi*[2],** *Candidate of Technical Sciences, Head of the Scientific Department for Organization of Training and Certification of Scientific and Pedagogical Personnel, http://orcid.org0000-0002-4565-357X*

[1]*National Aviation University (Kyiv)*
[2]*National Defense University of Ukraine named after Ivan Chernyakhovsky (Kyiv)*

The construction work to adapt the finished workings for the Ministry of Defense facilities is preceded by engineering studies aimed at, among other things, refining the drawings of the finished workings and the dimensions of their cross sections, and inspecting the condition of the finished workings.

The purpose of the study is to estimate the values of stress concentration under specific conditions of development and create prerequisites for calculating the parameters of support when installing finished underground workings for the Ministry of Defense facilities.

The theoretical basis for the use of mathematical elastic models of materials for modeling static states and slow processes in geomechanics are the basics of mathematical elasticity theory, as well as the provisions and theorems of the theory of similarity, which determine the conditions of geometric, kinematic and dynamic similarity of physical phenomena.

To solve this problem, the following similarity coefficients are derived:

$K_E = E_н / E_м$— coefficient of similarity of Young's modules;
$K_\mu = \mu_н / \mu_м$— coefficient of similarity of Poisson coefficients;
$K_l = l_н / l_м$— coefficient of geometric similarity;
$K_p = P_н / P_м$—coefficient of force similarity;
$K_\varepsilon = \varepsilon_н / \varepsilon_м$—deformation similarity coefficient;
$K_\sigma = \sigma_н / \sigma_м$—stress similarity coefficient;
$K_U = U_н / U_м$—displacement scale.

where the index "n" means nature, the index "m" means model. When modeling a boundary value problem, the scales of geometric K_i and force K_p similarity can be chosen arbitrarily. This follows from the π-theorem: the number of independent similarity criteria composed of dimensional values (P, l, E, σ, U) is equal to the difference between the total number ($N = 5$) of dimensional values and the number of P, l that have independent dimension ($n = 2$).

The volumetric and external forces acting on the mine workings are decomposed into two components: vertical and horizontal (lateral spreading). In this case, the stresses on the contour of the workings are determined as the sum of the stresses under the action of each of the loads at a geometrically similar point.

The following typical dimensions of the mine workings cross-section for the adopted mining system were taken for the research: width a = 12 m, maximum cross-sectional height h = 3.5 m, and depth of the workings location H = 20 m.The models are loaded using a difference scheme, which ensures the creation of a load evenly distributed along the model contour.

The results of computer modeling of stress concentration values for different cross-sections of mine workings showed good agreement with the experimental ones.

1. Ubaidullaev Y.N. Forecasting changes in the technical condition and survivability of special objects. / Summary of reports of the XXVIII International Scientific and Practical Conference "VicroCAD-2021", May 18-20, 2021: Ch.V., Kharkiv: NTU "KhPI". - P.211.

Верифікація числової моделі «основа – утримуючі конструкції» на основі даних геодезичного моніторингу

Людмила Бондарева, *канд.техн.наук, доцент кафедри Геотехніки,* *http://orcid.org/0000-0001-7392-814X*
Максим Хоронжевський, *аспірант кафедри Геотехніки, http://orcid.org/0000-0001-5797-7304*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження – ідентифікація параметрів основи для розрахунку огородження котловану з урахуванням стадійності зведення, на основі реальних деформацій підпірних стін.

Дослідження виконано базуючись на даних геодезичного моніторингу при будівництві багатоповерхового секційного житлового комплексу з підземним паркінгом. За проектом передбачено виконання огородження котловану шляхом комбінації укосів бортів котловану під кутом 35° та буронабивних залізобетонних паль діаметром 820 мм з кроком 1,22м та довжиною 15,6-17,6м. Гідроізоляція котловану забезпечена влаштуванням jet-паль в проміжку між залізобетонними палями до відмітки розташування водоупору (ІГЕ-13). За даними інженерно-геологічних вишукувань геологічна будова ділянки будівництва складається з нашарувань пісків, супісків, глин різної консистенції.

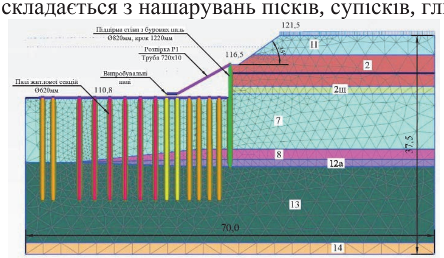


Рис.1- Розрахункова схема перерізу 1-1

Номер розрахунку	Фактори, що впливають на результати			Розрахункові деформації U_x, мм	Різниця розрах. деформ. до моніторингу, %
	Інтерфейс, R_{inter}	Гідрогеологічні умови	Тип розрахунку		
1	0,6…0,7	GF	Plastic	-302,2	88%
2	0,6…0,7	GF	Cons.	-304,2	88%
3	0,6…0,7	Ph	Plastic	-436,2	126%
4	0,6…0,7	Ph	Cons.	-464,2	135%
5	0,7…0,8	GF	Plastic	-264,4	77%
6	0,7…0,8	GF	Cons.	-266,7	77%
7	0,7…0,8	Ph	Plastic	**-361,7**	**105%**
8	0,7…0,8	Ph	Cons.	-395,0	114%
9	0,8…0,9	GF	Plastic	-243,6	71%
10	0,8…0,9	GF	Cons.	-246,5	71%
11	0,8…0,9	Ph	Plastic	-324,8	94%
12	0,8…0,9	Ph	Cons.	**-330,6**	**96%**

Рис.2- Результати виконаних розрахунків

Основний акцент роботи полягає у визначенні впливу таких факторів як: величина коефіцієнту зниження міцності R_{inter}={0,6…0,9} на межі контакту конструкції огородження та ґрунту [1]; способу задання гідрогеологічних умов та визначення фільтраційних сил, що діють під час розробки котловану; врахування процесу консолідації ґрунту [2]. Інтервали часу для розрахунку з врахуванням процесу консолідації грунту прийнято у відповідності до реального графіку зведення конструкцій.

Результати числових розрахунків виконаних при варіації досліджуваних факторів порівняно з даними спостережень, для яких горизонтальні деформації верхньої частини підпірної стіни в характерному перерізі 1-1, після останнього етапу розкопки котловану становлять 345,02мм.

Як видно з таблиці, зміна перших двох досліджуваних факторів у межах, характерних для будівельної практики, призводить до значної зміни горизонтальних деформацій підпірної стіни (від 6% до 64%), воодночас врахування консолідації ґрунту супроводжується приростом деформацій до 11%. Це пояснюється тим, що при розробці котловану відбувається розвантаження ґрунту, а консолідація глинистих ґрунтів відбувається внаслідок зміни гідрогеологічних умов. Таким чином, отримано, що врахування даних факторів має суттєве значення при розрахунках деформацій огородження котлованів.

1. Potyondy J G 1987 Skin friction between various soils and construction materials Géotechnique 37 339–53.
2.GouwDr, Tjie-Liong. (2014). Common Mistakes on the Application of Plaxis 2D in Analyzing Excavation Problems.9. 8291-8311.

Verification of the numerical model "base - retaining structures" based on geodetic monitoring data

Liudmyla Bondareva, *PhD, Associate Professor of the Geotechnical Department,*
http://orcid.org/0000-0001-7392-814X
Maksym Khoronzhevskyi, *postgraduatestudent of the Geotechnical Department,*
http://orcid.org/0000-0001-5797-7304

Kyiv National University of Constructio nand Architecture

The purpose of the research is to identify the parameters of the base for the calculation of the excavation enclosure, taking into account the stages of construction, based on the realde formations of the retaining walls.

The research was carried out based on the data of geodetic monitoring data during the construction of a multi-storey sectional residential complex with an underground parking. According to the design, the enclosure of the excavation was planned to be carried out by a combination of sloping the excavation sides at anangle of 35° and bored reinforced concrete piles with a diameter of 820 mm spacedat 1.22 m intervalsand a length of 15.6-17.6 m. The water proofing of the excavation pit is provided by the installation of jet grouting columns between the reinforced concrete piles up to the level of the water barrier (IGE-13). According to the results of engineering geological surveys, the geological structure of the construction site consists of layers of sands, loams of different consistency.

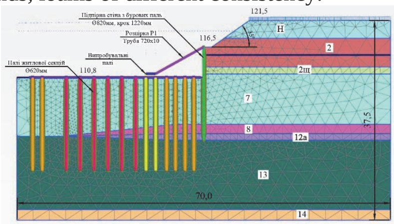


Fig.1 - Calculationschemeofthesection 1-1

Calculation number	Factors influencing the result			Calculated deformations U_x, mm	The difference in calc. deform. to monitoring, %
	Interface, R_{inter}	Water conditions	Calculation type		
1	0,6…0,7	GF	Plastic	-302,2	88%
2	0,6…0,7	GF	Cons.	-304,2	88%
3	0,6…0,7	Ph	Plastic	-436,2	126%
4	0,6…0,7	Ph	Cons.	-464,2	135%
5	0,7…0,8	GF	Plastic	-264,4	77%
6	0,7…0,8	GF	Cons.	-266,7	77%
7	0,7…0,8	Ph	Plastic	**-361,7**	**105%**
8	0,7…0,8	Ph	Cons.	-395,0	114%
9	0,8…0,9	GF	Plastic	-243,6	71%
10	0,8…0,9	GF	Cons.	-246,5	71%
11	0,8…0,9	Ph	Plastic	-324,8	94%
12	0,8…0,9	Ph	Cons.	**-330,6**	**96%**

Fig.2 - Theresultsoftheperformedcalculations

The main focus of the work is to determine the impact of such factors as: the value of the strength reduction coefficient Rinter ={0.6…0.9} at the contact boundary of the enclosure structure and the soil [1]; the method of setting hydrogeological conditions and determining filtration forces during excavation; taking into account the soil consolidation process [2]. Time intervals for calculations, taking into account the soil consolidation process, were chosen according to the real schedule of construction works.

The results of the numerical calculations performed with variations of the studied factors were compared with the observation data, where the horizontal deformations of the upper part of the retaining wall at the characteristic cross-section 1-1, after the last stage of excavation of the foundation pit, amounted to 345.02mm.

As can be seen from the table, the variation of the first two researched factors within the limits typical for construction practice leads to a significant change in the horizontal deformations of the retaining wall (from 6% to 64%), while taking into account soil consolidation is accompanied by an increase in deformations up to 11%.This is explained by the fact that during excavation, the soil is unloaded, and the consolidation of clay soils occurs as a result of changes in hydrogeological conditions. Thus, it is concluded that taking into account these factors has a significant value in calculating the deformations of foundation pitretaining structures

1.Potyondy J G 1987 Skinfriction between variouss oils and construction materials Géotechnique 37 339–53.
2. GouwDr, Tjie-Liong. (2014). Common Mistakes on the Application of Plaxis 2D inAnalyzingExcavationProblems. 9. 8291-8311..

Обстеження та оцінка технічного стану 3-х поверхової адміністративної будівлі,що була пошкоджена внаслідок ракетного удару, завданого збройними силами російської федерації

***Владислав Шеховцов*[1]** *канд .техн .наук, доц каф.залізобетонних конструкцій та транспортних споруд,* https://orcid.org/0000-0001-9499-0188
***Олег Фесенко*[2]** *канд .техн .наук, доцент кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій,* https://orcid.org/0000-0001-8154-2239
***Олексій Вородін*[3]** *директор*

[1]Одеська академія будівництва та архітектури (м. Одеса)
[2]Київський Національний університет будівництва та архітектури (м. Київ)
[3]ПП «Масштаббуд-1» (м. Одеса)

Утравні 2022 року збройними формуваннями російської федерації було здійснено ракетний удар по складським та адміністративним приміщенням, що розташовані на території ТОВ «Євротермінал» у м.Одеса.Епіцентр вибуху був в безпосередній близькості до будівлі (до 10м від зовнішньої стіни) в районі центральної частини будівлі. В результаті вибуху були пошкодженими до 50% несучих конструкцій адміністративної будівлі (конструктивне рішення будівлі – монолітний каркас).

Після вибуху будівля знаходилися в аварійному стані, існувала загроза її обвалення. Після гасіння пожежі, що виникла після вибуху, були проведені невідкладні роботи, щоб попередити обвалення пошкоджених елементів і знизити небезпеку для оточуючих.При проведенні невідкладних протиаварійних робіт частина пошкоджених несучих конструкцій була одразу демонтована.Демонтованими були частина колон,балок та сходових кліток1-го та 2-го поверху. Частково демонтованими були плити перекриття та покриття.Повністю зруйнованими були сходові клітини зі сторони місця вибуху.Огороджувальніконструкції та покриття над 3-м поверхомбули повністю відсутніми.Частина зовнішніх стін та перегородок була збережена.

При обстеженні для оцінки технічного стану фундаментної плити були виконані шурфи. При візуальному огляді в місцях шурфів, стан її був задовільний. На несучих та огороджувальних конструкціях, що вціліли, були зафіксовані дефекти та пошкодження. Фізичний знос окремих елементів (що залишилися) сягав до 80%. За результатами обстеження загальний фізичний знос вцілілих елементівстановив45%.У рамках робіт з обстеження були надані рекомендації та надані технічні рішенняз підсилення, заміни та відновлення пошкоджених елементів будівлі.

Також згідно із завданням замовника були змодельованідва варіантивідновлення будівлі із надбудовою двох повноцінних поверхів над існуючими двома. Перший варіант – усі несучі конструкції моделюються з монолітного залізобетону. Другий варіант – поверхи, що надбудовуються моделюються полегшеними – з металевих конструкцій. Перевірні розрахунки показали доцільністьпроектування новихповерхів полегшеного типу – із використанням металевого каркасу.

На даний час ведуться перемовини із замовником про розробку проектної документації щодо проведення робіт по відновленню та реконструкції будівлі.

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану».
2. ДБН В.1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. -Київ. Мінрегіонбуд України. -2009.
3. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України 28.04.2022 року №65 «Методика обстеження будівель і споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів».

Inspection and assessment of the technical condition of a 3-storey administrative building that was damaged as a result of a missile strike carried out by the armed forces of the russian federation

[1]***Vladyslav Shekhovtsov**, PhD, Associate Professor at the Department of Reinforced Concrete and traffic Structures,* https://orcid.org/0000-0001-9499-0188
[2]***Oleg Fesenko**, PhD, Associate Professor at the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures,* https://orcid.org/0000-0001-8154-2239
[3]***Oleksiy Vorodin,** CEO*

[1]Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)
[2]Odessa Academy of Civil Engineering and Architecture (Odesa),
[3]"Masshtabbud-1" Ltd. (Odesa).

In May 2022, Russian armed forces carried out a missile strike on the storage and administrative buildings located on the territory of LLC "Euroterminal" in the city of Odesa. The epicenter of the explosion was in close proximity to the building (up to 10 m from the external wall) in the central part of the building. The explosion created a crater up to 8 meters in diameter and up to 4 meters deep. Significant damage was also inflicted on the buildings located in close proximity. As a result of the explosion, up to 50% of the load-bearing structures of the administrative building were damaged (the structural design of it is a monolithic frame), the building was in a state of emergency, and there was a risk of collapse.

After extinguishing the fire that broke out after the explosion, urgent work was carried out to prevent the collapse of the damaged elements and reduce the danger to those around. During the urgent emergency work, part of the damaged load-bearing structures were immediately dismantled. Dismantled were part of the columns, beams, and stairwells on the 1st and 2nd floors. The floor slabs and roofing were partially dismantled. The stairwells on the side of the explosion were completely destroyed. The enclosing structures and the covering above the 3rd floor were completely absent.A portion of the exterior walls was preserved. Some of the internal partitions on the 1st and 2nd floors were also preserved, as was a portion of the parapet fencing on the roof and the brick walls of the staircases on the southwest facade.

During the inspection to assess the condition of the foundation plate, excavations were carried out. Upon visual examination, its condition was satisfactory. Defects and damage were identified on the surviving load-bearing and fencing structures. The physical condition of some of the remaining elements reached 80%.

As a result of the inspection, the overall physical condition of the surviving elements was 45%. As part of the inspection work, recommendations and technical solutions were provided for strengthening, replacing, and restoring damaged building elements.Also, in accordance with the customer's task, two options were modeled for restoring the building with the construction of two full-fledged floors above the existing two. The first option is to model all load-bearing structures from monolithic reinforced concrete. The second option is to model the additional floors with lightweight metal structures.

Currently, negotiations are underway with the customer regarding the development of project documentation for the restoration and reconstruction of a building.

1. DSTU-N B V.1.2-18:2016 "Guidelines for inspection of buildings and structures for determination and assessment of their technical condition".
2. DBN V.1.2-14-2018. General principles of ensuring reliability and structural safety of buildings, structures, building structures and foundations. -Kyiv. Ministry of Regional Development of Ukraine. -2009.
3. Order of the Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine dated April 28, 2022 No. 65 "Methodology for inspection of buildings and structures damaged by emergencies, military actions and terrorist acts".

Еволюція технологій збереження конструкцій на прикладі робіт Banksy в Київській області

Ганна Шпакова, *доктор. економ. наук, професор кафедри будівельних технологій,* *http://orcid.org/0000-0003-2124-0815*
Андрій Шпаков, *доктор. економ. наук, доцент кафедри менеджменту в будівництві,* *http://orcid.org/0000-0002-7498-4271*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

В листопаді 2022 року на шпальтах багатьох видань повідомлялись новини, що у звільненій Бородянці Київської області на стіні зруйнованої будівлі з'явилося графіті. Авторство робіт одразу кореспондували до знаменитого андеграундного художника *Banksy*, яке він частково підтвердив, публікуючи частину світлин в своєму Instagram. Роботи художника, який працює переважно в стилі шаблонного графіті, вважаються витворами мистецтва й оцінюються дуже дорого. Коли в деяких містах вирішують їх зафарбувати, це викликає обурення та звинувачення міської влади у вандалізмі. Українська влада, як центральна, так і місцеві, однозначно взяли курс на збереження графіті. На сьогодні відомо орієнтовно про сім робіт, одна з яких є найбільш ідейно значущою для українців – «Дзюдоїсти» (рис. 1), створена на стіні зруйнованої котельної дитячого садочка «Буратіно» (вул. Центральна, 427).

Ґрунтова основа твору представляє собою фарбувальну (вапняну) суміш для використання у внутрішніх приміщеннях (стіна – внутрішня), її фізико-хімічні властивості не відповідають вимогам нормальної експлуатації в кліматичних умовах України як для зовнішніх конструкцій. Тому з початком зимового періоду питання збереження муралу стало дуже гостро. Для уникнення прямого зволоження конструкцій цегляної стіни та вапняної основи графіті було зведено металевий каркас для навісу з профільованого металу (рис. 2), а згодом з метою мінімізації впливу вологості повітря та забезпечення умов антивандальної охорони встановлено прозору латексну огорожу (рис. 3), яка не перешкоджає демонстрації твору [1].

Рис. 1. Графіті на стіні зруйнованої котельної в м. Бородянка станом на 11.11.2022. (*Фото Ed Ram*)

Рис. 2. Захисний навіс станом на 14.02.2023. (*Фото Колякової В.М.*)

Рис. 3. Захисна альтанка станом на 23.02.2023. (*Фото Oleksandr Savytsky*)

З настанням весняно-літнього періоду також слід очікувати різких негативних наслідків, пов'язаних з агресивними рясними опадами у вигляді дощів, ймовірно різкого підвищення температури повітря та високого рівня УФ-випромінювання. Слід зауважити, що в даному випадку відмовились від технологій збереження захисним екраном, як це виконано для деяких інших творів митця, оскільки до руйнування схильна вся частина конструкції стіни, а тому вимагає комплексної консервації [2]. Проте виконані заходи не є достатніми та остаточними. Для повноцінного функціонування муралу, як об'єкта туристичної принади міста, потрібне формування простору навколо в єдиному ідейному задумі. А це час і кошти. Тому вже зараз потрібно прийняти заходи для якісного збереження арт-об'єкта, який є центральним ідейним експонатом майбутньої локації.

1. Шпакова Г.В., Тонкачеєв Г.М. та інш. Технологія відновлення кам'яної кладки. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. Київ, КНУБА, 2020. Вип. 43.
2. Шпакова Г. В., Кургуз Ю.В. Технологія інноваційного захисту конструкцій. International Scientific-Practical Conference of young scientists «Build-Master-Class-2020». Kyiv, Ukraine, 2020.

The evolution of structural preservation technologies on the example of Banksy's work in the Kyiv region

Anna Shpakova, *Doctor (Econ.), Professor of the Department of Building Technologies, http://orcid.org/0000-0003-2124-0815*
Andrey Shpakov *Doctor (Econ.), Associate Professor, Department of Management in Construction, http://orcid.org/0000-0002-7498-4271*

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kyiv)

In November 2022, many publications reported that in the liberated Borodyanka, Kyiv region, graffiti appeared on the wall of a destroyed building. The authorship of the works was immediately attributed to the famous underground artist Banksy, which he partially confirmed by posting some of the photos on his Instagram. The works of an artist who works primarily in the style of patterned graffiti are considered works of art and are highly valued. When in some cities they decide to paint them over, this causes indignation and accusations of city authorities of vandalism. The Ukrainian authorities, both central and local, have unequivocally set a course for the preservation of graffiti. Today, approximately seven works are known, one of which is the most ideologically significant for Ukrainians – "Judoists" (Fig. 1), created on the wall of the destroyed boiler room of the kindergarten "Pinocchio" (Tsentralnaya street, 427).

The ground base of the work is a paint (lime) mixture for use in interior spaces (wall - internal), its physical and chemical properties do not meet the requirements of normal operation in the climatic conditions of Ukraine as for external structures. Therefore, with the beginning of the winter period, the issue of preserving the mural became very acute. In order to avoid direct wetting of the structures of the brick wall and the graffiti limestone base, a metal frame was erected for a canopy made of profiled metal (Fig. 2), and subsequently, in order to minimize the effect of air humidity and ensure anti-vandal protection conditions, a transparent latex fence was installed (Fig. 3), which does not prevent the demonstration of the work [1].

Fig. 1. Graffiti on the wall of the destroyed boiler house in Borodianka as of 11.11.2022. *(Photo by Ed Ram*)

Fig. 2. Protective canopy as of 14.02.2023. (*Photo by V. Kolyakova*)

Fig. 3. Protective gazebo on 02.23.2023. (*Photo by Oleksandr Savytsky*)

With the onset of the spring-summer period, one should expect sharp negative consequences associated with abundant aggressive precipitation in the form of rains, a sharp increase in air temperature and a high level of UV radiation are likely. It should be noted that in this case, the technologies of preserving the protective screen were abandoned, as was done for other works of the artist, since the entire remaining part of the wall is subject to destruction, and therefore complex conservation is required [2]. However, the measures taken are not sufficient and not final. For the full functioning of the mural as an object of tourist attraction of the city, it is necessary to form the space around in a single ideological concept. And that's time and money. Therefore, now it is necessary to take measures for the qualitative preservation of the art object, which is the central ideological exhibit of the future location.

1. Shpakova H.V., Tonkacheiev H.M. ta insh. Tekhnolohiia vidnovlennia kamianoi kladky. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn: zb. nauk. prats. Kyiv, KNUBA, 2020. Vyp. 43.
2. Shpakova H. V., Kurhuz Yu.V. Tekhnolohiia innovatsiinoho zakhystu konstruktsii. International Scientific-Practical Conference of young scientists «Build-Master-Class-2020». Kyiv, Ukraine, 2020.

Види армування залізобетонних конструкцій за технологією 3D-друку

Артем Сопільняк, *канд.техн.наук, доцент кафедри Залізобетонних і кам'яних конструкцій,* *https://orcid.org/0000-0002-3067-0529*
Кирило Сіренок, *аспірант кафедри Залізобетонних і кам'яних конструкцій,* *https://orcid.org/0000-0003-1231-2338*
Світлана Середа, *старший викладач кафедри Нарисної геометрії та графіки,* *https://orcid.org/0000-0002-9989-2613*

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури (м.Дніпро)

Під час швидкого розвитку технологій 3D-друку, дослідження та вдосконалення матеріалів та обладнання недостатньо уваги було приділено елементам посилення бетонних конструкцій.Запропоновані стратегії армування повинні мати можливість забезпечити достатню кількість армування для виконання всіх вимог структурної цілісності, пов'язаних з несучою здатністю, а також поведінкою при експлуатації.

Укладання арматурних стрижнів є найпоширенішим способом армування екструдованих конструкцій, вониможуть бути додані як під час, так і після процесу друку або зовні або всередині надрукованого елемента.Також можливо використання попередньо напружених стержнів.

Наступний підхід до армування екструдованих конструкцій – додавання фіброволокон в бетон. Але обмежені технічними особливостями друкуючого обладнання розміри волокон, їх розосередженість та розорієнтованість у матриці вносить велику невизначеність на етапі проектування та розрахунків конструкцій.Для вирішення наведених обмежень існує підхід до армування, при якому волокна можна розміщувати окремо від бетону. Відразу після кожного бетонного шару робот-укладач додає волокна в потрібній орієнтації та в потрібній кількості поверх існуючого шару, після чого вони покриваються наступним шаром бетону.Цей процес дозволяє вирівнювати волокна в напрямку розтягуючихнапруг, що виникають, і регулювати дозування волокна відповідно до структурних вимог[1].

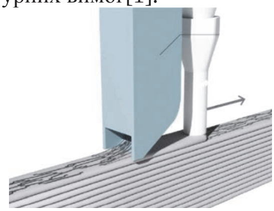


Рис.1 Схема армування конструкцій фіброволокнами при окремому укладанні фібри та бетону

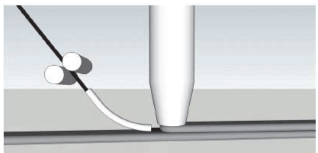


Рис.2 Схема армування конструкцій з використанням тонкого армуючого дроту

Найбільший потенціал має підхід до армування друкованих конструкцій у якому відбувається додавання тонкого армуючого троса під час друку, який легко згинається та адаптується практично до будь-якої траєкторії друку. Дослідження з використанням високоміцного гладкого сталевого дроту або імпрегнованих вуглецевих ниток демонструють багатообіцяючі структурні властивості у напрямку друку[2].

Таким чином, важливо розвивати нові методи армування та оптимізувати вже існуючі для підвищення якості та безпеки конструкцій та для покращення продуктивності технології 3D друку в цілому.

1. Ahmed ZY, Bos FP, van Brunschot MCAJ, Salet TAM. On-demand additive manufacturing of functionally graded concrete. Virtual PhysPrototyp 2020;15: 194–210. https://doi.org/10.1080/17452759.2019.1709009.
2. Mechtcherine V, Michel A, Liebscher M, Schmeier T. Extrusion-based additive manufacturing with carbon reinforced concrete: concept and feasibility study. Materials 2020;13:2568.

Types of reinforcement of concrete structures with 3D printing technology

Artem.Sopilnyak, *PhD, Assoc. Prof. of the Dep. of Reinforced Concrete and Masonry Structures, https://orcid.org/0000-0002-3067-0529*

Kyrylo.Sirenok*, postgraduate student of the Dep. of Reinforced Concrete and Masonry Structures, https://orcid.org/0000-0003-1231-2338*

Svitlana.Sereda,*senior teacher of the Dep. of Descriptive Geometry and Graphics, https://orcid.org/0000-0002-9989-2613*

Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture (Dnipro)

During the rapid development of 3D printing technologies, research and improvement of materials and equipment, not enough attention was paid to the strengthening elements of concrete structures. Proposed reinforcement strategies should be able to provide sufficient reinforcement to meet all structural integrity requirements related to load-bearing capacity as well as in-service behavior.

Stacking reinforcing bars is the most common method of reinforcing extruded structures, they can be added either during or after the printing process, either outside or inside the printed element. It is also possible to use prestressed rods.

The next approach to reinforcing extruded structures is the addition of fiberglass to concrete. But the size of the fibers, limited by the technical features of the printing equipment, their dispersion and disorientation in the matrix cause uncertainty at the stage of designing and calculating structures. To address these limitations, there is an approach to reinforcement where the fibers can be placed separately from the concrete. Immediately after each concrete layer, the robot layer adds fibers in the right orientation and in the right amount on top of the existing layer, after which they are covered with the next layer of concrete. This process allows the fibers to be aligned in the direction of the resulting tensile stresses and to adjust the fiber dosage according to structural requirements [1].

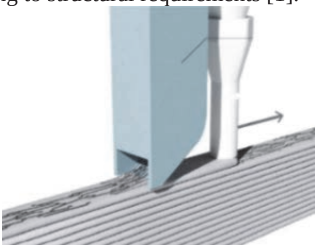


Fig. 1 Reinforcement of the structure with fiberglass with separate laying of fiber and concrete

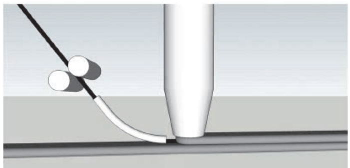


Fig. 2 Reinforcement of structures with thin reinforcing wire

The most potential is an approach to reinforcing printed structures with a thin reinforcing cable added during printing, which is easily bent and adapted to almost any printing trajectory. Studies using high strength smooth steel wire or impregnated carbon filaments show promising structural properties in printing [2].

Thus, it is important to develop new reinforcement methods and optimize existing ones to improve the quality and safety of structures and to improve the performance of 3D printing technology as a whole.

1. Ahmed ZY, Bos FP, van Brunschot MCAJ, Salet TAM. On-demand additive manufacturing of functionally graded concrete. Virtual PhysPrototyp 2020;15: 194–210. https://doi.org/10.1080/17452759.2019.1709009.
2. Mechtcherine V, Michel A, Liebscher M, Schmeier T. Extrusion-based additive manufacturing with carbon reinforced concrete: concept and feasibility study. Materials 2020;13:2568.

Конструктивні особливості внутрішньо-квартирних укриттів

Анастасія Думич, *здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Промислове і цивільне будівництво»,* *http://orcid.org/0009-0006-6784-1172*

Віра Колякова*, канд.техн.наук., доцент кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій,* *http://orcid.org/0000-0001-6879-8520*

Дмитро Третяк, *здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Промислове і цивільне будівництво»,* *http://orcid.org/0009-0008-9652-8251*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

У зв'язку з повномасштабним вторгненням росії в Україну, при будівництві житлових будівель, постало питання впровадження внутрішньо-квартирних укриттів. Дана практика вже використовується у світі. Наприклад, Держава Ізраїль у цьому питанні є лідером. В останні роки при проєктуванні та в подальшому будівництві, вони враховують розміщення в будівлі кімнат-укриттів, обов'язкова умова, такі кімнати проєктують єдиним стояком від фундаменту (рис.1).

Рис.1 Розташування укриття по єдиному стояку

Рис.2 Захисні сталеві віконниці

Причини для створення кімнат-укриття: короткий час прильоту ракет; мешкання цивільних неподалік небезпечних зон; для мешканців верхніх поверхів, через велику відстань до підземного укриття. Такі укриття зводять з підсиленням бетонних стін, сталевих вікон, броньованих сталевих дверей та окремих вентиляційних каналів. У мирний час його використовують, як звичайну кімнату.

В світовій практиці використання квартирних укриттів існує 2 типи:

- кімната, яка захищає від небезпек хоча б однією підсиленою стіною та має вікно, що закривається сталевою зсувною віконницею (рис. 2);

- кімната знаходиться в середині квартири та захищена двома стінами з усіх боків.

За вимогами іноземних норм [3], кімнати-укриття повинні бути: площею – не менше 9м^2, висотою – 2,5м, товщина стін – 0,25-0,3м, вікна розташовують від підлоги на висоті 1,5м.

В Україні, у Львові, міською владою були затверджені нові принципи проєктування та будівництва нових житлових будівель, з урахуванням наявності внутрішньо-квартирних укриттів. За основу взяли дослідження та досвід Держави Ізраїль, беручи до уваги сейсмічні умови наших регіонів та будівельні норми нашої країни. ДБН [2] рекомендує, для виготовлення бетонних та залізобетонних конструкцій захисних споруд використовувати важкий бетон класу не нижче С12/15, а для колон і ригелів – не нижче С20/25. Бетонні блоки для стін проектувати з бетону класу не нижче С8/10. Розчин для мурування стін збірних елементів залізобетонних конструкцій приймають не нижче С8/10. Арматуру для укриттів – А400С, А500С [2]. Укриття (внутрішньо-квартирні) служать для захисту від ударної хвилі, уламків ракет або хімічної загрози, але від прямого попадання снаряду в будинок – не захищає.

1. ДБН В.2.2-5-97 Будинки та споруди. Захисні споруди цивільного захисту.- Київ. Держкоммістобудування України. – 1998. – 82с.
2. ДБН В.2.2-5-97 Будинки і споруди. Захисні споруди цивільного захисту. Зміна № 3 – Київ. Мінрегіон України. – 2018. – 34с.
3. Вказівки при проектуванні захищеного простору за Нормами Захисту Тилу // (Итай Луйтэн, Аркадій Колодкін, Еран Карпель). – Star Engineers Ltd, Відділ проектування та захисту, 2020. 96 с.

Design specifications of intra-apartment shelters

Anastasiia Dumych, *Master's student,* *http://orcid.org/0009-0006-6784-1172*
Vira Koliakova, *Candidate in Technical Sciences., Associate Professor of the Department of Reinforced concrete and stone structures,* *http://orcid.org/0000-0001-6879-8520*
Dmytro Tretiak, *Bachelor's Student,* *http://orcid.org/0009-0008-9652-8251*

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

In connection with the full-scale invasion of russia in Ukraine, the significance of introduction of the intra-apartment shelters during the construction process of residential buildings arose. This practice is already used worldwide. For example, the State of Israel takes leading positions in this matter. For years now, it has been mandatory to include the placement of shelter rooms on a single riser in the building's foundation during the design process and subsequent construction. (Fig. 1).

Fig.1 Location of shelter on a single riser Fig.2 Protective steel shutters

Reasons for creating shelter rooms: short time of missile arrival; location of the civilian residences near hazardous areas; the large distance to the underground shelter for residents of the upper floors.

Such shelters are constructed with reinforced concrete walls, steel windows, armored steel doors and separate ventilation ducts. In peacetime, they are used as a regular room.

There are two types of apartment shelters commonly used in the world:

- A room that provides protection against dangers with at least one reinforced wall and a window that is closed by a steel sliding shutter (see Figure 2).
- A room located in the middle of the apartment and protected by two walls on all sides.

According to the requirements of foreign building codes [3], rooms and shelters must comply with the following demands: at least 9 m^2 area of, 2,5 m height, 0.25-0.3 m wall thickness, windows located at a height of 1.5 m from the floor.

In Lviv, Ukraine, the city authorities approved new principles for the design and construction of new residential buildings, having considered the availability of intra-apartment shelters. The decision was based on the research and the experience of the State of Israel, factoring in the seismic conditions of our regions and the building codes of our country. According to DBN [2], heavy concrete of class no lower than C12/15 should be used for manufacturing concrete and reinforced concrete units of protective structures, while columns and crossbars should be made of concrete no lower than C20/25. Concrete blocks for walls should be designed using concrete no lower than C8/10. The mortar for masonry walls in precast concrete structures should not be lower than C8/10. For shelters, A400C or A500C grade reinforcement bars should be used [2]

The intra-apartment shelters serve to protect from a shock wave, missile debris or chemical threat, but they do not protect against a direct hit of a projectile into the house.

1. DBN V.2.2-5-97 Budynky ta sporudy. Zakhysni sporudy tsyvilnoho zakhystu.- Kyiv. Derzhkommistobuduvannia Ukrainy. – 1998. – 82s.
2. DBN V.2.2-5-97 Budynky i sporudy. Zakhysni sporudy tsyvilnoho zakhystu. Zmina № 3 – Kyiv. Minrehion Ukrainy. – 2018. – 34s.
3. Vkazivky pry proektuvanni zakhyshchenoho prostoru za Normamy Zakhystu Tylu // (Ytai Luitən, Arkadii Kolodkin, Eran Karpel). – Star Engineers Ltd, Viddil proektuvannia ta zakhystu, 2020. 96 s.

Seismic disign of buildings and structuries in compex relief conditions -the case study

Johni Gigineishvili*, Candidate of Technical Sciences Doctor of Engineering, ProfessorGeorgian Technical University, https://orcid.org/0009-0007-6087-7743*
Igor Timchenko, *eng*

Progresi' Ltd. Engineering Center, Tbilisi, Georgia,

In the paper the design methodology is proposed for adjustment of the topography effect on seismic input parameters for design of buildings. The lack of code requirements and experimental data regarding this issue determine the importance of the problem especially for countries with complex terrain like Georgia.

In order to evaluate the influence of topography and to adjust the input seismic parameters a numerical methodology has been used including the following principle components: calculation of site-specific seismic response of the construction site at foundation level of a structure considering the real topography and geological conditions (time history analyses); the numerical analyses of a structure using the site-specific input data; evaluation of stability of construction area in static and dynamic conditions and considered loads from the structure [1-6]. The numerical investigations were carried out based on detailed computer modeling using software GeoStudio and LIRA-SAPR [7]. The accelerograms at baserock level recorded in Georgia and in Japan (K-NET network) were used as input data for calculation of time history response and response spectra in key points and for the construction of site-specific design response spectrum curve.

The quantitative results are presented– seismic soil response, relief amplification factor sometimes more significant than specified in seismic codes. It was concluded that the effect of complex terrain including its geometry, soil conditions should be considered in seismic design and the related requirements should be developed and included in seismic code.

Conclusions:

1. In our opinion, design regulations for construction in complex terrain conditions should be updated regarding the topography factor account methodology and the related typical problems of slope stability issues – in static and dynamic conditions.
2. The soil seismic response amplification on a construction site located on a complex terrain depends not only on the geometric characteristics of terrain but more significantly on soil parameters of a slope under the building foundation that should be considered in design.
3. The slope stability assessment should be preferably performed in time domain (that guives more reliable results than the limit equilibrium methods) and it is an important part of design including the influence on neighbour buildings that is also a typical problem raised in conditions of a dense built environment.

1. EN 1998-5: 2004/ Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects. Annex A.
2.NTC (2008). NormeTecniche per le costruzioni. D. M. 14/01/2008 by the Ministry of Public Works of Italy. G.U. 04/02/2008.
3.NF P 06-013. Earthquake resistant construction rules - earthquake resistant rules applicable to buildings, called PS 92.
4.PN 01.01-09 Earthquake resistant construction. Norms and rules, 2009, 167 pp.
5.Gallipoli, M. R., Bianca, M., Mucciarelli, M. et al. (2013): Topographic versus stratigraphic amplification: mismatch between code provisions and observations during the L'Aquila (Italy 2009) sequence. □ Bulletin of Earthquake Engineering, 11, 5, 1325□1336.
6.Dynamic Modeling With QUAKE/W An Engineering Methodology October 2014 Edition GEO-SLOPE International Ltd., 2014.

Щодо питання матеріаломісткості плит перекриття каркасно-монолітних будинків

Людмила Афанасьєва, *канд.техн.наук,доцент кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій,* *http//orcid.org/0000-0001-6237-2609*
Олександр Невах, *магістр,* *http//orcid.org/0009-0006-9042-2953*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м.Київ)

Досвід експлуатації каркасно-монолітних будинків свідчить, що плити перекриття є найбільш матеріаломістким елементом каркасу.При цьому витрати бетону становлять понад 30,0% від загального об'єму бетону будівлі.Тому проблема зниження маси перекриття є актуальною.

Вирішення зазначеної задачі здійснювалось на підставі аналізу проектних даних офісного центру в м.Львів. Параметри напружено-деформованого стану дослідних плит отримані за результатами чисельних досліджень їх роботи у складі каркасу будівлівідповідно до нормативних вимог [1].Розрахункова просторова модель будівлі розроблена з використанням ПК ЛІРА САПР.Результати розрахунку дослідних моделей будівлі з плитами полегшеними та базовими - відповідно 220 і 250мм наведені в табл.1.

Таблиця 1

№п/п	Показники	Товщина плити перекриття t	
		t=220мм	t=250мм
1.	Витрати бетону, м^3	352,0	400,0
2.	Власна вага, т	968,0	1100,0
3.	Прогин плити, мм	47,0	30,7
4.	Згинальний момент M_x, кНм	15,7	15,9
5.	Згинальний момент M_y, кНм	15,0	14,8
6.	Прогин будівлі, мм	95,0	82,0

Порівняльний аналіз даних табл.1 свідчить, що в полегшених плитах витрати бетону до12,0% менше, ніж в базовому варіанті. Прогини дослідних плит, розміри яких відповідають архітектурно-планувальному рішенню будівлі центру,не перевищують допустиму величину прогинів fu = 56 мм,що регламентована ДБН [1]. При цьому в полегшених плитах величина прогинів до 35,0% перевищує прогини в плитах базового варіанта (див.табл.1).

Слід зазначити, що зменшення товщини плити викликає збільшення зони з додатковою концентрацією стискаючих напружень в місцях спирання плит на вертикальні елементи [2].Зазначена зона стикового сполучення плити потребує додаткового армування з метою забезпечення міцності на продавлювання. Таким чином, використання полегшених плит в практиці будівництва потребує додаткових досліджень щодо виключення можливого продавлювання в опорних зонах плити, а також визначення деформативності останньої, враховуючи габарити стосовно конкретної конфігурації в плані.

1. ДБН В.2.6 98:2009.Конструкції будинків і споруд.Бетонні та залізобетонні конструкції.Основні положення проектування.- Мінрегіонбуд України. Київ, 2011,-71с.-*чинний з 01.06.2011.*
2. Афанасьєва Л.В. «Особливості армування вузлових з'єднань монолітних плит перекриття з вертикальними елементами» Збірник праць XVI Міжнародної наукової конференції, Ізраїль,Нетанія,2021, с.74-77

Regarding the issue of material capacity of floor slabs of frame-monolithic buildings

***Lyudmila Afanasyeva**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, http//orcid.org/0000-0001-6237-2609*
***OleksandrNevakh**, M.Sc, http//orcid.org/0009-0006-9042-2953*

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

The experience of operating frame-monolithic buildings shows that floor slabs are the most material-intensive element of the frame. At the same time, the consumption of concrete is more than 30.0% of the total volume of concrete in the building. Therefore, the problem of reducing the mass of the ceiling is actual.

The solution of the specified task was carried out on the basis of the analysis of project data of the office center in Lviv. The parameters of the stress-strain state of the experimental slabs were obtained based on the results of numerical studies of their operation as part of the building frame in accordance with regulatory requirements [1]. The calculated spatial model of the building was developed using PC LIRA CAD. The results of the calculation of experimental models of the building with lightweight and basic slabs - 220 and 250 mm, respectively, are shown in Table 1.

Table 1.

№ n/o	Indicators	The thickness of the floor slab t	
		t = 220mm	t = 250mm
1.	Consumption of concrete, m3	352,0	400,0
2.	Own weight, i.e	968,0	1100,0
3.	Slab deflection, mm	47,0	30,7
4.	Bending moment Mx, kNm	15,7	15,9
5.	Bending moment Mu, kNm	15,0	14,8
6.	Deflection of the building, mm	95,0	82,0

A comparative analysis of the data in Table 1 shows that in lightweight slabs, concrete consumption is up to 12.0% less than in the basic version. The deflections of the test plates, the dimensions of which correspond to the architectural and planning decision of the building of the center, do not exceed the permissible value of deflections f_u = 56 mm, which is regulated by the DBN [1]. At the same time, in lightweight slabs, the value of deflections is up to 35.0% higher than deflections in slabs of the basic version (see Table 1).

It should be noted that a decrease in the thickness of the plate causes an increase in the zone with an additional concentration of compressive stresses in places where the plates rest on vertical elements [2]. The indicated zone of the butt joint of the slab needs additional reinforcement in order to ensure compressive strength. Thus, the use of lightweight slabs in construction practice requires additional research to rule out possible compression in the support zones of the slab, as well as to determine the deformability of the latter, taking into account the dimensions in relation to the specific configuration in the plan.

1. DBN V.2.6 98:2009. Structures of buildings and structures. Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions of design. - Ministry of Regional Construction of Ukraine. Kyiv, 2011, 71 pages, valid from June 1, 2011.
2. Afanasyeva L.V. "Peculiarities of reinforcement of nodal connections of monolithic floor slabs with vertical elements" Proceedings of the XVI International Scientific Conference, Israel, Netanya, 2021, p. 74-77

Відповідність стінових систем Knauf AQUAPANEL® мінімальним вимогам до приведеного опору теплопередачі

Дар'я Хохрякова*[1]*, *канд.техн.наук, доцент кафедри будівельних технологій,* *http://orcid.org/0000-0002-9257-5703*
Галина Шамріна*[2]*, *канд.техн.наук, доцент кафедри будівельних конструкцій, будівель і споруд,* *http://orcid.org/0000-0001-5422-9562*

[1]*Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)*
[2]*Донбаська національна академія будівництва і архітектури (м. Краматорськ)*

Нові полегшені системи зовнішніх стін Knauf AQUAPANEL® гнучкі та адаптивні і містять вражаючий діапазон проєктних рішень. Однак ці конструктивні рішення зовнішніх стін розроблені для усереднених кліматичних умов країн Євросоюзу [1, 2] і тому мають бути перевірені при проєктуванні будівель на відповідність оновленим нормативним вимогам України щодо забезпечення теплової надійності конструкції.

Автори мали на меті визначення області раціонального застосування стінових систем Knauf AQUAPANEL®, які є досить складними термічно неоднорідними конструкціями, в якості зовнішніх огороджень будівель в кліматичних умовах України.

Досліджено стінові системи з дворядним розташуванням (WM411C.1, WM411C.2, WM411C.3, WM412C.1) і з однорядним розташуванням (WM111C.1, WM111C.2) стоякових профілів у будівлях з відповідними об'ємно-планувальними рішеннями [3].

Розглянуто п'ять варіантів планувальних схем житлових і громадських будівель, у т.ч. прибудови і розширення поверхів. Дослідження ґрунтувалися на європейському досвіді застосування систем зовнішніх стін Knauf AQUAPANEL® і наявних їх теплотехнічних характеристик: коефіцієнта теплопередачі U_W, Вт/м^2·К тільки для глухих ділянок стін з кроком стоякових профілів 600 мм і лінійного коефіцієнта теплопередачі $\Psi_{\text{-value}}$, Вт/(м·К) тільки для примикання перекриття до зовнішньої стіни виконаної навісним методом або з частковим її обпиранням на залізобетонну плиту.

Результати розрахунків встановили, що вплив теплового моста в місці примикання залізобетонної плити перекриття є суттєвим. Враховуючи, що з 2022 року нормами підвищено вимоги до мінімально допустимих значень приведеного опору теплопередачі R_{qmin}, м^2·К/Вт, зовнішніх стінових огороджувальних конструкції житлових та громадських будівель, тільки системи з дворядним розташуванням стояків WM411C.3 і WM412C.1 (для багатоповерхового житлового будинку і прибудови лікарні відповідно [3]) та система з однорядним розташуванням стояків WM111C.2 (для офісної будівлі [3]) можуть бути прийнятими як основа для подальших розрахунків приведеного опору теплопередачі, в яких потрібно уточнювати вплив інших теплових мостів, які можуть бути наявними в конкретній будівлі.

1. ETA 13/0312. Kits para los Sistemas de fachada AQUAPANEL® WM111.C; WM211.C; WM311.C; WM411.C; WM111.G; WM211.G; WM311.G; WM411.G. [Чинний від 2013-05-30]. Kits para sistemas de paredes exteriores no portantes con paneles de origen mineral, The Catalonia Institute of Construction Technology – Madrid, Spain, 2013, 85 p.
2. Energy Efficiency of Lightweight Steel-Framed Buildings. Energy Efficient Buildings / Paulo Santos. - 2017. – pp. 35-60. - URL: https://pdfs.semanticscholar.org/7b7a/fde782ff31ad6b92832e5a7c880b7d3c31f8.pdf?_ga=2.1299761.105317277.1667547210-1149146681.1667547210.
3. Built on experience. Knauf Exterior Wall with AQUAPANEL® Technology/ Knauf Aquapanel GmbH & Co. KG. - Iserlohn: 2019. – 71 p.

Compliance of Knauf AQUAPANEL® wall systems with minimum requirements for reduced heat transfer resistance

***Dariya. Khokhriakova*[1], *candidate of technical sciences, docent of Department of Construction Technologies, http://orcid.org/0000-0002-9257-5703*

***Halyna. Shamrina*[2], *candidate of technical sciences, docent of Department of Building Structures and Constructions, http://orcid.org/0000-0001-5422-9562*

[1]*Kyiv National University of Construction and Architecture*
[2]*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*

The new lightweight Knauf AQUAPANEL® exterior wall systems are flexible and adaptable and include an impressive range of design solutions. However, these design solutions of external walls are developed for the average climatic conditions of the European Union countries [1, 2] and therefore must be checked during the design of buildings for compliance with the updated regulatory requirements of Ukraine to ensure the thermal reliability of the structure.

The authors aimed to determine the area of rational application of Knauf AQUAPANEL® wall systems, which are rather complex thermally heterogeneous structures, as external walls of buildings in the climatic conditions of Ukraine.

Double stud wall systems (WM411C.1, WM411C.2, WM411C.3, WM412C.1) and single stud wall systems (WM111C.1, WM111C.2) in buildings with appropriate volume - planning solutions were studied [3].

Five variants of planning schemes for residential and public buildings were considered , including extensions and expansion of floors. The studies were based on the European experience of using Knauf AQUAPANEL® external wall systems and their existing thermal characteristics: the heat transition coefficient UW, W/m2·K only for blind sections of walls with a stud spacing profiles of 600 mm and the linear thermal transmittance Ψ-value, W/(m·K) only for abutting the floors to the outer wall made by the hanging method or with its partial resting on a reinforced concrete slab.

The results of the calculations established that the influence of the thermal bridge at the point of adjoining of the reinforced concrete floor slab is significant. Considering that starting from 2022, the regulations have increased the requirements for the minimum permissible values of the reduced heat transfer resistance Rqmin , m2·K/W, of external wall enclosing structures of residential and public buildings, only double stud wall systems WM411C.3 and WM412C.1 (for a high-rise residential building and a hospital extension, respectively [3]) and the single stud wall system WM111C.2 (for a office building [3]) can be taken as the basis for further calculations of the reduced heat transfer resistance, in which it is necessary to clarify the influence of other thermal bridges that may be present in a specific building.

1. ETA 13/0312. Kits para los Sistemas de fachada AQUAPANEL® WM111.C; WM211.C; WM311.C; WM411.C; WM111.G; WM211.G; WM311.G; WM411.G. [from 2013-05-30]. Kits para sistemas de paredes exteriores no portantes con paneles de origen mineral, The Catalonia Institute of Construction Technology – Madrid, Spain, 2013. 85 p.
2. Energy Efficiency of Lightweight Steel-Framed Buildings. Energy Efficient Buildings / Paulo Santos. - 2017. – pp. 35-60. - URL: https://pdfs.semanticscholar.org/7b7a/fde782ff31ad6b92832e5a7c880b7d3c31f8.pdf?_ga=2.1299761.105317277.1667547210-1149146681.1667547210.
3. Built on experience. Knauf Exterior Wall with AQUAPANEL® Technology/ Knauf Aquapanel GmbH & Co. KG. Iserlohn: 2019. 71 p.

Особливості технічного обстеження будівель і споруд, пошкоджених внаслідок воєнних дій

Антон Смирнов, *аспірант кафедри Залізобетонних і кам'яних конструкцій,* https://orcid.org/0000-0002-2500-2323
Сергій Богаченко, *аспірант кафедри Технології будівельного виробництва,* https://orcid.org/0000-0003-4787-8737
Артем Сопільняк, *канд. техн. наук, завідувач кафедри Нарисної геометрії та графіки,* https://orcid.org/0000-0002-3067-0529
Анатолій Титюк, *канд. техн. наук,експерт,* https://orcid.org/0000-0002-4927-370X

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури (м. Дніпро)

Основними нормативно-правовими актами, що визначають організацію технічного обстеження пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій будівель і споруд (БтаС), є[1, 2]. Згідно з цими документами основними відмінностями обстеження пошкоджених об'єктів є:

– розширений перелік фахівців, що мають право виконувати технічне обстеження;

– введені поняття пошкоджених об'єктів, комісійного обстеження, категорії пошкоджень;

– до звіту за результатами обстеження додається акт обстеження;

– складання паспорта об'єкта або внесення змін до нього не вимагається.

Основні проблеми, що виникають під час обстеження пошкоджених об'єктів:

– складнощі, а часто і неможливість, узгодження з розпорядниками бюджетних коштівна етапі укладання договорів фінансування і попереднього, і детального (основного) обстеження;

– несвоєчасне виконання комісійного обстеження і, як наслідок, технічного обстеження;

– невиконання власниками/управителями пошкоджених об'єктів заходів з консервування;

– відсутність у власників/управителів пошкоджених об'єктів знань щодо подальших дій.

Після завершення активних бойових дій на території України в період повоєнної відбудови для виконання комплексної оцінки технічного стану БтаС, визначення їх відповідності нормам та розробки дієвих рекомендацій щодо ремонтно-відновлювальних робіт, які забезпечать подальшу безпечну експлуатацію, доцільно в рамках обстеженняпередбачити виконання наступних заходів:

– розрахунок обсягу демонтажу конструкцій звизначенням номенклатури виробів та конструкцій, які придатні для повторного застосування та рециклінгу;

– виконання інструментального енергоаудиту будівель з розробкою рекомендацій;

– розробка програми моніторингу за технічним станом БтаС із занесенням даних про будівлю та результати моніторингу в Єдину базу даних.

На даний момент в ПДАБА здійснюються дослідження особливостей використання продуктів рециклінгу будівельних відходів для виробництва конструкційних бетонів та інших матеріалів, в т.ч. для 3d-друку конструкцій та виробів безпосередньо на майданчику будівництва/реконструкції. Крім цього, ведеться розробка Єдиної бази даних технічного стану нерухомого майна в Україні на основі затверджених форм паспортів об'єктів будівництва та з урахуванням діючих нормативних документів у сфері обстеження технічного стану Б та С.

1. Порядок виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд: Постанова Кабінету Міністрів України від 19.04.2022 №473. Офіційний вісник України. 2022. № 37. С. 81.
2. Методика проведення обстеження та оформлення його результатів: Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 06.08.2022 року № 144. Офіційний вісник України. 2022. № 61. С. 179.

The features of technical inspection of buildings and structures damaged as a result of military actions

Anton Smyrnov, *postgraduateof the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, https://orcid.org/0000-0002-2500-2323*
Sergii Bogachenko,*postgraduate of the Department of Construction Technologies, https://orcid.org/0000-0003-4787-8737*
Artem Sopilnyak, *candidate of technical sciences, head of the Dep. of Descriptive Geometry and Graphics, https://orcid.org/0000-0002-3067-0529*
Anatolii Tytiuk,*candidate of technical sciences,expert, https://orcid.org/0000-0002-4927-370X*

Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro

The main regulatory legal acts that define the organization of technical inspection of buildings and structuresdamaged as a result of emergencies are [1, 2]. According to these documents, the main differences in the inspection of damaged objects are:

– an expanded list of specialists who are authorized to carry out technical inspection;

– concepts of damaged objects, commission inspection, and categories of damages have been introduced;

– the inspection report is accompanied by an inspection certificate;

– there is no requirement to prepare an object passport or make changes to an existing one.

The main problems that arise during the inspection of damaged objects are:

– difficulties, and often impossibility, in coordinating financing with budget fund managers for both preliminary and detailed (main) inspections at the stage of concluding contracts;

– delayed execution of commission inspections and, as a result, technical inspections;

– failure of owners/managers of damaged objects to take measures for preservation;

– lack of knowledges among owners/managers of objects regarding further actions.

After the end of active hostilities on the territory of Ukraine during the post-war reconstruction period, in order to carry out a comprehensive assessment of the technical condition of buildings and structures, determine their compliance with norms, and develop effective recommendations for repair and restoration work that will ensure further safe operation, it is advisable to provide for the following measures within the framework of the inspection:

– calculation of the volume of dismantling of structures with determination of the nomenclature of products and structures suitable for reuse and recycling;

– performing instrumental energy audit of buildings with the development of recommendations;

– development of a monitoring program for the technical condition of buildings and structures with the inclusion of data on the building and monitoring results into a Unified Database.

At present, research is being carried out at PSACEA on the features of using products of recycling of construction waste for the production of structural concretes and other materials, including for 3D printing of structures and products directly on the construction/reconstruction site. In addition, a Unified Database of the technical condition of real estate in Ukraine is being developed based on approved forms of construction object passports and taking into account the current regulatory documents in the field of inspection of the technical condition of buildings and structures.

1. Procedure for Urgent Works Related to the Elimination of Consequences of the Armed Aggression of the Russian Federation, Associated with Damage to Buildings and Structures: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated April 19, 2022, №473. Official Bulletin of Ukraine. 2022. №37. P. 81.
2. The method of conducting an inspection and documenting its results: Order of the Ministry of Community and Territories Development of Ukraine dated August 6, 2022, №144. Official Bulletin of Ukraine. 2022. №61. P. 179.

Технологія зведення фермерських теплиць

***Олександр Кияновський*[1]*,інженер,*[*orcid.org/0000-0002-1794-0627*](https://orcid.org/0000-0002-1794-0627)

***Ігор Ляшенко*[1,2]*, інженер, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти,* [*https://orcid.org/ 0000-0001-6533-0519*](https://orcid.org/0000-0001-6533-0519)

***Тарас Чебанов*[2]*,канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних технологій* [*https://orcid.org/0000-002-8814-971X*](https://orcid.org/0000-002-8814-971X)

***Леонід Чебанов*[2]*,канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних технологій* [*https://orcid.org/0000-0003-2451-2337*](https://orcid.org/0000-0003-2451-2337)

[1]*ТОВ «Еко-Тек Груп» (м.Київ)*

[2]*Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)*

Мета дослідження-підвищення ефективності зведення фермерських теплиць з використанням багатофункціональних технологічних систем.

Технологія та організація зведення теплиць враховує значні площі та протяжність споруд та систем, проектні висоти тощо. Велика кількість та різновидиелементів конструкцій та систем диктує високу трудомісткість (десятки тисяч людино-годин на зведення 1га).Більшість робіт виконуються вручну. Має місце розосередженість об єктів, віддалення від баз комплектації та механізації.

Комплексні процесизведення включають земляні роботи, влаштування фундаментів та елементів нульового циклу, монтаж металевих конструкцій та огорожі (блок 1).До групи інженернихвідносять комплексні процеси монтажу систем опалення, електромонтажні роботи, влаштування автоматичних систем,а також пуско- налагоджувальні роботи. Технологічні системи включають ірігацію та фертигацію, збирання, очищення (дезінфекції) дренажних стоків,випаровуюче охолодження, вентиляцію ізашторювання (блок 2) [1].

Трудомісткість виконання процесів по блоку 1 складає більше 4500 людино-годин, або майже 42% відсотків від загальної трудомісткості [2].Загальна трудомісткість виконання робіт по блоку2 складає майже 2700людино-годин, або 26,7 % від загальної трудомісткості зведення об’єкту. По цим роботам, особливо по монтажу систем опалення із труби діаметром 48-57мм, є значний резерв підвищення ефективності. Зокрема, використання мобільних монтажно- зварювальних комплексів ІЕЗ ім.Патона–ТТМ– КНУБА [1](авторські розробки кафедри будівельних технологій).Впровадження оригінальних технологій монтажу елементів нульо-вого циклу теплиць основано на виконанні комплексу робіт (влаштування ростверку –цоколя під стіни та перегородки, а також окремо- стоячі сбірні залізобетонні чи металеві мікропалі в монолітній буро-набивній « шайбі») універсальною машиною.

В окремих інженерно-геологічних умовах також розглядається технологія вдавлювання мікропальових фундаментів [2].Ефективне зведення таких теплиць в сучасних умовах по технології КНУБА базується на використанні багатофункціональних технологій, що мають в якості основної (ведучої) машини процесу одну , або декілька базових машин з комплектом змінних робочих органів. Вивільняється комплект спеціалізованих машин.Виконані дослідження показали, що особливо це актуально призведенні сучасних плівкових теплиць [3].

1. Теплицы и тепличные хозяйства / Г. Г. Шишко, В. А. Потапов, Л. Т. Сулима, Л. С. Чебанов. Под ред.Шишко Г.Г. - К. : Урожай, 1993,- 424 с.
2. Чебанов Л.С., Чебанов Т.Л., Чебан В.О. Конструктивні та технологічні особливості сучасних блокових теплиць // Український журнал будівництва та архітектури: зб. наук. праць. – Вип.1. – Дніпро: ПДАБА, 2021. – С.117 – 123.
3. Чебанов Л.С., Кияновський О.В., Чебанов Т.Л., Ляшенко І.А. Класифікація теплиць із гнучким покриттям // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах форму-вання ринковихвідносин: зб. наук. праць. – Вип. 50 у двох частинах. Частина 2. Технічний. – К.: КНУБА, 2022. – С. 125-136.

Technology of construction of farm green houses

***Oleksander Kiyanovskiy*[1]**, *engineer,orcid.org/0000-0002-1794-0627*
***Igor Lyashenko*[1,2]**, *engineer*, *Master's student, https://orcid.org/ 0000-0001-6533-0519*
***Taras Chebanov*[2]**, *c.t.s., assoc.prof.https://orcid.org/0000-002-8814-971X*
***Leonid Chebanov*[2]**, *c.t.s., assoc.prof.https://orcid.org/0000-0003-2451-2337*

[1]*«Eco-Тeк group»Ltd (Kyiv)*
[2]*KyivNationalUniversityofConstructionandArchitecture*

The purpose of the research is to increase the efficiency of construction of farm greenhouses using multifunctional technological systems.

The technology and organization of the construction of greenhouses takes into account significant areas and the length of structures and systems, design heights, etc. The large number and variety of elements of structures and systems dictates high labor intensity (tens of thousands of man-hours for the construction of 1 ha). Most of the work is done manually. There is a dispersal of facilities, distance from equipment and mechanization bases.

Complex construction processes include earthworks, installation of foundations and elements of the zero cycle, installation of metal structures and fences (block 1). The engineering group includes complex processes of installation of heating systems, electrical installation works, installation of automatic systems, as well as start-up and adjustment works. Technological systems include irrigation and fertigation, collection, cleaning (disinfection) of drainage effluents, evaporative cooling, ventilation and screening (block 2) [1].

The labor intensity of the execution of the processes on block 1 is more than 4500 man-hours, or almost 42% of the total labor intensity [2]. The total labor intensity of the execution of works on block 2 is almost 2700 man-hours, or 26.7% of the total labor intensity of the construction of the object . For these works, especially for the installation of heating systems from pipes with a diameter of 48-57 mm, there is a significant reserve of increased efficiency. In particular, the use of mobile assembly and welding complexes of the named Paton–TTM–KNUBA [1] (author’s developments of the Department of Construction Technologies). The implementation of original technologies for the installation of elements of the zero cycle of greenhouses is based on the performance of a complex of works (arrangement of the grillwork - plinth under the walls and partitions, as well as free-standing precast reinforced concrete or metal micropiles in a monolithic drill and rammed "washer") by a universal machine. In certain engineering and geological conditions, the technology of pressing micropile foundations is also considered [2]. The effective construction of such greenhouses in modern conditions according to the KNUBA technology is based on the use of multifunctional technologies that have as the main (leading) machine of the process one or several basic machines with a set variable working bodies. A set of specialized machines is released. Conducted studies have shown that this is especially relevant when erecting modern film greenhouses [3].

1. Teplicy i teplichnyehozyajstva / G. G. Shishko, V. A. Potapov, L. T. Sulima, L. S. Chebanov. Podred.Shishko G.G. - K. : Urozhaj, 1993,- 424 s.
2. Chebanov L.S., Chebanov T.L., Cheban V.O. Konstruktivni ta tehnologichni osoblivosti suchasnih blokovih teplic // Ukrayinskij zhurnal budivnictva ta arhitekturi: zb. nauk. prac. – Vip.1. – Dnipro: PDABA, 2021. – S.117 – 123.
3. Chebanov L.S., Kiyanovskij O.V., Chebanov T.L., Lyashenko I.A. Klasifikaciya teplic iz gnuchkim pokrittyam. Shlyahi pidvishennya efektivnosti budivnictva v umovah formu-vannya rinkovih vidnosin: zb. nauk. prac. – Vip. 50 u dvohchastinah. Chastina 2. Tehnichnij. – K.: KNUBA, 2022. – S. 125-136.

Багатофункціональні технології зведення модульних будинків

Кебкал Анастасія, *здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти,* *https://orcid.org/0009-0005-1793-1180*
Рябков Любомир, *здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти,* *https://orcid.org/0009- 0004-2631 -3053*
Чебанов Тарас, *доцент каф.будівельних технологій,* *https://orcid.org/0000-002-8814-971X*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження- розгляд особливостей зведення модульних будинків на базі баатофункціональних технологічних систем. Будівництво модульних будинків є одним із можливих способів часткового вирішення житлових питань для переселенців, а також відновлення житла для постраждалих в окупації та від обстрілів та бомбардувань громадян.

Такі споруди характеризуються наступним :

- одно та двоповерхові об'єкти;
- можлива групова забудова , де розглядаються потокові методи організації будівельно – монтажних робіт ;
- збірний варіант « нульового циклу « з підвалом – сховищем;
- металевий каркас з огорожею, перегородками та покрівлею із панелей типу «сандвіч»;
- присутність основних конструкцій та інженерних систем та комплексних технологій їх реалізації;
- в окремих випадках тимчасовий характер житла, конструктивна та технологічна можливість демонтажу – монтажу;
- розосередженість об'єктів та віддаленість від баз механізації , комплектації та будівництва.

На кафедрі будівельних технологій КНУБА показано[1], що зведення таких об'єктів комплектом спеціалізованих машин та механізмів є малоефективним. Ми розглядаємо для таких умов реалізацію багатофункціональні технологічних систем різного рівня та призначення для формування кінцевого корисного результату , який досягається шляхом взаємодії та взаємного впливу його учасників. Складні системи розподіляються на підсистеми з метою оптимізації їх елементів шляхом формалізації процедур проектуван-ня та створює метод проектування багатофункціональних систем.

При формуванні комплектів та параметрів багатофункціональних технологічних систем вивчаються умови виконання та особливості мало об'ємних і розосерджених робіт. При цьому використовується аналогічний принцип формування комплектів будівельної оснастки в функціонально-модульних системах будівництва [2]. Для заданих об ємно-планувальних та конструктивних рішень будівель та відповідних технологій зведення , а також заданих показників умов виконання робіт, в процесі проектування назначають ведучу машину чи машини реалізації процесу та параметри робочих органів. Гнучкий підхід до проектування багатофункціональних технологічних систем є можливим при використанні універсальних можливостей будівельних та дорожніх машин за рахунок оснащення їх додатковими змінними робочими органами . Одним із прикладів таких машин є установка MBL 745 HT RANGER компанії MANITOU з телескопічною стрілою та спеціальною рамкою для кріплення та заміни робочих органів. В інших випадках, базовою машиною таких технологій може бути інша універсальна машина – універсальний навантажувач типу Bobcat.

1.ЧебановЛ.С.Универсальное применение машин в строительстве : Монография / Л,С.Чебанов, А.В.Фролов – К.: Будівельник, 1994. – 288с.
2.Тонкачеев Г.Н. Функционально-модульная система формирования комплексов строительной оснастки: Монография/ Г.Н. Тонкачеев. – К.: ЧП «Блудчий М.Н.», 2012. – 158с.

Multifunctional technologies of construction of modular houses

Kebkal Anastasiia, *Master's student,https://orcid.org/0009-0005-1793-1180*
Riabkov Liubomyr, *Master's student, https://orcid.org/0009- 0004-2631 -3053*
ChebanovTaras, *associate professor, Department of construction Production Technology, https://orcid.org/0000-002-8814-971X*

Kyiv National University of Construction and Architecture

The purpose of the study is to consider the features of building modular buildings based on multifunctional technological systems.

The construction of modular houses is one of the possible ways of partially solving housing issues for displaced people, as well as restoring housing for victims of the occupation and from shelling and bombing of citizens.

Such buildings are characterized by the following:

- one and two-story buildings;

- group construction is possible, where flow methods of organizing construction and installation work are considered;

- prefabricated version of the "zero cycle" with a basement - storage;

- a metal frame with a fence, partitions and a roof made of "sandwich" type panels;

- the presence of basic structures and engineering systems and complex technologies for their implementation;

- in some cases, the temporary nature of housing, the constructive and technological possibility of disassembly and assembly;

- dispersion of facilities and distance from mechanization, assembly and construction bases.

The Department of Construction Technologies of KNUBA has shown [1] that the construction of such objects with a set of specialized machines and mechanisms is ineffective. For such conditions, we consider the implementation of multifunctional technological systems of different levels and purposes for the formation of the final useful result, which is achieved through interaction and mutual influence of its participants. Complex systems are divided into subsystems in order to optimize their elements by formalizing design procedures and create a method for designing multifunctional systems.

When forming the sets and parameters of multifunctional technological systems, the conditions of execution and features of small-volume and disorganized works are studied. At the same time, a similar principle of building construction equipment sets is used in functional and modular construction systems [2]. For given volume-planning and constructive decisions of buildings and corresponding construction technologies, as well as given indicators of work performance conditions, during the design process, the leading machine or machines for the implementation of the process and the parameters of the working bodies are assigned. A flexible approach to the design of multifunctional technological systems is possible when using the universal capabilities of construction and road machines by equipping them with additional variable working bodies. One example of such machines is the MANITOU MBL 745 HT RANGER installation with a telescopic boom and a special frame for attachment and replacement of working bodies. In other cases, the basic machine of such technologies can be another universal machine - a universal loader of the Bobcat type.

1.Chebanov L.S. Universalnoe primenenie mashin v stroitelstve : Monografiya / L,S.Chebanov, A.V.Frolov – K.: Budivelnik, 1994. – 288s.
2.Tonkacheev G.N. Funkcionalno-modulnaya sistema formirovaniya kompleksov stroitelnoj osnastki: Monografiya/ G.N. Tonkacheev. – K.: ChP «Bludchij M.N.», 2012. – 158s

Руйнування попередньо напружених згинальних елементів каркасу логістичного центру з холодильником у м. Бровари, який постраждав внаслідок ракетного та артилерійського обстрілів у березні 2022 року

***Єгор Доброхлоп*[1]**, *головний інженер*, http://orcid.org/0009-0009-2275-1925
***Микола Доброхлоп*[2]**, *канд. техн. наук, доцент кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій*, http://orcid.org/0000-0001-6393-786X

[1]*Науково-виробничо будівельна компанії "Добробуд" (м. Київ)*
[2]*Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)*

Результати технічного обстеження логістичного центру з холодильником у м. Бровари, який постраждав внаслідок ракетного та артилерійського обстрілів у березні 2022 року.

Наведені результати обстеження і деталі руйнування залізобетонних конструкцій будівлі холодильника з вбудовано-прибудованими адміністративно-побутовими приміщеннями. Об'єкт розташований за адресою Київська область, Броварський р-н, с. Квітневе, вул. Гоголівська 1-А. Об'єкт, який до руйнування, мав загальні габаритні розміри в осях 354 м. x 173,5 м, складався з одноповерхового холодильника з приміщеннями експедиції, двох триповерхових вбудовано-прибудованих адміністративно-побутових блоків і двохповерхового вбудовано-прибудованого технічного блоку (*компресорні*, ТП). Будівля блоку холодильних камер виконана за каркасною безкісцевою схемою із збірних залізобетонних колон, залізобетонних двоскилих балок прогоном 24 м та залізобетонних таврових балок прогоном 12 м. В будівлі блоку холодильних камер, крок крайніх колон вздовж цифрових осей складає 12 м, вздовж буквених осей 12 м. Крок середніх колон вздовж цифрових осей складає 24 м, вздовж буквених осей 12 м. Будівля блоку холодильних камер складається із 4 блоків, розділених деформаційними швами. 3 блоки мають розміри 72 x 120 м і 1 блок має розміри 96 x 120 м. Фундаменти залізобетонні пальові, кущові зі збірними ростверками. Палі вдавлюванні, перерізом 500 x 500 мм. Глибина підошви паль 5,8 м нижче поверхні землі. По кущам паль виконані монолітні ростверки, на яких змонтовані залізобетонні стакани 2400x1800x1200 мм під збірні залізобетонні колони. Каркас виконаний зі збірних залізобетонних колон довжиною 14,4 м.

На (рис.1) наведені види руйнування попередньо напружених згинальних елементів, що зазнали динамічного навантаження та температурного впливу від пожежі, так і ненапружених залізобетонних колон.

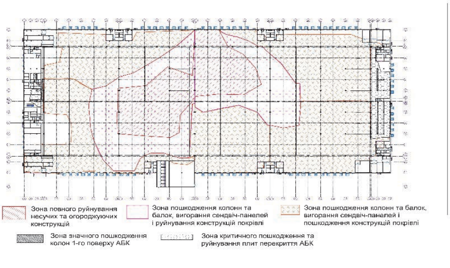


Рис.1. Види руйнування попередньо напружених згинальних елементів

Треба зазначити, що на цей час, пошкоджені елементи будівлі демонтовані та вивезені. Зараз виконують роботи по підсиленню збережених конструкцій і розробляється проект по відновленню будівлі холодильника.

Зроблено аналіз впливу динамічного навантаження і температурного на конструкції холодильника в залежності від локації відносно місць попадання боєприпасів.

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18 2016 Настанова з обстеження будівель і споруд для визанчення та оцінки їх технічного стану
2. ДБН В. 1.2.-5:2007. «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів». К., 2007.

Destruction of prestressed flexural elements of the framework of the logistics center with a refrigerator in the city of Brovary, which suffered as a result of rocket and artillery fire in March 2022

Yegor Dobrokhlop, *Chief Engineer,* *http://orcid.org/0009-0009-2275-1925*
Mykola Dobrokhlop,. *Associate professor of the department of reinforced concrete and stone structures* *http://orcid.org/0000-0001-6393-786X*

[1]Scientific-production construction company "Dobrobud" (Kyiv)
[2]Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

The results of the technical inspection of the logistics center with a refrigerator in the city of Brovary, which suffered as a result of rocket and artillery fire in March 2022.

The results of the survey and details of the destruction of the reinforced concrete structures of the refrigerator building with built-in and attached administrative and domestic premises are presented. The object is located at the address Kyiv region, Brovarskyi district, village Kvitneve, str. Gogolivska 1-A. The object, which before the destruction, had overall overall dimensions in the axes of 354 m. x 173.5 m, consisted of a one-story refrigerator with expedition premises, two three-story built-in and attached administrative and household blocks and a two-story built-in and attached technical block (compressor, TP). The building of the refrigerating chamber block is made according to the frameless scheme of precast reinforced concrete columns, reinforced concrete gable beams with a span of 24 m and reinforced concrete T-beams with a span of 12 m. In the building of the refrigerating chamber block, the pitch of the extreme columns along the numerical axes is 12 m, along the letter axes is 12 m. The pitch of the middle columns along the numerical axes is 24 m, along the letter axes 12 m. The building of the refrigerating chamber block consists of 4 blocks separated by expansion joints. 3 blocks have the dimensions of 72 x 120 m and 1 block has the dimensions of 96 x 120 m. The foundations are reinforced concrete piles, bush foundations with prefabricated grids. Compression piles, cross-section 500 x 500 mm. The depth of the base of the piles is 5.8 m below the ground surface. Monolithic gratings are made on pile bushes, on which reinforced concrete cups 2400x1800x1200 mm are mounted under prefabricated reinforced concrete columns. The frame is made of prefabricated reinforced concrete columns with a length of 14.4 m.

Figure 1 shows the types of failure of prestressed flexural elements subjected to dynamic loading and temperature effects from fire, as well as unstressed reinforced concrete columns.

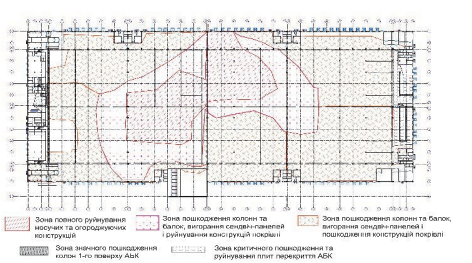


Fig. 1. Types of failure of prestressed flexural elements

It should be noted that at this time, the damaged elements of the building have been dismantled and removed. Currently, work is being carried out to strengthen the preserved structures and a project is being developed to restore the refrigerator building.

An analysis of the effect of dynamic load and temperature on the structure of the refrigerator was made, depending on the location relative to the places where the ammunition hit.

1. DSTU-N B V.1.2-18 2016 Nastanova z obstezhennia budivel i sporud dlia vyzanchennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu.
2. DBN V. 1.2.-5:2007. «Naukovo-tekhnichnyi suprovid budivelnykh obiektiv». K., 2007

Розвиток теорії вібраційних машин будівельної індустрії

Іван Назаренко, *докт.техн.наук, завідувач кафедри машин і обладнання технологічних процесів* http://orcid.org/0000-0002-1888-3687
Олег Дєдов *докт.техн.наук, професор кафедри машин і обладнання технологічних процесів* http://orcid.org/0000-0001-5006-772X

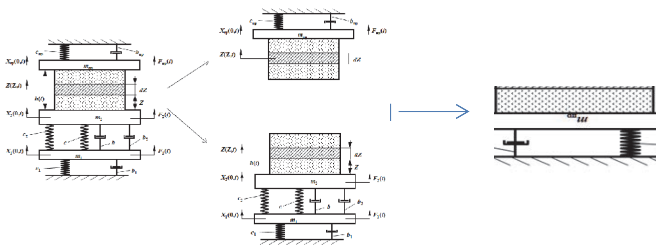
Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження – методика побудови розвитку теорії вібраційних технологічних машин і процесів на вихідних положеннях коректного відображення реального процесу у формуванні фізичної та математичної моделі.

Ефективність вібраційних технологічних машин і процесів будіндустрії значною мірою визначається коректним врахуванням тих параметрів і характеристик, які забезпечують відповідність дійсних параметрів робочого процесу розрахунковим. Найважливішими є знання процесу, реальне відтворення фізичної та математичної моделі. Виявлено, що під час вібраційного робочого процесу відбувається взаємовплив машини і оброблювального середовища на їхній загальний спільний рух.

Другим важливим елементом розвитку теорії вібраційних технологічних машин та установлення ефективних режимів є цілеспрямоване врахування внутрішніх пружних властивостей загальної системи «машина – оброблювальне середовище».

Вібраційна система (машина-середовище) характеризується зв'язністю її елементів, керованістю, змінюваністю та ієрархічністю, тобто можливістю розчленовування на рівні. Це дозволило застосувати при теоретичних дослідженнях та створенні машин блочно-ієрархічний підхід, розділяючи складну проблему на ряд послідовно вирішуваних задач меншої складності. Розроблено метод приведення від складних дискретно – континуальних систем до дискретних із збереженням впливу хвильових явищ бетонної суміші [1] (рис.1).



а *б* *в*

Рис.1. Схема редукції розрахункової моделі система «машина – середовище»:
а – загальна; *б* – перша редукція; *в* – друга редукція; $X_1 \ldots X_4$ – координати переміщень складових вібраційної системи; $F_1 \ldots F_3$ – зовнішні сили; c,b – коефіцієнти пружності та дисипації

Підвищення ефективності вібраційних машин досягається шляхом створення конструктивних схем з ефективним використанням енергії,що максимально підводиться до середовища в резонансних режимах. Надійність вібраційних машин різного технологічного призначення забезпечується визначенням напружено-деформованого стану робочих органів та середовищ, які знаходяться в рівнозначних умовах під дією навантажень[2].

1. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем: Навчальний посібник (2-е видання), К.: КНУБА, 2007. – 252с.
2. Dynamic processes in technological technical systems. Edited by Ivan Nazarenko. Monograph. Technology Center. Kharkiv, 2021. – 179p

Development of the theory of vibrating machines in the construction industry

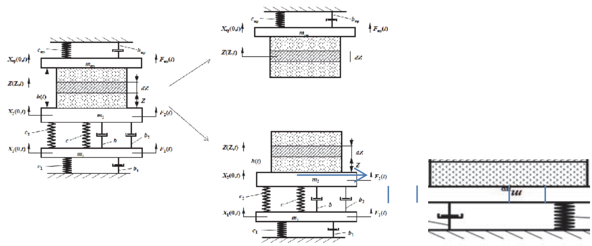
Ivan Nazarenko,*doctor of technical sciences, head of the department of machines and equipment of technological processes*http://orcid.org/0000-0002-1888-3687
Oleg Dedov*doctor of technical sciences, professor of the department of machines and equipment of technological processes*http://orcid.org/0000-0001-5006-772X
Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

The purpose of the research is the construction methoddevelopmenttheories of vibrating technological machines and processes at the starting positions of the correctreflection of the realprocess in the formation of a physical and mathematical model.

The effectiveness of vibrating technological machines and processes of the building industry is largely determined by the correct consideration of those parameters and characteristics that ensure the compliance of the actual parameters of the work process with the calculated ones. The most important are the knowledge of the process, the real reproduction of the physical and mathematical model. It was found that during the vibration work process there is a mutual influence of the machine and the processing environment on their general joint movement.

The second important element of the development of the theory of vibrating technological machines and the establishment of effective modes is the purposeful consideration of the internal elastic properties of the general system "machine - processing environment".

The vibration system (machine-environment) is characterized by the connectivity of its elements, controllability, changeability and hierarchy, that is, the possibility of dismemberment at the level. This made it possible to apply a block-hierarchical approach to theoretical research and the creation of machines, dividing a complex problem into a series of sequentially solved tasks of lower complexity. A method of conversion from complex discrete-continuous systems to discrete systems with preservation of the influence of wave phenomena of the concrete mixture has been developed [1] (Fig. 1).



a *b* *c*

Fig. 1. Scheme of reduction of the calculation model of the "machine - environment" system:
and- general; b – first reduction; c – second reduction; X1...X4 – coordinates of movements of components of the vibration system; F1...F3 - external forces; c,b are coefficients of elasticity and dissipation.

Increasing the efficiency of vibration machines is achieved by creating structural schemes with efficient use of energy, which is maximally supplied to the environment in resonant modes. The reliability of vibrating machines of various technological purposes is ensured by determining the stress-strain state of working bodies and environments that are in equivalent conditions under the action of loads [2].

1.Nazarenko I.I. Applied problems of the theory of vibration systems: Study guide (2nd edition), K.: KNUBA, 2007. – 252p.
2.Dynamic processes in technological technical systems. Edited by Ivan Nazarenko. Monograph. Technology Center. Kharkiv, 2021. – 179p

Моделювання роботи деревоніздрюватобетонних пролітних конструктивних елементів під навантаженням

Юрій Фамуляк[1]*, канд. техн. наук, доцент,* *https://orcid.org/0000-0003-3044-5513*
Богдан Демчина[2]*, доктор техн. наук, професор,* *https://orcid.org/0000-0002-3498-1519*

[1]*Львівський національний університет природокористування (м. Львів)*
[2]*Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)*

В будівельній галузі сьогодення значну увагу приділяють питанню реконструкції та ревіталізації будівель і споруд. Це питання актуальне для наявних чи занедбаних виробничих або громадських будівель, в процесі відновлення будівель, які мають не лише історичну, наукову чи музейну цінність та стає особливо актуальним сьогодні, адже тисячі будівель зазнали пошкоджень під час воєнних дій. В процесі таких робіт часто доводиться поєднувати різні матеріали в одному перерізі. Тому конструктивні елементи, що поєднують міцність і довговічність одного матеріалу з фактурною привабливістю та легкістю іншого, були б цікавими та доречними за таких обставин. До такого об'єднання, яке можна використати у пролітних конструкціях, можна віднести такі, на перший погляд непоєднувані матеріали, як бетон та дерево. Бетонна частина такого перерізу може бути виконана не лише з важких бетонів, але і ніздрюватих.

Відомі сьогодні розробки здебільшого стосуються конструктивних елементів, виконаних з однорідних матеріалів, а саме: залізобетону, металу, дерева, полімерних матеріалів тощо. Конструктивні елементи в перерізі яких поєднані, на перший погляд несумісні матеріали, досліджені недостатньо і тому не знайшли широкого застосування у будівельній практиці. Як виключення, можна згадати сталебетонні та метало-дерев'яні конструкції. Прототипом досліджуваних деревоніздрюватобетонних пролітних конструктивних елементів були деревобетонні балки, які у свій час досліджувались під керівництвом д.т.н., професора Демчини Б.Г. [1].

Для дослідження було запропоновано в одному перерізі поєднати достатньо різні два конструктивні матеріали, які також кардинально різняться за своїми властивостями, міцністю, довговічністю тощо – деревину та ніздрюватий бетон. Робочою арматурою дослідних балок слугувала дерев'яна дошка або брус, які розміщували у найбільш розтягнутій частині поперечного перерізу деревоніздрюватобетонної пролітної конструкції. Це дозволило забезпечити конструктивному елементу достатню несучу здатність, а використання ніздрюватого бетону – необхідні теплотехнічні вимоги [2]. Таке компонування перерізу також дозволяє дерев'яну частину використовувати в ролі незнімної опалубки.

Експериментально-теоретичне дослідження запропонованих деревоніздрюватобетонних пролітних конструктивних елементів було виконано за допомогою комп'ютерного моделювання, використовуючи програму ANSIS. В процесі дослідження було запроектовано та змодельовано роботу низки деревоніздрюватобетонних дослідних балок. Об'єднання ніздрюватобетонної та дерев'яної частин перерізу пролітних конструктивних елементів було виконано за допомогою будівельних цвяхів чи металевих скоб. Цвяхи та скоби, крім об'єднувальної функції, виконували також роль поперечного армування дослідних деревоніздрюватобетонних балок. Змінними величинами були: нахил цвяхів до вертикалі, висота металевих скоб та товщина дерев'яної частини перерізу. Дослідні зразки, в процесі моделювання, завантажували двома зосередженими силами, прикладеними на верхній грані дослідного балкового зразка.

1. Ю. Фамуляк, Б. Демчина, Х. Демчина. Дослідження несучої здатності та деформативності згинаних деревобетонних балок. Вісник ЛНАУ № 19 "Архітектура і сільськогосподарське будівництво". – Львів: ЛНАУ. – 2018. – С. 61 – 69.
2. Патент України на корисну модель, u2019 02521 МПК (2019.01) E04C 5/00, E04C 5/02 (2006.01), E04C 3/20 (2006.01). Деревогазобетонна балка / Фамуляк Ю.Є.; заявн. і патентовласник Львів. нац. аграр. ун-т – №136332, заявл. 14.03. 2019; опубл. 12.08. 2019. Бюл. № 15.

Modeling of wood- cellular-concrete span structural elements under load

Yuriy Famulyak*[1], *candidate of technical sciences, associate professor, *https://orcid.org/0000-0003-3044-5513*
***Bogdan Demchyna*[2]**, *doctor of technical sciences, professor,* *https://orcid.org/0000-0002-3498-1519*

[1]Lviv National Environmental University,
[2]National University «Lviv Polytechnic»

The construction industry today pays considerable attention to the reconstruction and revitalization of buildings and structures. This issue is relevant for existing or abandoned industrial or public buildings, in the process of restoring buildings that have not only historical, scientific, or museum value. The issue of restoring buildings is becoming especially relevant today, as thousands of buildings were damaged during the war. The ways to solve such problems are quite diverse, as they depend on many factors. In the process of such work, it is often necessary to combine different materials in one section. Therefore, structural elements that combine the strength and durability of one material with the textural appeal and lightness of another would be interesting and appropriate in such circumstances. Such a combination, which can be used in span structures, includes such seemingly incompatible materials as concrete and wood. The concrete part of such a section can be made not only of heavy concrete but also of cellular concrete.

The developments known today mostly concern structural elements made of homogeneous materials, namely reinforced concrete, metal, wood, polymeric materials, etc. Structural elements with cross-sections that combine seemingly incompatible materials have not been studied sufficiently and therefore have not been widely used in construction practice. As an exception, we can mention steel-concrete and metal-wood structures.

The prototype of the studied wood-cellular-concrete span structural elements were wood-concrete beams, which were studied under the supervision of Doctor of Technical Sciences, Professor B. Demchyna [1].

For the study, it was proposed to combine two quite different structural materials in one section, which also differ radically in their properties, strength, durability, etc. – wood and cellular concrete. The working reinforcement of the experimental beams was a wooden board or beam, which was placed in the most stretched part of the cross-section of the wood-cellular-concrete span structure. This made it possible to provide the structural element with sufficient load-bearing capacity, and the use of cellular concrete met the necessary thermal requirements [2]. This cross-sectional arrangement also allows the wooden part to be used as a fixed formwork.

The experimental and theoretical study of the proposed wood-cellular-concrete span structural elements was carried out by computer modeling using the ANSIS program. In the course of the study, a number of wood-cellular-concrete test beams were designed and modeled. The connection of the cellular concrete and wooden parts of the cross-section of the span structural elements was made using construction nails or metal brackets. Nails and staples, in addition to their unifying function, also served as transverse reinforcement of the experimental wood-cellular-concrete beams. The variables were: the inclination of the nails to the vertical, the height of the metal brackets, and the thickness of the wooden part of the section. During the modeling process, the test specimens were loaded with two concentrated forces applied on the upper face of the test beam specimen.

1. Famulyak Y., Demchyna B., Demchyna H.. Investigation of bearing capacity and deformability of bent wood-concrete beams. LNAU Bulletin No. 19 "Architecture and Agricultural Construction." – Lviv: LNAU. – 2018. – P. 61 – 69.
2. 2. Patent of Ukraine for utility model, u2019 02521 IPC (2019.01) E04C 5/00, E04C 5/02 (2006.01), E04C 3/20 (2006.01). Wood-gas-concrete beam / Famulyak Y.E.; applicant and patentee Lviv National Agrarian University – №136332, declared 14.03.2019; published 12.08.2019. Bulletin No. 15.

Розрахунок ширини розкриття похилих тріщин вузлів нерозрізних балок з арматурою напруженою на бетон

Олександр Козак, *канд. техн. наук, доцент кафедри Залізобетонних та кам'яних конструкцій,* https://orcid.org/0000-0002-0025-6554

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Згідно ДСТУ Б В.2.6.-156:2010 ширина тріщин w_k може визначатись за виразом:

$$w_k = s_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \tag{1}$$

де: $s_{r,max}$ – максимальний крок тріщин;

ε_{sm} – середні деформації в арматурі при відповідному сполученні навантажень, включно з впливом прикладених деформацій та при врахуванні впливу жорсткості при розтягу. Враховуються тільки додаткові деформації розтягу, що мають місце при деформації бетону на тому ж рівні вище нуля.

ε_{cm} – середня деформація бетону між тріщинами.

Значення ($\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$) може визначатись за виразом ДСТУ із урахування обтиску від криволінійної напруженої арматури:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_{sw} - k_t \dfrac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}\left(1 + \alpha_e \rho_{p,eff}\right) - \sigma_{cp}}{E_s} \geq 0{,}6\frac{\sigma_s}{E_s} \tag{2}$$

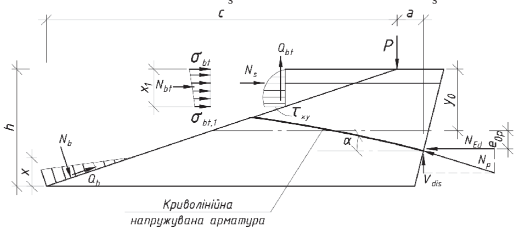


Рис. 1. Розрахункова модель граничного стану на стадії утворення похилих тріщин

Виконавши теоретичні розрахунки ширини розкриття тріщин відповідно до формули (1), отримали значення розкриття тріщин на кожній стадії навантаження дослідних зразків.

В таблиці 1 наведено порівняння теоретичних та експериментальних значень ширини розкриття тріщин.

Таблиця 1

Серія зразків	Навантаження Р, кН	Значення ширини розкриття тріщин w_k, мм	
		Експериментальне	Теоретичне
КБ-1	32…36	0,16…0,3	0,2…0,237
КБ-2	52…56	0,24…0,3	0,31…0,36
КБ-3	52…56	0,23…0,29	0,313…0,362

За результатами порівняльного аналізу експериментальних та теоретичних значень ширини розкриття тріщин встановлено, що різниця між ними для зразків серії КБ-1 становить 25…26,6 %, для серії КБ-2 – 20,0…29,2 %, для зразків серії КБ-3 – 24,8…36%.

1. O. Kozak, O. Zhuravskyi. Experimental research of the influence of curved reinforcement steel without adhesion to the concrete on the bearing capacity of inclined sections at post-tensioning // USEFUL online journal, vol. 2, no. 2, pp. 34–41, Jun. 2018. DOI: https://doi.org/10.32557/useful-2-2-2018-0004.
2. O.Kozak, O.Zhuravskyi, M.Delyavskyy. Effect of the pre-stressed reinforcement curvature on the bearing capacity of inclined sections of monolithic beams // AIP Conference Proceedings 2077, 020027 (2019); https://doi.org/10.1063/1.5091888 Published Online: 21 February 2019.

Experimental research of the flat reinforced concrete slab with strengthening by external prestressed reinforcement

Oleksandr. Kozak, *candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures*

Kyiv National University of Construction and Architecture

According to DSTU B V.2.6.-156:2010, the crack width w_k can be determined by the expression:

$$w_k = s_{r,max}\,(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \tag{1}$$

$s_{r,max}$ – maximum crack pitch;

ε_{sm} – average deformations in the armature with the appropriate combination of loads, including the influence of the applied deformations and taking into account the influence of tensile stiffness. Only additional tensile deformations that occur when the concrete is deformed at the same level above zero are taken into account.

The value (ε_{sm} – ε_{cm}) can be determined by the DSTU expression, taking into account the compression from the curved tension armature:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_{sw} - k_t \dfrac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}\left(1+\alpha_e \rho_{p,eff}\right) - \sigma_{cp}}{E_s} \geq 0,6\frac{\sigma_s}{E_s} \tag{2}$$

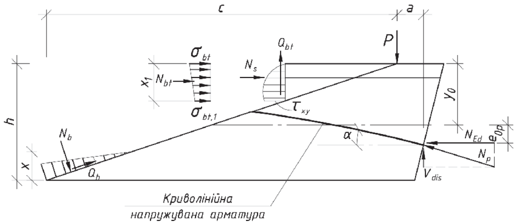


Fig. 1. Calculation model of the limit state at the stage of formation of inclined cracks

After performing theoretical calculations of the crack opening width according to formula (1), we obtained the value of the crack opening at each stage of loading of the test samples.

Table 1 shows a comparison of theoretical and experimental values of crack opening width.

Table 1

A series of samples	Load P, кN	The value of the crack opening width w_k, мм	
		Experimental	Theoretical
КВ-1	32…36	0,16…0,3	0,2…0,237
КВ-2	52…56	0,24…0,3	0,31…0,36
КВ-3	52…56	0,23…0,29	0,313…0,362

According to the results of a comparative analysis of the experimental and theoretical values of the crack opening width, it was established that the difference between them for samples of the KB-1 series is 25...26.6%, for the KB-2 series - 20.0...29.2%, for samples of the KB series -3 – 24.8...36%.

1. O. Kozak, O. Zhuravskyi. Experimental research of the influence of curved reinforcement steel without adhesion to the concrete on the bearing capacity of inclined sections at post-tensioning // USEFUL online journal, vol. 2, no. 2, pp. 34–41, Jun. 2018. DOI: https://doi.org/10.32557/useful-2-2-2018-0004.
2. O.Kozak, O.Zhuravskyi, M.Delyavskyy. Effect of the pre-stressed reinforcement curvature on the bearing capacity of inclined sections of monolithic beams // AIP Conference Proceedings 2077, 020027 (2019); https://doi.org/10.1063/1.5091888 Published Online: 21 February 2019.

Неметалева композитна базальтова арматура та базальтова фібра для армування бетонних конструкцій транспортних споруд

Ігор Бабяк, *канд.техн.наук, с.н.с., завідувач відділу досліджень мостових конструкцій,* *https://orcid.org/0000-0002-3732-2439*

Державне підприємство «Державний дорожній науково0дослідний інститут ім. М.П. Шульгіна» (м. Київ)

Значні витрати на захист та ремонт залізобетонних конструкцій мостів пов’язані з корозією металевої арматури. Застосування неметалевої композитної базальтової арматури (НКБА) періодичного профілю та фібри є перспективним принциповим рішенням цієї проблеми. Технічні характеристики дозволяють застосовувати базальтову арматуру та фібру для мостів, цементобетонного покриття автомобільних доріг, в інших конструкціях, які зазнають впливу агресивних середовищ.

Ефект від використання базальтової арматури та фібри отримують, зокрема, завдяки відсутності певних видів корозії арматури під час експлуатації.

Разом з тим, використання НКБА періодичного профілю та фібри, виготовлених з базальтових волокон, стримується відсутністю достатньої кількості досвіду їх застосування в об’єктах будівництва, відсутністю в нормах на проектування транспортних споруд.

Основним документом, який містись принципи використання арматури для армування бетонних конструкцій мостів та труб на даний час є ДБН В.2.3-14. Відповідно, можливим є використання різних видів, класів арматури. Для багатьох конструкцій норми передбачають можливість використання, крім інших, металеву арматуру згідно з ДСТУ 3760. Арматуру за ГОСТ 5781-82 не можна використовувати через втрату його чинності, ДСТУ 9130 не згадується в нормах.

Основним документом, який містись принципи використання арматури для армування бетонних конструкцій цементобетонного покриття автомобільних доріг на даний час є ГБН В.2.3-37641918-557. Положення щодо влаштування цементобетонного покриття встановлено ДСТУ-Н Б В.2.3-36. Відповідно до ГБН В.2.3-37641918-557, для цементобетонного покриття можна використовувати лише арматуру згідно з ДСТУ 3760. Можливо використання композитної арматури за ДСТУ-Н Б В.2.6-185 лише для штирьових з’єднань.Альтернативою металевій арматурі для мостів, труб, цементобетонного покриття автомобільних доріг може стати, зокрема, НКБА.

Для можливості використання НКБА та базальтової фібри для армування бетонних конструкцій транспортних споруд проведено дослідження з визначення необхідних характеристик. Розроблено класифікацію арматури; встановлено вимоги до геометричних розмірів, маси та кольору; встановлено вимоги до фізико-механічних характеристик; встановлено вимоги до сировини та матеріалів, які використовують під час виробництва арматури. Розроблено стандарт ДСТУ Б В.2.7-312, де встановлено технічні вимоги до арматури, виготовленої з базальтових волокон; ДСТУ 9062, де встановлено порядок виконання робіт із випробування арматури, призначеної для використання в дорожніх і мостових конструкціях. Для можливості проектування мостів та труб розроблено Р В.2.3-03450778-846. Для можливості проектування та будівництва цементобетонного покриття автомобільних доріг розроблено СОУ 42.1-37641918-091.

Для більш ширшого використання базальтової арматури та фібри необхідно буде, в подальшому, внести зміни в норми на проектування та будівництво транспортних споруд.

1. ДСТУ 9062-2020 Арматура неметалева композитна для дорожніх та мостових конструкцій. Методи випробувань.
2. ДСТУ Б В.2.7-312:2016 Арматура неметалева композитна базальтова періодичного профілю. Загальні технічні умови.

Non-metal composite basalt reinforcement and basalt fiber for reinforcement of concrete structures of transport buildings

Ihor Babyak, *candidate of technical sciences, senior researcher, head of the department of bridge structures research,* *https://orcid.org/0000-0002-3732-2439*

M.P. Shulgin State Road Research Institute State Enterprise – "DerzhdorNDI" SE, Kyiv, Ukraine

Significant costs for the protection and repair of reinforced concrete bridge structures are associated with corrosion of metal fittings. The use of non-metallic composite basalt reinforcement (NCBR) of a periodic profile (it is type of FRP reinforcement) and fiber is a promising principled solution to this problem. The technical characteristics allow the use of basalt reinforcement and fiber for bridges, cement-concrete pavement of highways, and other structures exposed to aggressive environments.

The effect of using basalt reinforcement and fiber is obtained, in particular, due to the absence of certain types of corrosion of the reinforcement during operation.

At the same time, the use of NCBR periodic profile and fiber made of basalt fibers is restrained by the lack of sufficient experience in their application in construction buildings, the absence of norms for the design of transport buildings.

Currently, the main document that contains the principles of using reinforcement for reinforcing concrete structures of bridges and pipes is DBN B.2.3-14. Accordingly, it is possible to use different types and classes of reinforcement. For many structures, the norms provide for the possibility of using, among others, metal reinforcement in accordance with DSTU 3760. Reinforcement according to GOST 5781-82 cannot be used due to the loss of its validity, DSTU 9130 is not mentioned in the norms.

Currently, the main document that contains the principles of using reinforcement for reinforcing concrete structures of cement-concrete road pavements is GBN V.2.3-37641918-557. Provisions regarding the arrangement of cement concrete covering are established by DSTU-N B V.2.3-36. According to GBN B.2.3-37641918-557, only reinforcement according to DSTU 3760 can be used for cement concrete coating. It is possible to use composite reinforcement according to DSTU-N B V.2.6-185 only for pin connections. An alternative to metal reinforcement for bridges, pipes, cement-concrete pavement of highways can be, in particular, NCBR.

For the possibility of using NCBR and basalt fiber for reinforcing concrete structures of transport buildings, a research was conducted to determine the necessary characteristics. The classification of reinforcement has been developed; requirements for geometric dimensions, weight and color are established; requirements for physical and mechanical characteristics are established; requirements for raw materials and materials used during the production of reinforcement are established. The DSTU B V.2.7-312 standard has been developed, which establishes the technical requirements for reinforcement made of basalt fibers; DSTU 9062, which establishes the procedure for testing reinforcement intended for use in road and bridge structures. R V.2.3-03450778-846 was developed for the possibility of designing bridges and pipes. SOU 42.1-37641918-091 was developed to enable the design and construction of cement-concrete road pavements.

For the wider use of basalt reinforcement and fiber, it will be necessary, in the future, to introduce changes in the norms for the design and construction of transport buildings.

1. DSTU 9062-2020 Armatura nemetaleva kompozytna dlia dorozhnikh ta mostovykh konstruktsii. Metody vyprobuvan.
2. DSTU B V.2.7-312:2016 Armatura nemetaleva kompozytna bazaltova periodychnoho profiliu. Zahalni tekhnichni umovy.

Моментна схема скінчених елементів в геометрично та фізично нелінійних задачах деформування вісесиметричних тіл обертання з урахуванням континуального руйнування

Юрій Максим'юк, *докт. техн. наук, професор, кафедра будівельної механіки,* [*https://orcid.org/0000-0002-2367-3086*](https://orcid.org/0000-0002-2367-3086)
Іван Мартинюк, *канд. техн. наук, докторант, кафедра будівельної механіки* [*https://orcid.org/0000-0001-7957-2068*](https://orcid.org/0000-0001-7957-2068)
Олександр Максим'юк, *аспірант, кафедра будівельної механіки* [*https://orcid.org/0000-0002-2367-3086*](https://orcid.org/0000-0002-2367-3086)

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Значна кількість відповідальних елементів конструкцій, що являють собою вісесиметричні тіла обертання, в процесі виготовлення і експлуатації терплять великих формозмінень, які нерідко проходять при підвищених нерівномірно-розподілених в об'ємі матеріалу температурах, що призводить до зміни фізико-механічних характеристик матеріалу і одночасного виникнення деформацій пластичності і повзучості. Визначення несучої здатності цих об'єктів потребує розв'язання задач термов'язкопружнопластичності з урахуванням пошкодженості матеріалу. Вірогідність розв'язання таких задач механіки деформованого твердого тіла суттєво залежить від адекватності використовуваних фізичних співвідношень розглядуваним процесам деформування матеріалу, зокрема урахування наявності великих деформацій та пошкодженості матеріалу.

Процес накопичення деформацій повзучості супроводжується появою в матеріалі мікроскопічних хаотично орієнтованих дефектів. Для урахування їх впливу на несучу здатність матеріалу було запропоновано використовувати феноменологічний параметр пошкодженості, фізичний зміст якого пов'язується із відношенням площі поперечного перерізу дефектів до загальної площі поперечного перерізу тіла.

Отримані розрахункові співвідношення МСЕ – вирази матриці жорсткості і вектору вузлових реакцій – для розв'язання геометрично нелінійних задач термов'язко-пружнопластичності з урахуванням пошкодженості матеріалу вісесиметричних тіл. З метою доведення ефективності використання розроблених розрахункових співвідношень моментної схеми скінчених елементів (МССЕ) [1, 2] для розв'язання геометрично нелінійних задач термов'язкопружнопластичності з урахуванням пошкодженості матеріалу для вісесиметричних тіл обертання із урахуванням змінності компонент метричного тензору в площині поперечного перерізу СЕ, розглянуто тестову задачу про згин защемленої по контуру круглої пластини навантаженої рівномірно розподіленим навантаженням засвідчило вірогідність отримуваних результатів.

1. Метод скінченних елементів у задачах деформування та руйнування тіл обертання при термосиловому навантаженні / [Баженов В.А., Пискунов С.О., Максим'юк Ю.В.] – Київ: Вид-во "Каравела", 2018. – 316с.
2. Напіваналітичний метод скінченних елементів в просторових задачах деформування, руйнування та формозмінення тіл складної структури / [Баженов В.А., Максим'юк Ю.В., Мартинюк І.Ю., Максим'юк О.В.] – Київ: Вид-во "Каравела", 2021. – 280с.

Moment diagram of finite elements in geometricly and physically non-linear problems of deformation of axisymmetric bodies of rotation taking into account continuous destruction

Yurii Maksymiuk, *Associate Professor, Doctor of Science (Engineering), Professor at the Department of Structural Mechanics,* *https://orcid.org/0000-0002-2367-3086*
Ivan Martyniuk , *candidate of technical sciences, doctoral student of the department of structural mechanics,* *https://orcid.org/0000-0001-7957-2068*
Oleksandr Maksymiuk, *graduate student of Department of Structural Mechanics,* *https://orcid.org/0000-0002-2367-3086*

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

A significant number of important structural elements, which are axisymmetric bodies of rotation, in the process of manufacturing and operation undergo large changes in shape, which often occur at elevated temperatures unevenly distributed in the volume of the material, which leads to changes in the physical and mechanical characteristics of the material and the simultaneous occurrence of deformations plasticity and creep. Determining the load-bearing capacity of these objects requires solving problems of thermo-viscoelastic plasticity, taking into account the damage of the material. The probability of solving such problems of the mechanics of a deformable solid depends significantly on the adequacy of the physical relations used for the considered processes of deformation of the material, in particular, taking into account the presence of large deformations and damage to the material.

The process of accumulation of creep deformations is accompanied by the appearance of microscopic randomly oriented defects in the material. To take into account their influence on the load-bearing capacity of the material, it was proposed to use a phenomenological parameter of damage, the physical meaning of which is related to the ratio of the cross-sectional area of defects to the total cross-sectional area of the body.

The calculated FEM ratios - expressions of the stiffness matrix and vector of nodal reactions - are obtained for solving geometrically nonlinear problems of thermo-viscoelastic plasticity, taking into account damage to the material of axisymmetric bodies. In order to prove the effectiveness of using the developed calculation ratios of the moment scheme of finite elements (MFEM) [1, 2] for solving geometrically nonlinear problems of thermo-viscoelastic plasticity taking into account the damage of the material for axisymmetric bodies of rotation, taking into account the variability of the components of the metric tensor in the cross-sectional plane of the CE, considered the test problem about the bending of a round plate pinched along the contour and loaded with a uniformly distributed load, the reliability of the obtained results was confirmed.

1. Metod skinchennykh elementiv u zadachakh deformuvannya ta ruynuvannya til obertannya pry termosylovomu navantazhenni / [Bazhenov V.A., Pyskunov S.O., Maksym″yuk YU.V.] – Kyyiv: Vyd-vo “Karavela”, 2018. – 316s.
2. Napivanalitychnyy metod skinchennykh elementiv v prostorovykh zadachakh deformuvannya, ruynuvannya ta formozminennya til skladnoyi struktury / [Bazhenov V.A., Maksym″yuk YU.V., Martynyuk I.YU., Maksym″yuk O.V.] – Kyyiv: Vyd-vo “Karavela”, 2021. – 280s.

Загальні підходи до визначення енергії на деформування матеріалу

Володимир Слюсар, *аспірант кафедри машин і обладнання технологічних процесів* https://orcid.org/0000-0003-4332-3144

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження – провести аналіз визначення енергії на деформування матеріалу, який моделюється системами з дискретними і розподіленими параметрами.

Одним з методів визначення енергії *W* є розгляд тиску робочого органу на матеріал у контактній зоні[1].Визначення тиску в теоретичному плані є незначною проблемою. Проблема полягає у виборі моделі, що адекватно відповідає реальному процесу. Розглядається методика визначення *W* за формулою (1) для моделі пружного тіла, що деформується під дією зовнішньої сили за законом Гука.

Хід деформації тіла при зростанні напруження здійснено за допомогою діаграми деформації (рис.1,*а*).

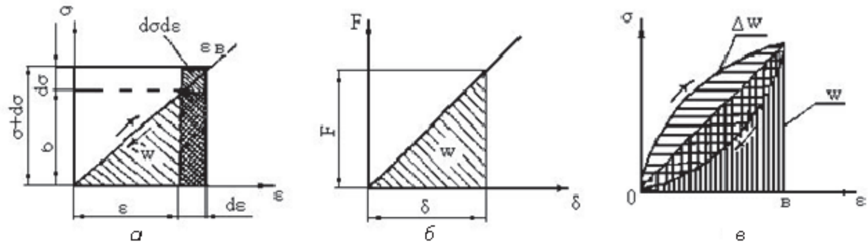


Рис.1. Визначення енергії, що витрачається на деформування матеріалу:
а, б – пружне тіло; *в* – непружне тіло

Точка *А* на діаграмі відповідає деформації ε тіла, що деформувалося під дією напруження σ. При наступному невеликому прирості напруження *d*σ виникає нова відносна деформація *d*ε з переходом тіла в стан, якому на діаграмі деформацій відповідає точка *В*. Перехід тіла зі стану *А* в близький для нього новий стан *В* потребує витрати елементарної кількості енергії *dW*, що дорівнює (відносно до одиниці об'єму тіла) добутку діючого в цей момент напруження σ + *d*σ на переміщення його точки прикладення *d*ε. Отримана аналітична залежність для визначення на деформування матеріалу, який моделюється системою з дискретними параметрами.

Розгляд середовища з розподіленими параметрами полягала у введенні в рівняння руху параметра, що враховує енергію не тільки на хвилеутворення, а і на її згасання. Застосовуючи метод [2] отримано аналітичну залежність для визначення енергії, яка відрізняється від пружного коефіцієнтом, що враховує хвильові процеси в матеріалі. В роботі здійснено порівняння енергії на деформування матеріалу, який моделюється системами з дискретними і розподіленими параметрами.

1. Назаренко І.І. Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії. Навчальний посібник. К: КНУБА, 2007. – 229 с.
2. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем. Навчальний посібник (2-ге видання).- К.:Видавничий Дім «Слово», 2010. – 440с.

General approaches to determining the energy for material deformation

Volodymyr Sliusar, *graduate student of the department of machines and equipment of technological processes,* https://orcid.org/0000-0003-4332-3144

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

The purpose of the research is to analyze the determination of the energy for deformation of the material, which is modeling by systems with discrete and distributed parameters.

One of the methods of determining the energy W is to consider the pressure of the working body on the material in the contact zone [1].Determination of pressure in the theoretical plan is a minor problem. The problem lies in choosing a model that adequately corresponds to the real process. The method of determining W according to formula (1) for the model of an elastic body that deforms under the action of an external force according to Hooke's law is considered.

The course of deformation of the body with increasing stress is carried out with the help of the deformation diagram (Fig. 1, a).

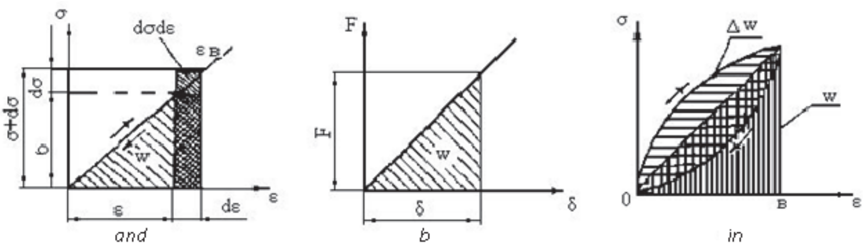


Fig. 1. Determination of the energy spent on deformation of the material:
a, b - elastic body; c is an inelastic body

Point A on the diagram corresponds to the deformation ε of the body, which was deformed under the action of stress σ. With the next small increase in stress dσ, a new relative deformation dε occurs with the transition of the body to the state to which point B corresponds on the deformation diagram. The transition of the body from state A to a new state close to it B requires the expenditure of an elementary amount of energy dW equal to (relative to unity body volume) of the product of the currently acting stress σ + dσ on the displacement of its attachment point dε. The obtained analytical dependence for determining the deformation of the material, which is modeled by a system with discrete parameters.

Consideration of a medium with distributed parameters consisted in introducing a parameter into the equation of motion that takes into account the energy not only for wave formation, but also for its decay. Using the method [2], an analytical dependence was obtained for determining the energy, which differs from the elastic one by a coefficient that takes into account wave processes in the material. The paper compares the deformation energy of the material modeled by systems with discrete and distributed parameters.

1. Nazarenko I.I. Vibrating machines and processes of the construction industry. Tutorial. K: KNUBA, 2007.–229 p.
2. Nazarenko I.I. Applied problems of the theory of vibration systems. Tutorial (2nd edition). - K.: Slovo Publishing House, 2010. - 440p.

Підсилення прогонів шляхом улаштування двох пружних опор

Олександр Глітін, *канд.техн.наук, доцент кафедри Металевих і дерев'яних конструкцій,* http://orcid.org/0000-0003-1697-6473
Сергій Радецький, *асистент кафедри Металевих і дерев'яних конструкцій,* http://orcid.org/0000-0001-5798-1987
Ілля Лисюк, *здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за ОП «Промислове і цивільне будівництво,* http://orcid.org/ 0009-0008-8022-2813

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

В теперішній час є актуальним підсилення згинальних елементів (особливо сталевих прогонів покриття) улаштуванням двох пружних опор в прольоті.

При такому підсиленні (рис.1) на несучу конструкцію (ферму і т.п.) установлюють з обох боків підсилюваного прогону двоконсольні елементи (підпруги), які на кінцях скріплюють з підсилюваним прогоном за допомогою підкладки із оцупка швелера і болтів.

Конструктивне рішення виконують без застосування зварювання і без порушення цілісності підсилюваного елемента. Для створення попереднього напруження у вузлах на кінцях підпруг передбачають необхідний зазор Δ, який закривається при затягуванні болтів.

Розрахунок підсилення виконується за методикою наведеною в [1], з урахуванням коефіцієнтів наведених в [2].

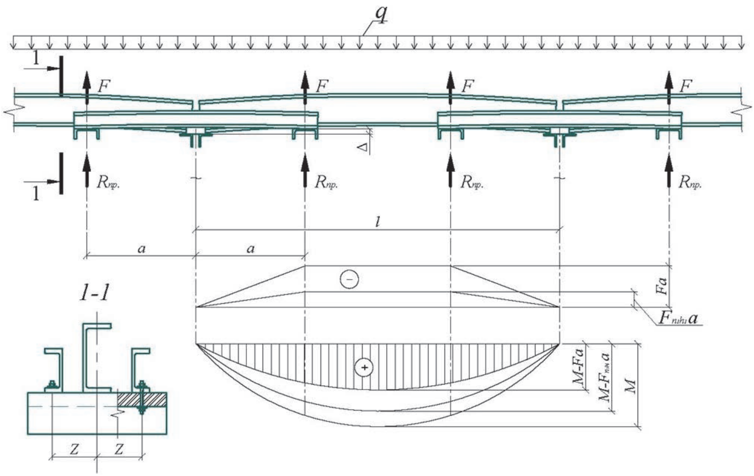


Рис. 1 - Схема конструктивного рішення підсилення прогону з застосуванням двох пружних опор в прольоті і епюри моментів

Розроблена методика розрахунку [1] підсилення прогонів і балок для типових конструктивних рішень проста і забезпечує надійну роботу підсилених конструкцій.

1. Бабічев П.Є., Глітін О.Б., Радецький С.Б., Практична методика розрахунку підсилення металевих прогонів і балок шляхом улаштування двох пружних опор в прольоті. / Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник /Головн.ред. М.М. Осетрін.-К.,КНУБА, 2019.-Вип. 71.-492 с.
2. ДБН В.1.2-14:2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Державні будівельні норми України. – К.: Мінрегіон України, 2009.

Strengthening of spans by arranging two elastic supports

Oleksandr Glitin, *PhD, ass. Prof. Department of steel and wooden structures Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture,* *http://orcid.org/0000-0003-1697-6473*
Sergiy Radetskyi, *assistant of Department of steel and wooden structures Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture,* *http://orcid.org/0000-0001-5798-1987*
Illia Lysiuk, *Bachelor's student,* *http://orcid.org/ 0009-0008-8022-2813*

Kyiv national university of construction and architecture (Kyiv)

Currently, the strengthening of bending elements is relevant (especially the steel purlins of the roof covering) by arranging two elastic supports in the span.

With such reinforcement (Fig.1) on the load-bearing structure (truss and etc.) two-console elements (braces) are installed on both sides of the reinforced purlin, which are fastened at the ends with a reinforced purlin using a lining made of a channel beam and bolts.

The construction design solution is performed without the use of welding and without violating the integrity of the reinforced element. To create a prestress in the nodes at the ends of the braces, the necessary gap Δ is provided, which is closed when the bolts are tightened.

The gain calculation is performed according to the given method in [1], taking into account the coefficients given in [2].

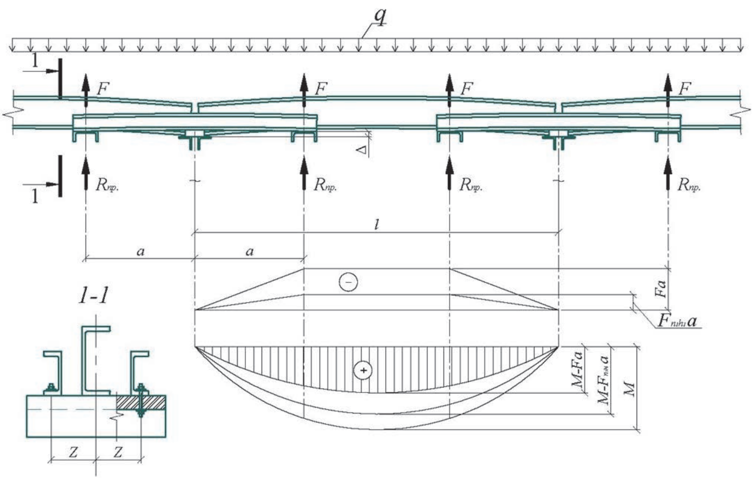


Fig. 1 – Scheme of the construction design solution for strengthening the span with the use of two elastic supports in the span and the plot of moments.

The developed method of calculation [1] of strengthening purlins and beams for typical structural solutions is simple and ensures reliable operation of reinforced structures.

1. Babichev P.E., Glitin O.B., Radetskyi S.B., Practical method of calculation of reinforcement of steel purlins and beams by installation of two elastic supports in span. / Mistobuduvann`a ta terutorial`ne planuvann`a: Naukovo-tekhnichnuy zbirnuk /Holovnuy redaktor. M.M. Osetrin.-K., KNUBA, 2019.-red. 71.-492p. (in Ukr.)
2. DBN V.1.2-14:2009. Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh obiektiv [Reliability and safety of construction sites assurance system] – K. Minrehion Ukrainy 2009. – 37 p. (in Ukr.)

СЕКЦІЯ 2

«Сучасні будівельні матеріали»

Дослідження впливу $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ на показники кислотостійкості гібридних лужних цементів

Вікторія Зозулинець[1,2], *аспірант, м.н.с.,* *http://orcid.org/0000-0002-8066-2033*
Олександр Ковальчук[1,2], *канд. техн. наук, с.н.с.,* *http://orcid.org/0000-0001-6337-0488*

[1]*Науково-дослідний інститут в'яжучих речовин та матеріалів ім. В.Д. Глуховського*
[2]*Київський національний університет будівництва і архітектури*

Як відомо, цементні матеріали мають лужну природу. Однак за рахунок цього вони схильні до реакції нейтралізації кислотами, що призводить до руйнування структури затверділого каменю [1]. Непридатність використання традиційних будівельних матеріалів для експлуатації в середовищі з низьким pH та складність роботи з існуючими кислотостійкими цементами обумовлює актуальність розробки нового виду кислотостійких матеріалів. Стійкість до впливу агресивних середовищ є однією з основних властивостей, характерних для лужних цементів, що виокремлює їх з ряду традиційних в'яжучих речовин. Тому саме їх модифікація хімічними та мінеральними добавками різного походження є доцільною при розробці кислотостійких цементів нового покоління [2].

Попередні дослідження базувались на зниженні основності гідросилікатів, що формуються в процесі структуроутворення штучного каменю. А дане – на вивченні ролі аніону на процес отримання кислотостійкого матеріалу в результаті формування фосфатних зв'язків. Це певна аналогія з традиційними кислотостійкими в'яжучими, але у даному випадку дослідження проводилися на шлаколужних системах з додавання фосфатної солі ($Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$) у кількості 2, 4 та 6%. Об'єктом дослідження є шлаколужна система «доменний гранульований шлак – лужний компонент – $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$».

Результати дослідження компонентних складів підтверджують, що відсотковий вміст $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ прямопропорційно впливає на показник тіста нормальної густини (ТНГ) та терміни тужавлення системи. Зі збільшенням кількості солі показник ТНГ зменшується, а терміни тужавлення, навпаки збільшуються, що також має позитивний вплив на структуроутворення цементного каменю.

За наявності в системі 6% $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$, показник ТНГ складає 18,5%, а терміни тужавлення характеризуються параметрами: початок тужавлення – 75 хв, кінець – 95 хв. Для порівняння, контрольний склад (без додавання $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$) має більшу водопотребу (ТНГ – 22,0%), а початок та кінець тужавлення складає 30 хв та 50 хв відповідно.

За результатами прискореного методу визначення кислотостійкості цементних систем, можна зробити висновок, що введення в систему до 6% $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ призводить до збільшення коефіцієнта кислотостійкості. Найкращий результат отримується при наявності в компонентному складі 2% $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$, при цьому коефіцієнт кислотостійкості складає K_c = 0,97, а втрата маси після випробування знаходиться в межах 10%.

Метод витримування зразків у 5% розчині H_2SO_4 підтверджує ефективність використання даної солі для підвищення кислотостійкості лужних цементів. Оптимальним залишається її вміст у кількості 2% (втрата міцності після 30 діб витримування складає 15,7%). Після 90 діб витримування у 5% розчині H_2SO_4, найменшим показником втрати міцності (25,7%) характеризується склад з додаванням $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ у кількості 4%. При цьому збільшення об'єму зразків підвищилось до 3,3%.

1. Damion, T., & Chaunsali, P. (2022). Evaluating acid resistance of Portland cement, calcium aluminate cement, and calcium sulfoaluminate based cement using acid neutralisation. Cement and Concrete Research, 162, 107000.
2. Зозулинець В.В., Ковальчук О.Ю., Перспектива розробки кислотостійких гібридних цементів на основі лужноактивованих в'яжучих речовин // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2022. – Вип. 50 – С. 15-21.

Study of the effect of $Na_3PO_4{\cdot}12H_2O$ on the acid resistance of hybrid alkaline cements

Viktoriia Zozulynets, *Postgraduate student, Junior Researcher, http://orcid.org/0000-0002-8066-2033*
Oleksandr Kovalchuk, *PhD (Tech.), Senior Researcher, http://orcid.org/0000-0001-6337-0488*

Scientific Research Institute for Binders and Materials
Kyiv National University of Construction and Architecture

As you know, cement materials have an alkaline nature. However, due to this, they are prone to a neutralization reaction with acids, which leads to the destruction of the hardened stone structure[1]. The unsuitability of using traditional building materials for operation in a low pH environment and the difficulty of working with existing acid-resistant cements determine the urgency of developing a new type of acid-resistant materials. Resistance to the influence of aggressive environments is one of the main properties characteristic of alkaline cements, which distinguishes them from a number of traditional binders. Therefore, it is their modification with chemical and mineral additives of various origins that is appropriate in the development of acid-resistant cements of the new generation [2].

Previous studies were based on reducing the basicity of hydrosilicates formed in the process of structuring artificial stone. And this is based on the study of the role of anion in the process of obtaining an acid-resistant material as a result of the formation of phosphate bonds. This is a certain analogy with traditional acid-resistant binders, but in this case, studies were conducted on slag-alkaline systems with the addition of phosphate salt ($Na_3PO_4{\cdot}12H_2O$) in the amount of 2, 4 and 6%. The object of the research is the slag-alkaline system "blast granulated slag - alkaline component - $Na_3PO_4{\cdot}12H_2O$".

The results of the study of the component compositions confirm that the percentage of $Na_3PO_4{\cdot}12H_2O$ directly affects the index of the normal density dough (NDD) and the hardening time of the system. With an increase in the amount of salt, the NDD indicator decreases, and the hardening time, on the contrary, increases, which also has a positive effect on the structure formation of cement stone.

In the presence of 6% $Na_3PO_4{\cdot}12H_2O$ in the system, the NDD indicator is 18.5%, and the hardening time is characterized by the following parameters: the beginning of hardening is 75 min, the end is 95 min. For comparison, the control composition (without the addition of $Na_3PO_4{\cdot}12H_2O$) has a higher water demand (NDD - 22.0%), and the beginning and end of curing is 30 min and 50 min respectively.

According to the results of the accelerated method of determining the acid resistance of cement systems, it can be concluded that the introduction of up to 6% $Na_3PO_4{\cdot}12H_2O$ into the system leads to an increase in the acid resistance coefficient. The best result is obtained with the presence of 2% $Na_3PO_4{\cdot}12H_2O$ in the component composition, while the acid resistance coefficient is Ks = 0.97, and the mass loss after the test is within 10%.

The method of holding samples in a 5% H_2SO_4 solution confirms the effectiveness of using this salt to increase the acid resistance of alkaline cements. Its content in the amount of 2% remains optimal (loss of strength after 30 days of aging is 15.7%). The increase in the volume of the tested samples does not exceed 2.5%. After 90 days of aging in a 5% H_2SO_4 solution, the composition with the addition of $Na_3PO_4{\cdot}12H_2O$ in the amount of 4% is characterized by the lowest strength loss (25.7%). At the same time, the increase in the volume of samples increased to 3.3%.

1. Damion, T., & Chaunsali, P. (2022). Evaluating acid resistance of Portland cement, calcium aluminate cement, and calcium sulfoaluminate based cement using acid neutralisation. Cement and Concrete Research, 162, 107000.
2. Zozulynets V.V., Kovalchuk O.Yu. Perspektyva rozrobky kyslotostiikykh hibrydnykh tsementiv na osnovi luzhnoaktyvovanykh viazhuchykh rechovyn // Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn. – 2022. – Vyp. 50 – S. 15-21.

Рішення з гідроізоляції підземних будівельних споруд високотехнологічними полімерними матеріалами

Олександр Панченко[1,2]**,** *канд.техн.наук, доцент кафедри Залізобетонних та кам'яних конструкцій,* [*http://orsid.org/0000-0003-1634-0715*](http://orsid.org/0000-0003-1634-0715)
Артем Захаров[2]*, керівник напрямку «Гідроізоляція»,* [*https://orcid.org/0009-0004-2144-8776*](https://orcid.org/0009-0004-2144-8776)
Сергій Спець[2]*, керівник напрямку «Ремонт та Відновлення»* [*https://orcid.org/0009-0003-9487-6758*](https://orcid.org/0009-0003-9487-6758)

[1]*Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)*
[2]*ТОВ Сіка Україна (м. Київ)*

Мета –показати переваги та запропонувати застосування систем гідроізоляції на основі еластичних полімерних матеріалів.

Захист відповідних споруд, що знаходяться під землею і зазнають впливу водяного тиску, вимагають комплексного вирішення завдання ізоляції. З досвіду застосування захисних матеріалів і рішень можна розділити систему ізоляції на кілька рівнів: влаштування водонепроникних захисних огороджувальних конструкцій (водонепроникний бетон), гідроізоляція швів та примикань, влаштування захисних шарів ізоляції. Тиск води, хімічні дії та можливі механічні навантаження вимагають від ізоляції підвищених характеристик до опору даним впливам. Сучасні полімерні матеріали дозволяють створити комплексний захист із забезпеченням водонепроникності та відповідно довговічності споруд, що знаходяться під землею.

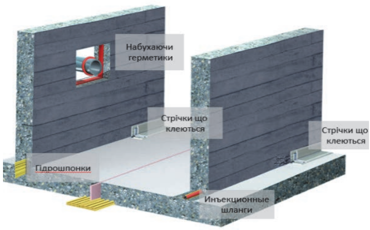


Рис.1. Рішення з ізоляції примикань і вводів комунікацій

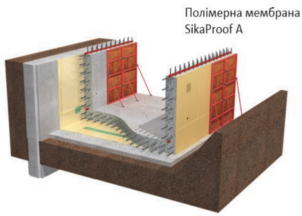


Рис.2. Рішення з ізоляції споруд полімернимимембранами

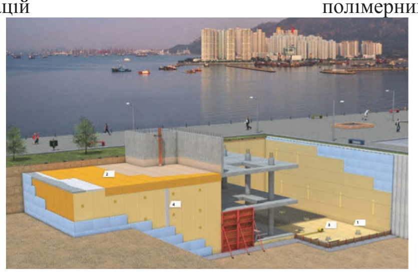


Рис.3. Комплексне рішення з гідроізоляції

1. DIN 18197, стандарт, редакція: 2011-04: Герметизація швів у бетоні водяними барстопами, Beuth Verlag, Берлін.
2. Hohmann, R.: Герметизація швів у водонепроникних бетонних конструкціях. Штутгарт, Fraunhofer irB Verlag, 2011
3. Шлумпф, Дж.; Бічер, Б.; Швун, О. (видавець: Sika Services ag, Цюріх): Довідник Sika Concrete. Цюрих, 2012
4. Цемент-Ташенбух; 51.ausgabe 2008; Verein Deutscher Zementwerke (видавець);

Solutions for waterproofing underground constructions with high-tech polymer materials

Oleksandr. Panchenko*[1,2], *candidate of technical sciences, docent of the Department of Reinforced Concrete and StoneStructures, http://orsid.org/0000-0003-1634-0715
Artem Zakharov*[2], *TM Manager of the "Waterproofing", https://orcid.org/0009-0004-2144-8776
Serhii Spets*[2], *TM Managerof the "Refurbishment", https://orcid.org/0009-0003-9487-6758

[1]Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)
Sika Ukraine LLC (Kyiv)

The target - to show the advantages and propose the use of waterproofing systems based on elastic polymer materials.

The protection of the relevant structures located underground and exposed to water pressure requires a comprehensive solution to the task of insulation. Based on the experience of using protective materials and solutions, the insulation system can be divided into several levels: installation of waterproof protective enclosing structures (waterproof concrete), waterproofing of seams and joints, installation of protective layers of insulation. Water pressure, chemical actions and possible mechanical loads require insulation with increased characteristics to withstand these influences. Modern polymer materials make it possible to create complex protection with waterproofing and accordingly, durability of structures located underground.

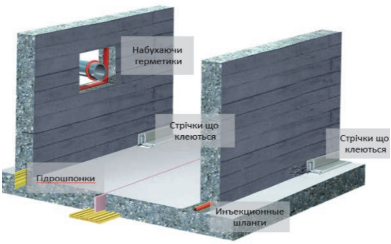


Fig.1. Solutions for isolation of connections and inputs of communications

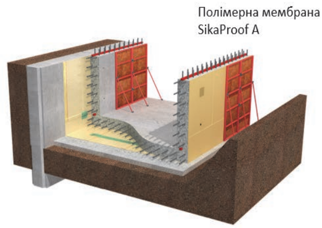


Fig.2.Solutions for waterproofing buildings with polymer membranes

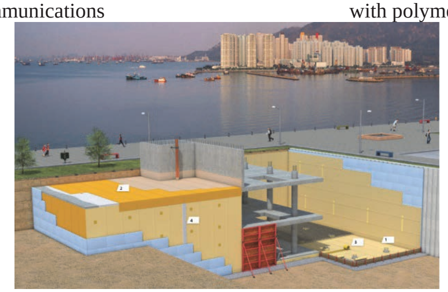


Fig.3. A comprehensive waterproofing solution

1. DIN 18197, standart, redaktsiia: 2011-04: Hermetyzatsiia shviv u betoni vodianymy barstopamy, Beuth Verlag, Berlin.
2. Hohmann, R.: Hermetyzatsiia shviv u vodonepronyknykh betonnykh konstruktsiiakh. Shtuthart, Fraunhofer irB Verlag, 2011
3. Shlumpf, Dzh.; Bicher, B.; Shvun, O. (vydavets: Sika Services ag, Tsiurikh): Dovidnyk Sika Concrete. Tsiurykh, 2012
4. Tsement-Tashenbukh; 51.ausgabe 2008; Verein Deutscher Zementwerke (vydavets)

Застосування органо-мінеральних комплексних добавок для зниження розігріву та усадки бетону в масивних конструкціях

Анатолій Сінякін[1,2], *канд.техн.наук, доцент кафедри Матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій,* http://orsid.org0000-0003-0546-3074.

Олексій Кабусь[1], *канд.техн.наук,доцент кафедри Матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій,* https://orcid.org/0000-0002-2940-0513.

[1]*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова;*
[2]*ТОВ «Сіка Україна»*

Тенденції зведення масивних споруд спеціального призначення показують збільшення обсягів використання високорухливих бетонних сумішей і бетонів класів С30/37-С35/45 і вище. Стандартні склади таких бетонів характеризуються підвищеною витратою цементу, яка досягає 500-580 кг/м^3, що в значній мірі підвищує тепловиділення та усадку бетону і пов'язані з цимвнутрішні напруження з подальшимутворенням тріщин у відповідальних масивних конструкціях[1].

Мета дослідження –випробування бетонних сумішей і бетонів з комплексними добавками, що значно знижують витрату цементу, тепловиділення та усадку бетону.

Випробувані комплекси складались з суперпластифікатора на полікарбоксилатній основі (SP), пуцоланової добавки мікрокремнезему (SF), сповільнювача твердіння (R) та полімеру для внутрішнього догляду за бетоном (C1), що знижує усадку та тріщиноутворення при висиханні бетону.Випробування показали, що використання комплексних добавок дозволило знизити витрату цементу до 30% без зміни рухливості і міцності бетону. Для досягнення такого високого ефекту було збільшено витрату SP від 0,6-0,8% (для звичайних бетонів) до 1-1,5%. Наявність висодисперсного мікрокремнеземуSF забезпечувала зв'язність та відсутність розшарування в суміші. Результати визначення впливу добавок на початкову кінетику твердіння бетону (рис.1) свідчать про значний вплив добавок на зниження розігріву бетону. В порівнянні з контрольним складом №1 (500 кг цементу), склади№2 з SP(400 кг цементу) та№3 з SP+SF+C1 (350 кг цементу) при відсутності збільшення тривалості індукційного періоду маютьменшу інтенсивність підйому температуриі максимальний розігрів бетону в адіабатичних умовах [2], особливо на першу добу твердіння.

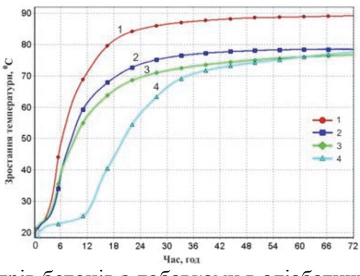


Рис.1 – Розігрів бетонів з добавками в адіабатичному калориметрі

Введення сповільнювача Rдо складу SP+SF+C1дозволяє регулювати початкове сповільнення (склад №4), що частопередбачено технологією бетонування масивних конструкцій. Таким чином, показано, що використання комплексів, які складаються з добавок різної функціональності, дозволяє, в перш за все за рахунок зменшення витрати цементу, знизити ризики тріщиноутворення увідповідальних масивних конструкціях.

1. ACI 207.1R-05:2012 – Guide to Mass Concrete. – 30 p.
2. EN 12390-15:2019. Testing hardened concrete adiabatic method for the determination of heat released by concrete during its hardening process.

Application of organo-mineral complex additives to temperature control and shrinkage of concrete in massive structures

Anatoliy. Sinyakin*[1,2],*PhD, associate professor of the Department of Materials Science and Engineering of Composite Structures,* *http://orcid.org/0000-0003-0546-3074

***Oleksiy. Kabus*[1]*, associate professor of the Department of Materials Science and Engineering of Composite Structures,* *https://orcid.org/0000-0002-2940-0513*.**

[1]*O.M. Beketov National University of Urban Economy in Khatkiv;*

[2]*LLC "Sika Ukraina"*

Trends in the construction of massive special-purpose structures show an increase in the use of high slump concrete mixtures and concrete of classes C30/37-C35/45 and higher. Standard compositions of such concretes are characterized by increased cement consumption, which reaches 500-580 kg/m^3, that significantly increases the heat release and shrinkage of concrete and the associated internal stresses with the subsequent formation of cracks in the responsible massive structures [1].

The purpose of the research is to test concrete mixtures and concrete with complex additives, which significantly reduce cement consumption, heat generation and shrinkage of concrete.

The tested complexes consisted of a polycarboxylate-based superplasticizer (SP), a microsilica pozzolanic additive (SF), a hardening retarder (R) and polymer admixture for internal curing of concrete (C1), which reduces shrinkage and drying cracking of concrete. Tests showed that the use of complex additives made it possible to reduce cement consumption by up to 30% without changing the mixtures slump and strength of concrete. To achieve such a high effect, the consumption of SP was increased from 0.6-0.8% (for ordinary concrete) to 1-1.5%. The presence of highly dispersed SF microsilica helps prevent both bleeding and segregation. The results of determining the effect of additives on the initial kinetics of concrete hardening (Fig. 1) indicate a significant effect of additives on reducing the heating of concrete. In comparison with control composition No. 1 (500 kg of cement), compositions No. 2 with SP (400 kg of cement) and No. 3 with SP+SF+C1 (350 kg of cement) in the absence of an increase in the duration of the induction period have a lower intensity of temperature rise and a maximum heating of concrete in adiabatic conditions[2], especially on the first day of hardening.

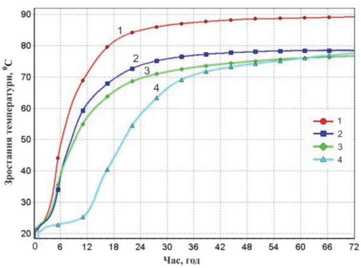


Fig.1 – Heating of concrete with additives in an adiabatic calorimeter

The introduction of the retarder R into the composition of SP+SF+C1 allows to adjust the initial deceleration (composition No. 4), which is often provided by the technology of concreting massive structures. Thus, it is shown that the use of complexes consisting of additives of different functionality allows, primarily due to the reduction of cement consumption, to reduce the risks of cracking in responsible massive structures.

1. ACI 207.1R-05:2012 – Guide to Mass Concrete. – 30 p.
2. EN 12390-15:2019. Testing hardened concrete adiabatic method for the determination of heat released by concrete during its hardening process.

Перспективи застосування дисперсноармованих бетонів у сучасному будівництві

Катерина Пушкарьова, *д-р .техн.наук, завідувач кафедри будівельних матеріалів,*http://orcid.org/0000-0001-7640-8625
Марина Кочевих, *канд.техн.наук, доцент кафедри будівельних матеріалів,*http://orcid.org/0000-0002-6201-3507
Ольга Гончар,*канд.техн.наук, доцент кафедри будівельних матеріалів,* http://orcid.org/0000-0002-1071-7553
Іван Марченко, *здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти за ОП «Технології будівельних конструкцій,виробів і матеріалів»,*http://orcid.org/0009-0008-2986-5119

Київського національного університету будівництва і архітектури (м.Київ)

Дисперсноармований бетон виник як альтернатива залізобетону, особливо в разі його застосування для тонкостінних конструкцій[1]. Різновидами цього бетону є фібробетон, сталефібробетон, склофібробетон, «текстильний» бетон.

Склофібробетон отримують на основі портландцементу, дрібного заповнювача, лугостійкого скляного волокна (фібри) та органо-мінеральних добавок. Як фібру використовують лугостійке волокно, що містить оксид циркону. Постачальниками такого волокна є зарубіжні компанії, такі як***Fibre Technologies International Ltd. (Бристоль, Англия), L'Industrielle De Prefabrication (Прист, Франция), Cem-Fil (Чикаго, США).***Основні властивості склофібробетону: середня густина – 1700…2250 кг/м^3; міцність при стиску – 50…85 МПа, міцність при згині – 21…32 МПа; коефіцієнт теплопровідності – 0.52…0.75 Вт/м·К; морозостійкість – F150…F300; водонепроникність – W6…W20; КЛТР – (8…12)□10^{-6} °С$^{-1}$. Залежно від мети використаннясклофібробетону можна надавати різних властивостей шляхом зміни розміру та кількості армувальних компонентів, їх комбінування і технології виробництва. Це дозволяє отримувати матеріали, різні за призначенням: декоративні, спеціальні, конструкційні або гідроізоляційні[2].

Функціональність склофібробетону (СФБ) доповнюється його винятковою пластичністю та можливістю створення абсолютно довільних форм. Цей матеріал надає архітекторові майже нескінченний вибір нетривіальних рішень, що стосуються формоутворення конструкцій, до яких додається велика різноманітність текстур і широка палітра кольорів. Склофібробетон дозволяє імітувати камінь, дерево, чавун та інші будівельні матеріали[2].

СБФ завдяки імітації поверхні бетону підходить як для виконання зовнішніх робіт, так і для оздоблення інтер'єрів в сучасних стилях (мінімалізм, пром, хай-тек, техно, лофт).СФБ в оформленні фасадів будівель може бути альтернативою гіпсу. Можливість імітувати гіпсові вироби дозволяє використовувати СФБ при реставраційних роботах. СФБ-панелі придатні для влаштування вентильованих фасадів, а багатошарові «сендвіч-панелі» можуть бути одночасно і несучою конструкцією, і утеплювачем стіни. Покрівельні матеріали зі склофібробетону, що імітують шифер або черепицю, карнизи, димові труби і парасольки до них, міцніше і довговічніше натуральних (гарантія до 30 років), вони не бояться перепадів температур, високої вологості та забрудненого повітря. Новітній тренд – стиль лофт (цегла, бетон зі слідами опалубки) може бути реалізований саме з використанням склофібробетону. Ще одна найважливіша сфера застосування склофібробетону – будівництво автодоріг, мостів і тунелів. Цей матеріалводонепроникний, майже не проникний для хлоридів, відмінно захищає сталеву арматуру від корозії. Менш відома область застосування склофібробетону (– виробництво труб великого діаметру для трубопроводів різного призначення[2].

1. Дорошенко О. Ю. Досвід застосування фібробетону у будівництві / О. Ю. Дорошенко, Ю. М. Дорошенко// Зб.наук.пр. ДЕТУТ : 149 Серія «Транспортні системи і технології». – Вип. 24. – К.: ДЕТУТ, 2014. – С. 5-11.
2. Бендюк А. Склофібробетон - інноваційний будівельний матеріал 21-го століття. – Polobud. - 2021/https://teletype.in/@polobud

Prospects for the use of dispersed reinforced concrete in modern construction

Katerina Pushkarova, *doctor of technical Sciences, head of the Department of Building materials, http://orcid.org/0000-0001-7640-8625*
Maryna Kochevykh , *candidate of technical Sciences, associate professor of the Department of Building materials, http://orcid.org/0000-0002-6201-3507*
Olga Honchar, *candidate of technical Sciences, associate professor of the Department of Building materials, http://orcid.org/0000-0002-1071-7553*
Ivan Marchenko, *Master's student, http://orcid.org/0009-0008-2986-5119*

Kyiv National University of Construction and Architecture

Dispersion-reinforced concrete emerged as an alternative to reinforced concrete, especially in the case of its use for thin-walled structures[1]. Types of this concrete are fiber concrete, steel fiber concrete, fiberglass concrete, "textile" concrete.

Fiberglass concrete is obtained on the basis of Portland cement, fine aggregate, alkali-resistant glass fiber (fiber) and organo-mineral additives. An alkali-resistant fiber containing zirconium oxide is used as a fiber. Suppliers of such fiber are foreign companies such as**Fibre Technologies International Ltd. (Bristol, England), L'Industrielle De Prefabrication (Прист, Франция), Cem-Fil (Chicago, USA).**The main properties of fiberglass concrete: average density - 1700...2250 kg/m3; compressive strength - 50...85 MPa, bending strength - 21...32 MPa; coefficient of thermal conductivity - 0.52...0.75 W/m·K; frost resistance - F150...F300; water resistance - W6...W20; CLTR - (8...12)□10-6 °C-1.Depending on the purpose of using fiberglass concrete, different properties can be given by changing the size and number of reinforcing components, their combination and production technology. This allows you to obtain materials with different purposes: decorative, special, structural or waterproofing [2].

The functionality of fiberglass concrete is complemented by its exceptional plasticity and the ability to create completely arbitrary shapes. This material provides the architect with an almost infinite choice of non-trivial solutions related to the formation of structures, to which is added a wide variety of textures and a wide palette of colors. Fiberglass concrete allows to imitate stone, wood, cast iron and other building materials [2].

Thanks to the imitation of the surface of concrete, fiberglass concrete is suitable for both exterior work and interior decoration in modern styles (minimalism, industrial, hi-tech, techno, loft). Fiberglass concrete can be an alternative to plaster in the design of building facades. The ability to imitate gypsum products allows the use of fiberglass concrete in restoration works.Fiberglass concrete panels are suitable for installing ventilated facades, and multilayer "sandwich panels" can be both a load-bearing structure and wall insulation at the same time. Roofing materials made of fiberglass concrete imitating slate or tiles, eaves, chimneys and umbrellas for them are stronger and more durable than natural ones (warranty up to 30 years), they are not afraid of temperature changes, high humidity and polluted air. The latest trend - the loft style (brick, concrete with traces of formwork) can be realized precisely with the use of fiberglass concrete.Another important field of application of fiberglass concrete is the construction of highways, bridges and tunnels. This material is waterproof, almost impervious to chlorides, perfectly protects steel fittings from corrosion. A less well-known field of application of fiberglass concrete is the production of large-diameter pipes for pipelines of various purposes [2].

1. Doroshenko O. Yu. Dosvid zastosuvannia fibrobetonu u budivnytstvi / O. Yu. Doroshenko, Yu. M. Doroshenko// Zbirnyk naukovykh prats DETUT : 149 Seriia «Transportni systemy i tekhnolohii». – Vyp. 24. – K.: DETUT, 2014. – S. 5-11.
2. Bendiuk A. Sklofibrobeton - innovatsiinyi budivelnyi material 21-ho stolittia. – Polobud. - 2021/https://teletype.in/@polobud .

Дослідження здатностігеополімерів до аутогенного відновлення

Марина Суханевич, *докт.техн.наук, професор кафедри Будівельних матеріалів,* *http://orcid.org/0000-0002-9644-2852*
Софія Макаренко*, здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Хімічні технології та інженерія»,* *https://orcid.org/0009-0007-5351-7547*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження –встановити потенційну можливість геополімерних бетонів до аутогенного самовідновлення та показати шляхи вдосконалення процесів заліковування тріщин в конструкціях.

На сьогоднішній день важливою проблемою світу є зменшення викидів парникових газів в атмосферу. Тому геополімерні матеріали, на відміну від портландцементних композитів, представляють стають перспективними не тільки завдяки здатності до сталого розвитку, меншим енерговитратам на виробництво, але й з урахуванням їх високих механічних та спеціальних властивостей.

Подібно до портландцементних бетонів, геополімерні бетони здатні до утворення тріщин, які підвищують проникність конструкції та, зрештою, до руйнування. Традиційно відновлення конструкцій відбувається шляхом поверхневого ремонту або ін’єкуванням різними матеріалами. В деяких випадках такі способи ремонту вважаються затратними та неефективними [1]. Увагу дослідників привернули потенційні можливості неорганічних композитів до самовідновлення шляхом закриття тріщин та подолання внутрішніх дефектів. На процес самовідновлення матриці впливають декілька факторів, а тому числі кількість негідратованих частинок, спосіб затвердіння матриці, її проникність та взаємозв’язок пор у матриці [1].

Проведеними дослідженнями було встановлено потенційну здатність геополімерів до самовідновлення за рахунок ре-активації матриці розчинами лугів, в результаті чого синтезуються цеолітоподібні новоутворення складу N-A-S-H та відбувається аутогенне загоєння тріщин.Встановлено кореляційну залежність між рівнем пошкодження та ступенем самовідновлення: чим меншою є ширина розкриття тріщин, тим меншою є дифузія і більшим самовідновлення.

Виявлено вплив температурного фактору на здатність до самовідновлення та прискорення процесу геополімеризації, та показано, що підвищення температури до 80^{o}С пришвидшує набір відновлювальної міцності [2].

Цікавою особливістю геополімерів виявилась здатність до самовідновлення у матеріалів, виготовлених на основі відходів будівництва та знесення споруд (цегляний бій, бетонний щебінь, скляний бій), причому механізм загоєння тріщин подібний до цементних бетонів за рахунок осадженню карбонату кальцію в порах та пустотах [3].

Отже, потенціал геополімерних бетонів як матеріалів, здатних до аутогенного відновлення, ще повністю не розкритий, враховуючи їхній широкий сировинний склад та можливість модифікації структури різними наповнювачами мікро- та нанорозміру [4]. Особливо цікавим вбачається можливість використання зруйнованих бетонних і цегляних споруд у якості компонентів геополімерів, що можливо використати при відновленні інфраструктури України.

1. Luhar, S., I. Luhar, and F.U.A.J.I. Shaikh, Review on performance evaluation ofautonomous healing of geopolymer composites. 2021. 6(7): P. 94.
2. Ross, J.H., et al., Permeability recovery by self-healing of class F fly ash-basedgeopolymers. 2022. 10: P. 100048
3. Ulugöl, H., et al., Effects of self-healing on the microstructure, transport, and electricalproperties of 100% construction-and demolition-waste-based geopolymer composites.2021. 121: P. 104081.
4. Суханевич М.В. Порівняння ефективності застосування різних вуглецевих нанодобавок для модифікації цементних композиційних матеріалів. Будівельні матеріали та вироби. №3-4 (95). 2017. С.46-49.

Study of the ability of geopolymers to autogenous self-healing

Maryna Sukhanevych, *Doctor ofTechnical Sciences, Professor of the Department of Building Materials, http://orcid.org/0000-0002-9644-2852*
Sofia Makarenko*, Bachelor's Student, https://orcid.org/0009-0007-5351-7547*

Kyiv National University of Construction and Architecture

The purpose of the study is to establish the potential for autogenous self-healing of Geopolymer concretes and to show ways to improve the processes of crack healing in structures.

Today, reducing greenhouse gas emissions into the atmosphere is an important global issue. That is why geopolymer materials, unlike Portland cement composites, are becoming promising not only due to their ability to be sustainable, lower energy consumption for production, but also due to their high mechanical and special properties.

Similar to Portland cement concrete, Geopolymer concretes are capable of cracking, which increases the permeability of the structure and, ultimately, leads to destruction. Traditionally, structures are rehabilitated by surface repair or injection of various materials. In some cases, such repair methods are considered costly and inefficient [1].

The researchers' attention was drawn to the potential of inorganic composites to self-heal by closing cracks and overcoming internal defects. The self-healing process of the matrix is influenced by several factors, including the amount of non-hydrated particles, the method of curing the matrix, its permeability, and the interconnection of pores in the matrix [1].

The studies have established the potential ability of geopolymers to self-heal by re-activating the matrix with alkali solutions, resulting in the synthesis of zeolite-like neoplasms of the N-A-S-H composition and autogenous crack healing.

A correlation between the level of damage and the degree of self-healing was established: the smaller the crack opening width, the lower the diffusion and the greater the self-healing.

The influence of the temperature factor on the self-healing ability and acceleration of the geopolymerization process was revealed, and it was shown that an increase in temperature to 80°C accelerates the recovery strength [2].

An interesting feature of geopolymers was the ability to self-heal in materials made from construction and demolition waste (brick rubble, concrete rubble, glass rubble), with a crack healing mechanism similar to cement concrete due to the deposition of calcium carbonate in pores and voids [3].

Thus, the potential of geopolymer concretes as materials capable of autogenous recovery has not yet been fully revealed, given their wide raw material composition and the possibility of modifying the structure with various micro- and nanosized fillers [4]. The possibility of using destroyed concrete and brick structures as components of geopolymers, which can be used in the restoration of infrastructure of Ukraine, is particularly interesting.

1. Luhar, S., I. Luhar, and F.U.A.J.I. Shaikh, Review on performance evaluation of autonomous healing of geopolymer composites. 2021. 6(7): P. 94.
2. Ross, J.H., et al., Permeability recovery by self-healing of class F fly ash-based geopolymers. 2022. 10: P. 100048
3. Ulugöl, H., et al., Effects of self-healing on the microstructure, transport, and electrical properties of 100% construction-and demolition-waste-based geopolymer composites. 2021. 121: P. 104081.
4. Sukhanevych M.V. Comparison of the effectiveness of the use of various carbon nanodopavlok for the modification of cement composite materials. Building materials and products. №3-4 (95). 2017. C.46-49.

Підвищення спеціальних властивостей шлакопортландцементних композицій модифікованих відходами скляного бою

Оксана Бердник, *канд.техн.наук, доцент кафедри Технології будівельних конструкцій і виробів,* http://orcid.org/0000-0001-5231-3518
Сергій Виговський*, аспірант кафедри Технології будівельних конструкцій і виробів*
Олексій Ларченко*, засновник ТОВ «Гранд Бетон»*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження –дослідження матеріалів з підвищеними значеннями фізико-механічних та спеціальних властивостей для виробництва бетонів високої якості, отримання захисних покриттів для залізобетонних виробів.

Згідно результатів досліджень складів продуктів гідратації портландцементів зі шлаком, що вміщують оптимальну кількість меленого склопорошку, при різних кількостях гранульованого доменного шлаку, виявлено, що при збільшенні вмісту гранульованого доменного шлаку від 20 до 60 мас. % у складі продуктів гідратації зменшується кількість високоосновних гідросилікатів кальцію та збільшується кількість низькоосновних гідросилікатів кальцію. Найбільші значення міцності штучного каменю, отриманого на основі шлакопортландцементу з вмістом 40% гранульованого доменного шлаку і 5% склопорошку можна пояснити наявністю в складі продуктів гідратації підвищеної кількості низькоосновних гідросилікатів і цеолітоподібних фаз.Дослідженнями доведено можливість використання порошку скляного бою тарного скла в якості активної мінеральної добавки, що впливає на кінетику нарощування міцності при стиску та процеси структуроутворення матеріалу. У результаті оптимізації отримана область існування складів в'яжучої речовини, обмеженої по осі Х1 від 25 до 55%, по осі Х2 від 5 до 7,5% і по осі Х3 значеннями В/Ц від 0,243 до 0,33, що дозволяє отримувати штучний камінь, який характеризується міцністю при стиску 30,0…106,0 МПа протягом 2…90 діб твердіння.

Високі значення міцності при стиску можливо пояснити за рахунок взаємодії склофази ГДШ і склопорошкової складової в'яжучої речовини з портландитом в бік утворення низькоосновних гідросилікатів кальцію, гідрогранатів і цеолітоподібних кальцієвих гідроалюмосилікатів типу вайкаріту, жисмондіну та епістільбіту та натрієвокальцієвих гідроалюмосилікатів типу гонардіту та томсоніту. Запропоновані склади шлакопортландцементу, модифікованого відходами скляного бою, можуть бути рекомендовані для отримання бетонів спеціального призначення з прискореною кінетикою набору міцності, як на початкових так і на пізніх етапах твердіння, а також захисних покриттів для бетону. Раціональне використання доменних шлаків є важливим резервом підвищення ефективності металургійного і цементного виробництва. Доменні шлаки є повноцінним продуктом для виробництва будівельних матеріалів, вони широко використовуються у будівництві доріг і в сільськогосподарському призначенні. При виробництві цементу гранульований доменний шлак використовується у якості активно гідравлічної добавки і в невеликому об’ємі - в якості одного із компонентів сировинної суміші.

Таким чином високі показники кінетики набору міцності та експлуатаційних характеристик свідчать про довговічність отриманих бетонів, які можуть бути рекомендовані до використання: в монолітному будівництві, при зведенні будівель і споруд спеціального призначення (гідротехнічне будівництво, дорожні бетони тощо), для виробництва спеціальних бетонів та бетонів високої якості, при отриманні захисних покриттів для залізобетонних виробів.

1. Meyer C. Recycled glass from waste material to valuable resource / C. Meyer // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium, Dundee UK, 2001. – P. 1–10.
2.Ketov A.A. Peculiar chemical and technological properties of glass cullet as the raw material for foamed insulation / A.A. Ketov // Recycling and Reuse of Waste Materials: Proceedings of the International Symposium. Dundee UK, 2003. – P. 695–704.

Increasing the special properties of slag-portland cement compositions modified with glass battle waste

Oksana Berdnyk,*candidate of technical sciences, Scientific Research Institute for Binders and Materials, http://orcid.org/0000-0001-5231-3518*
Serhiy Vyhovskyi*, postgraduateScientific Research Institute for Binders and Materials*
Oleksiy Larchenko*, founder «Grand Beton»*

Kyiv National University of Construction and Architecture

The purpose of the research is to study materials with increased values of physico-mechanical and special properties for the production of high-quality concrete, obtaining protective coatings for reinforced concrete products.

According to the results of studies of the compositions of Portland cement hydration products with slag containing the optimal amount of ground glass powder, with different amounts of granulated blast furnace slag, it was found that when the content of granulated blast furnace slag increases from 20 to 60 wt. % in the composition of hydration products, the amount of highly basic calcium hydrosilicates decreases and the amount of low-basic calcium hydrosilicates increases. The highest strength values of the artificial stone obtained on the basis of Portland slag cement with a content of 40% granulated blast furnace slag and 5% glass powder can be explained by the presence of an increased amount of low-base hydrosilicates and zeolite-like phases in the composition of the hydration products. Researches have proven the possibility of using the glass powder of container glass as an active mineral additive, which affects the kinetics of increasing compressive strength and the processes of material structure formation. As a result of the optimization, the range of existence of the compositions of the binder was obtained, limited along the X1 axis from 25 to 55%, along the X2 axis from 5 to 7.5%, and along the X3 axis by values of V/C from 0.243 to 0.33, which allows obtaining artificial stone characterized by compressive strength of 30.0...106.0 MPa during 2...90 days of hardening.

High values of compressive strength can be explained due to the interaction of the glass phase of GDSh and the glass powder component of the binder with portlandite in the direction of the formation of low-base calcium hydrosilicates, hydrogarnets and zeolite-like calcium hydroaluminosilicates of the vaikarite, jismondine, and epistilbite type and sodium calcium hydroaluminosilicates of the gonardite and thomsonite type. The proposed compositions of slag portland cement modified with waste glass can be recommended for obtaining special-purpose concretes with accelerated kinetics of strength gain, both at the initial and late stages of hardening, as well as protective coatings for concrete. Rational use of blast furnace slag is an important reserve for improving the efficiency of metallurgical and cement production. Blast furnace slags are a complete product for the production of construction materials, they are widely used in road construction and agricultural purposes. In the production of cement, granulated blast furnace slag is used as an active hydraulic additive and, in a small amount, as one of the components of the raw material mixture.

Thus, high indicators of the kinetics of strength gain and operational characteristics testify to the durability of the obtained concretes, which can be recommended for use: in monolithic construction, in the construction of buildings and structures of special purpose (hydraulic construction, road concrete, etc.), for the production of special concretes and concretes of high quality, when obtaining protective coatings for reinforced concrete products.

1.Meyer C. Recycled glass from waste material to valuable resource / C. Meyer // Recycling and Reuse of glass Cullet: Proceedings of International Symposium, Dundee UK, 2001. – P. 1–10.
2. Ketov A.A. Peculiar chemical and technological properties of glass cullet as the raw material for foamed insulation / A.A. Ketov // Recycling and Reuse of Waste Materials: Proceedings of the International Symposium. Dundee UK, 2003. – P. 695–704.

Вплив полімерної добавки на морфологію кристалів та фізико-механічні властивостідигідрату кальцію

Лілія Кушнєрова, *канд.техн.наук, доцент кафедри Будівельних матеріалів,* *https://orcid.org/0000-0003-0759-4553*
Ольга Гончар, *канд.техн.наук, доцент кафедри Будівельних матеріалів,* *https://orcid.org/0000-0002-1071-7553*
Марина Кочевих, *канд.техн.наук, доцент кафедри Будівельних матеріалів,* *https://orcid.org/0000-0002-6201-3507*
Дмитро Анопко, *канд.техн.наук, доцент кафедри Будівельних матеріалів,* *https://orcid.org/0000-0002-2585-2512*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Метою досліджень було вивчення процесів структуроутворення кристалів дигідрату сульфату кальцію у присутності полімерних добавок та вплив морфології кристалів на фізико-механічні властивості гіпсового в'яжучого.

Першочергово було визначено вплив модифікованого лігносульфонату Centrament N9(S2) на фізико-механічні властивості гіпсової в'яжучої речовини. Додавання добавки Centrament N9 в кількості 0,7% дозволяє знизити показник водо-гіпсового співвідношення на 6%, а також отримати міцність при згині 4МПа та при стиску 10 ПМа, що на 25% та 110% більше ніж без неї, відповідно.

На другому етапі роботи для вивчення впливу добавки на структуроутворення та морфологію кристалів гіпсового в'яжучого було проведено вирощування кристалів дигідрату сульфату кальцію методом зустрічної дифузії у водних розчинах $CaCl_2$ та Na_2SO_4 в присутності добавки Centrament N9(S2).Морфологія кристала визначає швидкість зростання його граней. Дигідрат гіпсу кристалізується у таблитчастій, стовпчастій (рис. 1) і призматичній формах з розвинутими (111), (010) і (110) гранями. Кристали, що утворилися при введенні добавки мають таблитчастий вигляд з переважно розвиненою гранню 010 і форму двійників зрощення у вигляді «хвіст ластівки» (рис. 2) з гранями зрощення 100 і 101.

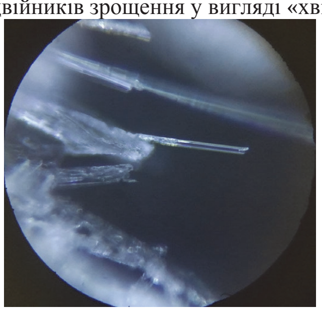


Рис.1 - Вигляд кристала $CaSO_4\ 2H_2O$ без добавки

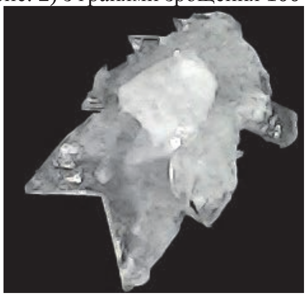


Рис.2- Вигляд кристала $CaSO_4\ 2H_2O$ з добавкою

В результаті експерименту було встановлено, що добавка змінює морфологію кристалів, створює більш упорядковану та щільну структуру, що впливає на підвищення міцності.

1.Дерев'янко, Віктор Миколайович, et al. "Вплив суперпластифікатора мс power flow 3100 на технічні параметри дигідрату сульфату кальцію." Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту 196 (2021): 33-42.
2.Dino Aquilano, Fermín Otálora, Linda Pastero, Juan Manuel García-Ruiz, Three study cases of growth morphology in minerals: Halite, calcite and gypsum, Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials, Volume 62, Issue 2, 2016, Pages 227-251, ISSN 0960-8974, https://doi.org/10.1016/j.pcrysgrow.2016.04.012.

Polymer additives effect on crystal morphology and physical-mechanical properties of calcium dihydrate.

LiliyaKushnierova,*candidate of technical sciences, associate professorof the Department of Building Materials,* *https://orcid.org/0000-0003-0759-4553*
Olga Honchar, *candidate of technical sciences, associate professorof the Department of Building Materials,* *https://orcid.org/0000-0002-1071-7553*
Maryna. Kochevykh, *candidate of technical sciences, associate professorof the Department of Building Materials,* *https://orcid.org/0000-0002-6201-3507*
DmytroAnopko, *candidate of technical sciences, associate professorof the Department of Building Materials,* *https://orcid.org/0000-0002-2585-2512*

Kyiv National University of Construction and Architecture

The purpose of the study is the processe of structure formation of calcium sulfate dihydrate crystals in the presence of polymer additives and the influence of the crystals morphology on the physical and mechanical properties of the gypsum binder.

First of all, the influence of the modified Centrament N9(S2) lignosulfonate on the physical and mechanical properties of the gypsum binder was determined. Addition of Centrament N9 in the amount of 0,7% allows to reduce ofthe water-gypsum ratio by 6%, and also obtain bendingstrength is 4 MPa and compressionstrength is 10 PMa, which is 25% and 110% more than without using of additive, respectively.

At the second stage of the work, in order to study the effect of the additive on the structure formation and morphology of the gypsum binder crystals, calcium sulfate dihydrate crystals were grown by the counter-diffusion method in aqueous solutions of $CaCl_2$ and Na_2SO_4 in the presence of the Centrament N9(S2). The morphology of the crystal determines the rate of its facesgrowth. Gypsum dihydrate crystallizes in tabular, columnar (Fig. 1) and prismatic forms with developed (111), (010) and (110) faces. The crystals formed during the introduction of the additive have a tabular form with a predominantly developed facet 010 and the form of splice twins in the form of a "dovetail" (Fig. 2) with splice faces 100 and 101.

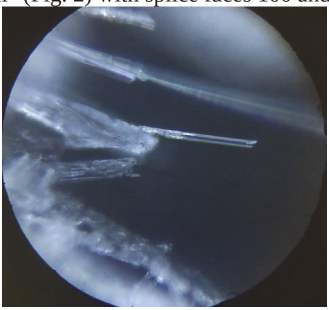


Fig. 1 - The appearance of the crystal CaSO4 2H2Owithout using of additive

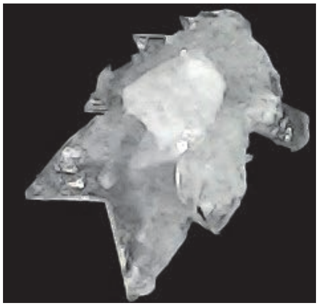


Fig. 2 - The appearance of the crystal CaSO4 2H2O withthe use of additive

As a result of the experiment, it was established that the additive changes the morphology of the crystals, creates a more ordered and dense structure, which affects the increase in strength.

1. V. Derevianko, et al. "INFLUENCE OF SUPERPLASTICIZERS MC POWER FLOW 3100 ON CALCIUM SULPHATE DIHYDRATE TECHNICAL PARAMETERS" Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту 196 (2021): 33-42.
2. Dino Aquilano, Fermín Otálora, Linda Pastero, Juan Manuel García-Ruiz, Three study cases of growth morphology in minerals: Halite, calcite and gypsum, Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials, Volume 62, Issue 2, 2016, Pages 227-251, ISSN 0960-8974, https://doi.org/10.1016/j.pcrysgrow.2016.04.012.

Використання наномодифікованих цементних композицій для адитивних технологій будівництва

Марина Суханевич, *докт.техн.наук, професор кафедри Будівельних матеріалів,* *http://orcid.org/0000-0002-9644-2852*
Володимир Чахоян*, аспірант кафедри Будівельних матеріалів,* *http://orcid.org/0009-0006-8873-7307*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження –показати можливості використання наномодифікованих цементних композицій для адитивного будівництва.

Будівельна галузь має швидко реагувати на зміни в світі, впроваджуючи технологічні інновації. Нестача робочої сили та цифрова революція промисловості викликали трансформацію традиційних методів будівництва. Останні десятиліття показали стрімкий розвиток адитивних технологій (АТ), до яких відноситься і 3-D друк будівельних конструкцій. Адитивні технології базуються на створенні конструкції шляхом пошарового нанесення бетонної суміші за допомогою сопла на основі даних комп'ютерної тривимірної моделі (рис1, 2)[1].

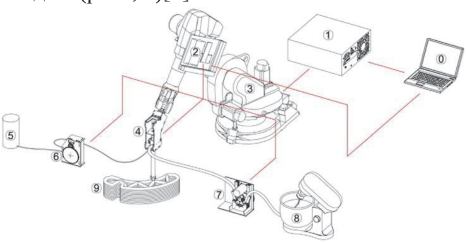


Рис.1 – Схема установки 3-D друку : 1.Контролер робота. 2.Контролердруку. 3.Роботизованарука.4.Голівка друку. 5.Прискорювачтвердіння. 6.Насос для прискорювача. 7.Насос для суміші. 8.Міксер. 9.Об'єкт 3D-друку [1].

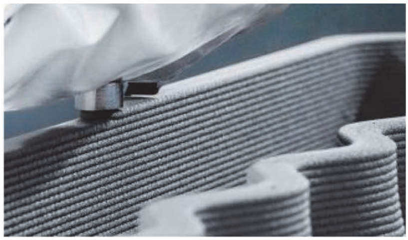


Рис.2 –Приклад 3-D друку конструкції

В будівництві основними матеріалами адитивних технологій служать дрібнозернисті бетони на основі цементних матриць, глинисті композити та геополімерні матеріали [2].

Структурні та функціональні властивості матеріалів можуть бути покращені за рахунок модифікації матриці добавками неорганічного та полімерного складу, різної форми та розмірів. При цьому важливим є створення неоднорідних, функціонально градуйованих матеріалів з безперервною просторовою зміною властивостей, що вимагають менше сировинних ресурсів з утворенням меншої кількості відходів [3].

З точки зору відповідності матеріалів концепції сталого розвитку, перспективним є застосування цементних матриць на основі відходів промисловості, а саме, шлако- та золовмісних, модифікованих силікатними та алюмосилікатними добавками, з додаванням нанорозмірних вуглецевих нанотрубок [3].

1. C. Gosselin, R. Duballet, P. Roux, N. Gaudillière, J. Dirrenberger, P. Morel.Large-scale 3D printing of ultra-high performance concrete – a new processing route for architects and builders. Mater. Des., 100 (2016), pp. 102-109.
2. F. Bos, R. Wolfs, Z. Ahmed, T. Salet.Additive manufacturing of concrete in construction: potentials and challenges of 3D concrete printing.Virtual and Physical Prototyping, 11 (2016), pp. 209-225.
3. Plugin A., Pushkarova K., SukhanevychM.Nanomodified cement composites for thin walled architectural structures// Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 907 (2020) 012030 IOP Publishing.

Use of nanomodified cement compositions for additive construction technologies

Maryna Sukhanevych, *doctor oftechnical sciences, professor of the Department of Building Materials,* *http://orcid.org/0000-0002-9644-2852*
Volodymyr Chakhoyan*, postgraduate of the Department of Building Materials,* *http://orcid.org/0009-0006-8873-7307*

KyivNationalUniversityofConstructionandArchitecture

The purpose of the study is to show the possibilities of using nanomodified cement compositions for additive construction.

The construction industry must respond quickly to changes in the world by introducing technological innovations. Labor shortages and the digital revolution of the industry have caused the transformation of traditional construction methods. Recent decades have shown the rapid development of additive technologies (AT), which include 3-D printing of building structures. Additive technologies are based on creating a structure by applying concrete mix layer by layer using a nozzle based on the data of a computer three-dimensional model (Fig. 1, 2) [1].

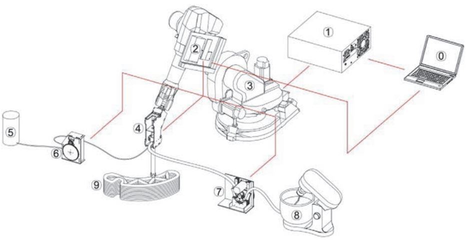


Fig. 1 - Scheme of 3-D printing installation : 1.Robot controller, 2.Controller of printing, 3.Robotic arm, 4.Print head, 5.Curing accelerator, 6.Pump for the Accelerator, 7.Pump for mixture, 8.Mixer, 9.3D printing object [1].

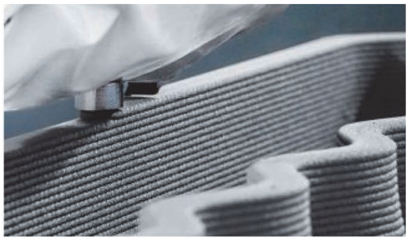


Fig. 2 - An example of 3-D printing of a structure

In construction, the main materials of additive technologies are fine-grained concrete based on cement matrices, clay composites, and geopolymer materials [2].

The structural and functional properties of materials can be improved by modifying the matrix with inorganic and polymeric additives of various shapes and sizes. At the same time, it is important to create heterogeneous, functionally graded materials with continuous spatial variation of properties that require fewer raw materials and generate less waste [3].

From the point of view of materials' compliance with the concept of sustainable development, it is promising to use cement matrices based on industrial waste, namely, slag and ash-containing, modified with silicate and aluminosilicate additives, with the addition of nanosized carbon nanotubes [3].

1. C. Gosselin, R. Duballet, P. Roux, N. Gaudillière, J. Dirrenberger, P. Morel.Large-scale 3D printing of ultra-high performance concrete – a new processing route for architects and builders. Mater. Des., 100 (2016), pp. 102-109.
2. F. Bos, R. Wolfs, Z. Ahmed, T. Salet.Additive manufacturing of concrete in construction: potentials and challenges of 3D concrete printing.Virtual and Physical Prototyping, 11 (2016), pp. 209-225.
3. Plugin A., Pushkarova K., SukhanevychM.Nanomodified cement composites for thin walled architectural structures// Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 907 (2020) 012030 IOP Publishing.

Вогнезахист термічномодифікованої деревини інтумесцентним покриттям

Ольга Бондаренко*[1]*, *канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних матеріалів,* [http://orcid.org/*0000-0003-0625-0783*](http://orcid.org/0000-0003-0625-0783),
Юрій Цапко*[2]*, *д-р техн. наук, професор кафедри технологій та дизайну виробів з деревини,* [http://orcid.org/*0000-0003-0625-0783*](http://orcid.org/0000-0003-0625-0783),
Олексій Цапко*[1]*, *канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних матеріалів,* [http://orcid.org/*0000-0003-2298-068X*](http://orcid.org/0000-0003-2298-068X),
Діана Жеребчук*[1]*, *здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за ОП «Технології будівельних конструкцій,виробів і матеріалів»,* [http://orcid.org/*0000-0002-7174-132X*](http://orcid.org/0000-0002-7174-132X)

[1]*Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ),*
[2]*Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)*

Завдяки своїм механічним та експлуатаційним властивостям деревина, широко застосовується в будівництві й архітектурі, проте під впливом атмосферних чинників руйнується [1]. Тому для підвищення рівня експлуатації будівельних конструкції з деревини проводиться її термічне модифікування, суть якого полягає в наданні деревині здатності протистояти, наприклад, дії вологи та запобігати біологічній деструкції деревини, але така деревина є горючою. Зниження пожежної небезпеки будівельної деревини є завданням не лише економічним, а має соціальну та екологічну спрямованість. Враховуючи, що вогнезахист сьогодні повинен не тільки забезпечувати нормовану вогнестійкість деревини, а також зберігати її експлуатаційні властивості. Тому з економічної, технологічної та екологічної точок зору важливим питанням щодо забезпечення життєдіяльності та надійного функціонування об’єктів будівництва з термічномодифікованої деревини є розробка інтумесцентних покриттів для її захисту [2-5].

Для встановлення індексу горючості будівельної конструкції з термічномодифікованої деревини використовували наступні зразки: необроблений та оброблений вогнезахисним інтумесцентним покриттям на основі органічних та неорганічних речовин з витратою 260 г/м^2 (рис. 1).

а

б

Рис. 1. Зразок термічномодифікованої деревини: а – необроблений; б – вогнезахищений інтумесцентним покриттям

Експериментальними дослідженнями з встановлення пожежонебепечних властивостей термічномодифікованої деревини показано загорання необробленого зразка, натомість для вогнезахищеного – процес займання та поширення полум’я не відбувся. Гальмування процесу займання та поширення полум’я для такого зразка пов’язане з розкладом антипіренів під дією температури з поглинанням тепла та виділенням негорючих газів (азот, діоксин вуглецю), зміною направлення розкладу в сторону утворення негорючих газів і важкогорючого коксового залишку [1, 3].

1. Цапко Ю.В., Бондаренко О.П., Цапко О.Ю. Перспективи застосування вогнезахищеного очерету на об’єктах різного призначення. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2019. Вип. 75. С. 98-107.
2. Цапко Ю.В., Пінчевська О.О., Цапко О.Ю. Встановлення умов застосування вогнезахищеної деревини на об'єктах різного призначення. Науковий вісник НЛТУ України, 2019. Том 29, № 2. С. 99-102.
3. Цапко Ю.В.,Цапко О.Ю., Бондаренко О.П., Суханевич М.В. Аспекти розроблення вогнезахисних композицій для конструкцій з текстильних займистих виробів. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Одеса: ОДАБА, 2021. Вип. 83. С. 93-101.
4. Tsapko Y., Tsapko A., Bondarenko O. Research of the mechanism of protecting wood with intumescent coating. Technology audit and production reserves, 2020. No 5/3 (55). P. 19-23.
5. Tsapko Yu., Rogovskii I., Titova L., Bilko T., Tsapko A., Bondarenko O., Mazurchuk S. Establishing patterns of heat transfer to timber through a protective structure. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020. Vol. 6, No 10 (108). P. 65-71.

Fire protection of thermally modified wood with an intumescent coating.

Olga Bondarenko[1], *Candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Materials,* http://orcid.org/0000-0003-0625-0783,
Yuriy Tsapko[2]**,** *Doctorof t technical Sciences, Professor of the Department of Technologies and Design of Wood Products,* http://orcid.org/0000-0003-0625-0783,
Oleksiy Tsapko[1]**,** *Candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Materials,* http://orcid.org/*0000-0003-2298-068X*,
Diana Zherebchuk[1]**,** *Bachelor Student,* http://orcid.org/*0000-0002-7174-132X*

[1]*Kyiv National University of Construction and Architecture in Kyiv,*
[2]*Scientific Research Institute for Binders and Materials in Kyiv*

Due to its mechanical and operational properties, wood is widely used in construction and architecture, but it is destroyed under the influence of atmospheric factors [1]. Therefore, to increase the level of exploitation of building structures made of wood, its thermal modification is carried out, the essence of which is to give wood the ability to resist, for example, moisture and prevent biological degradation of wood, but such wood is combustible. Reducing the fire hazard of construction timber is not only an economic task, but also has a social and environmental focus. Given that fire protection today should not only ensure the standardized fire resistance of wood, but also preserve its operational properties. Therefore, from the economic, technological, and environmental points of view, an important issue in ensuring the vital activity and reliable functioning of construction objects made of thermally modified wood is the development of intumescent coatings for its protection [2-5].

To determine the flammability index of a building structure made of thermally modified wood, the following samples were used: untreated and treated with a fireproof intumescent coating based on organic and inorganic substances with a consumption of 260 g/m^2 (Fig. 1).

a

b

Fig. 1. A sample of thermally modified wood: a – untreated; b – fireproof with intumescent coating

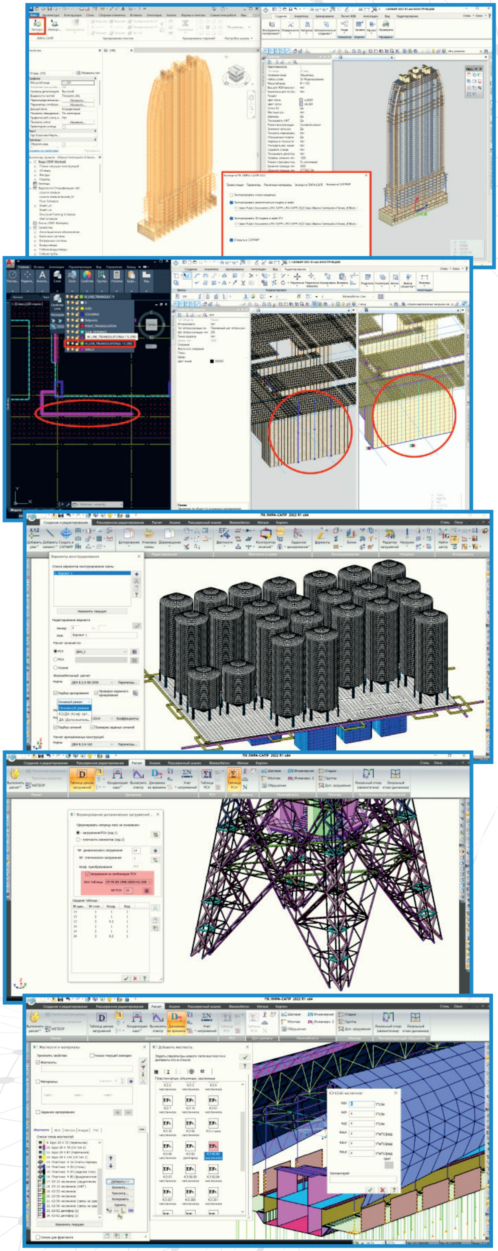
Experimental studies to determine the fire hazardous properties of thermally modified wood showed the ignition of an untreated sample, while for a fire-protected sample, the process of ignition and flame spread did not occur. The inhibition of the process of ignition and flame spread for such a sample is associated with the decomposition of flame retardants under the influence of temperature with heat absorption and the release of non-combustible gases (nitrogen, carbon dioxide), a change in the direction of decomposition towards the formation of non-combustible gases and a highly combustible coke residue [1, 3].

1. Tsapko Y.V., Bondarenko O.P., Tsapko O.Y. Prospects for the use of fireproof reeds at facilities for various purposes. Bulletin of the Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 2019. Issue 75. P. 98-107.
2. Tsapko Y.V., Pinchevska O.O., Tsapko O.Y. Establishment of conditions for the use of fireproof wood at objects for various purposes. Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine, 2019. Issue 29, No 2. P. 99-102.
3. Tsapko Y.V., Tsapko O.Y., Bondarenko O.P., Sukhanevych M.V. Aspects of development of fire protection compositions for structures made of textile flammable products. Bulletin of the Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Odesa: OSACA, 2021. Issue 83. P. 93-101.
4. Tsapko Y., Tsapko A., Bondarenko O. Research of the mechanism of protecting wood with intumescent coating. Technology audit and production reserves, 2020. No 5/3 (55). P. 19-23.
5. Tsapko Yu., Rogovskii I., Titova L., Bilko T., Tsapko A., Bondarenko O., Mazurchuk S. Establishing patterns of heat transfer to timber through a protective structure. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020. Vol. 6, No 10 (108). P. 65-71.

ЛІРА-САПР®

Програмний комплекс для розрахунку, проектування, моделювання процесів життєвого циклу будівельних конструкцій

- Реалізація технології BIM. Двосторонній зв'язок Revit - ЛІРА-САПР - Revit, Tekla - ЛІРА-САПР - Tekla. Інтеграція з AutoCAD, ArchiCAD, Advance Steel, Allplan, СТАРКОН, Gmsh, MS Word, MS Excel, та ін.
- Потужний багатофункціональний процесор, який реалізує швидкодіючі алгоритми складання і рішення систем рівнянь з порядком до декількох мільйонів невідомих.
- Розвинена бібліотека скінченних елементів, що дозволяє створювати комп'ютерні моделі практично будь-яких конструкцій,
- Моделювання процесів життєвого циклу конструкцій та конструктивних систем, які включають моделювання процесу зведення, прогресуючого обвалення, зміни НДС в часі і ін.
- Суперелементне моделювання з візуалізацією на всіх етапах розрахунку, що дозволяє зняти будь-які обмеження на розмір розв'язуваної задачі.
- Можливість розрахунку на різні види динамічних дій (сейсміка, вітер з урахуванням пульсації, вібраційні навантаження, імпульс, удар, відповідь-спектр, сейсміка на основі акселерограми). Для сейсмічних впливів реалізовані норми України, Казахстану, Азербайджану, Грузії, Франції, Алжиру, Росії, Турції та ін.
- Модулі врахування фізичної нелінійності на основі різних нелінійних залежностей s-e, що забезпечують можливість комп'ютерного моделювання процесу навантаження моно- і бі-матеріальних залізобетонних конструкцій з дослідженням тріщиноутворення, проявом деформацій повзучості і текучості аж до отримання картини руйнування конструкції.
- Модулі врахування геометричної нелінійності, що дозволяють проводити розрахунок таких конструкцій, як гнучкі плити, оболонки окремі канати, вантові ферми, висячі покриття, тенти, мембрани і ін.



СЕКЦІЯ 3

«Комп'ютерне моделювання конструкцій будівель і споруд спеціального призначення»

ЛІРА-САПР - надійне програмне забезпечення для аналізу конструкцій будівель та споруд спеціального призначення

Марія Барабаш, *доктор техн. наук, професор, професор кафедри Комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів, НАУ, директор ТОВ «ЛІРА САПР»https://orcid.org/0000-0003-2157-521X*

Комп'ютерне моделювання в умовах військових дій набуває нової актуальності. Стає важливим не тільки традиційно визначати напружено-деформований стан відповідної фіксованої розрахункової моделі, а й здійснювати комп'ютерне моделювання процесів, які відбуваються на протязі життєвого циклу будівельного об'єкту. Інструменти програмного комплексу ЛІРА-САПР дозволяють проводити складні наукові дослідженнята ставити чисельні експерименти, що особливо важливо для розрахунку будівель та споруд спеціального призначення, в тому числі на різні види спеціальних впливів, такі як ударна хвиля, протидія прогресуючому руйнуванню, вогнестійкість та інші.

Програмний комплекс ЛІРА-САПР дозволяє реалізувати нові концепції автоматизованого проектування, а саме створення інтегрованої технологічної лінії проектування будівельних об'єктів. На базі концепції BIM організований ефективний зв'язок програмних комплексів різного призначення, що дозволяє імпортувати архітектурні моделі з різних форматів (IFC, DWG, SAF та інші.) та експортувати результати розрахунку у різні графічні програмні комплекси будівельних об'єктів.

В ПК ЛІРА-САПР починаючи з версії 2021 реалізовані ітераційні фізично нелінійні скінченні елементи [1].

Ітераційні фізично нелінійні СЕ (стержневі, пластинчасті та об'ємні), з урахуванням розвантаження реалізують теорію пружно-пластичності та можуть застосовуватися як для статичних, так і для динамічних розрахунків.

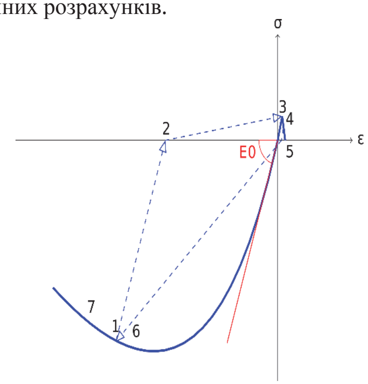


Рис. 1. Діаграма роботи ітераційних СЕ з розвантаженням

Реалізовано 2 методи розвантаження: метод 1 – піко-орієнтована гістерезисна модель;метод 2 – модель з ізотропним зміцненням.

Застосування ітераційних скінченних елементів дає можливість врахування пластичної роботи матеріалів, розвантаження по початковому модулю пружності.

Найбільш актуальне використання ітераційних фізично нелінійних скінченних елементів у розрахунках сейсмостійкого будівництва та прогресуючого обвалення. Тому їх можливо використовувати саме в розрахунках на динамічні навантаження при проєктуванні захисних споруд.

1. Barabash M. Someaspects of modelling nonlinear behaviour of reinforced concrete / MariiaBarabash // Strength of Materials and Theory of Structures. – 2018. – № 100. – P. 164-171.

LIRA-SAPR - reliable software for the analysis of buildings and other unique structures

Mariya. Barabash*, doctor of technical sciences, professor, professor of the Departmentof Computers Technologies of Building and Airports Reconstruction, NAU, director of LIRA SAPR Ltd,* https://orcid.org/0000-0003-2157-521X

Computer modelling in wartime is becoming increasingly important. It is essential not only to determine the stress-strain state of a certain design model but also to carry out computer modelling of processes that occur during the life cycle of a structure. The LIRA-SAPR tools enable the user to do scientific research and numerical experiments; they are particularly important for the analysis of unique buildings and structures, including analyses on different types of special loads such as impact, progressive collapse, fire resistance, etc.

The integrated technological line for the design of building projects is one of the new concepts in computer-aided design that may be implemented with LIRA-SAPR software. According to the BIM concept, an efficient integration of different software is set up: architectural models may be imported from a variety of file formats (IFC, DWG, SAF, etc.), and analysis results may be exported to a variety of graphical software.

From LIRA-SAPR version 2021, the program includes iterative physically nonlinear finite elements [1].

The theory of elastic-plastic material behaviouris implemented with iterative physically nonlinear finite elements (bar, plate, and solid) with account for unloading. These elements may be used for both static and dynamic analyses.

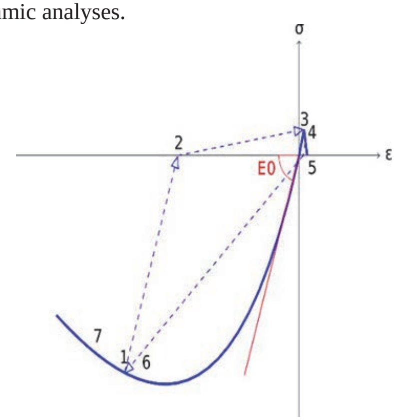


Fig. 1. Behaviour of iterative FEs with unloading

Two methods of unloading are implemented: method 1 - peak-oriented hysteresis model; method 2 - model with isotropic strengthening.

If the iterative finite elements are applied, it is possible to take into account the plastic behaviour of materials and unloading according to the initial modulus of elasticity.

The iterative physically nonlinear finite elements are especially helpful in the earthquake analysis and analysis of progressive collapse. Therefore, they may be used specifically in dynamic analysis for the design of protective structures.

1. Barabash M. Someaspects of modelling nonlinear behaviour of reinforced concrete / MariiaBarabash // Strength of Materials and Theory of Structures. – 2018. – № 100. – P. 164-171.

Методика оцінки сейсмостійкості будівельних конструкцій та споруд атомних електростанцій в ПК ЛІРА САПР

***Юрій Гензерський*[1],*канд.техн.наук, головний конструктор* https://orcid.org/0000-0003-1957-1236
***Іван Трусов*[2], *начальник відділу оцінки сейсмостійкості служби технічної підтримки продовження експлуатації ВП "Науково-технічний центр"*, https://orcid.org/0000-0002-9351-6633
***Любов Первушова*[3], *провідний інженер відділу оцінки сейсмостійкості служби технічної підтримки продовження експлуатації ВП "Науково-технічний центр"*,https://orcid.org/0009-0004-7706-8131

[1]*ТОВ «ЛІРА САПР»,*
[2,3]*ДП НАЕК ЕНЕРГОАТОМ*

Мета дослідження –запропонувати алгоритм визначення величин параметрів FS та HCLPF для будівельних конструкцій в «ЛІРА-САПР». Провести порівняння роботи запропонованого алгоритмута існуючих методів нелінійного розрахунку.

Для залізобетонних перерізівв якості параметра визначення коефіцієнта сейсмічного запасу FS прийнято значення відносної деформації - ε . Таким чином формула для визначення коефіцієнта сейсмічного запасу матиме вигляд:

$$FS = \min FS_{\varepsilon_i}\ ,\quad FS_{\varepsilon_i} = \left|\frac{C_{\varepsilon_i} - D_{NS_{\varepsilon_i}}}{D_{S\varepsilon_i}}\right|$$

де:*i*– номер габаритної точки перерізу (i = 4 для всіх видів перерізів крім хреста, *i* = 8 для хреста);

$D_{NS_{\varepsilon_i}}$ – відносні деформації від дії несейсмічних навантажень, що входять у визначену комбінацію навантажень (для визначення C);

D_{Sc_i}– відносні деформації від дії сейсмічних інерційних навантажень з урахуванням попереднього НДС від сполучення статичних навантажень;

C_{ε_i} – відносні деформації від дії максимально можливої комбінації зусиль, що витримує переріз. Тобто максимальна несуча здатність перерізу.

Для перерізів сталевих елементів допустиме значення параметра C буде дорівнювати допустимому напруженню в поперечному перерізі елемента [σ]. D_NS стане напруженням від несейсмічних навантажень σ_NS, а D_s – напруженням від сейсмічних навантажень σ_S.

Отже: $FS = \frac{[\sigma] - \sigma_{NS}}{\sigma_s}$

У формулі розділимо всі члени на [σ] та помножимо на 100%:

FS = (100% · [σ]/[σ] – 100% · σ_NS/[σ])/(100% · σ_S/[σ]),

при цьому: 100%·[σ]/[σ] = 100%

100%·σ_S/[σ] = Пs – відсоток вичерпання несучої здатності від сейсмічних навантажень

100%·σ_NS/[σ]=Пns–процент вичерпання несучої здатності від несейсмічних навантажень.

Отримаємо:*FS* = (100% - *Пns*)/ *Пs*

Параметр FS можна вирахувати по процентам вичерпання несучої здатності Пns та Пs не лише для перевірки напружень, тобто міцності елемента, але й для перевірки його стійкості, місцевої стійкості його полиць та стінок, а також граничної гнучкості.

1. МТ-Т.0.03.326-13 «Методика розрахункового аналізу сейсмостійкості елементів діючих АЕС у рамках методу граничної сейсмостійкості».
2. IAEA-TECDOC-1487. Advanced nuclear plant design options to cope with external events, 2006
3. IAEA-TECDOC-724. Probabilistic Safety Assessment for Seismic Events», 1993.

Seismic stability analysisof building structures and nuclear power plants (methodology for LIRA-SAPR software)

Yury Genzerskyy[1], *PhD, '.,chief designer,* *https://orcid.org/0000-0003-1957-1236*
Ivan Trusov[2], *head of the department for seismic stability analysis; technical support service for the continuation of theoperation,* *https://orcid.org/0000-0002-9351-6633*
Lubov Pervushova[3], *leading engineer of the department for seismic stability analysis; technical support service for the continuation of the operation,* *https://orcid.org/0009-0004-7706-8131*

[1]*LIRA Proekt'*
[2,3]*LtdSE NNEGC 'Energoatom'*

The purposes of the study are: 1) to propose an algorithm for the LIRA-SAPR software to compute the values of the FS and HCLPF parameters for building structures; and 2) to compare the proposed algorithm with available methods for nonlinear analysis.

The value of relative strain ε is used as a parameter to compute the seismic safety factors FS for reinforced concrete cross-sections. As a result, the following equation will be used to compute the seismic safety factors:

$$FS = \min FS_{\varepsilon_i}\ , \quad FS_{\varepsilon_i} = \left| \frac{C_{\varepsilon_i} - D_{NS_{\varepsilon_i}}}{D_{S\varepsilon_i}} \right|$$

where:

i– the number of the characteristic point of the section (i = 4 for all types of sections except the cross, i = 8 for the cross);

$D_{NS_{\varepsilon_i}}$ –relative strain due to the non-earthquake loads included in the specified combination of loads (to determine C);

$D_{S\varepsilon_i}$– relative strain due to the earthquake inertial loadswith account of previous stress-strain state from the combination of static loads;

C_{ε_i}relativestrain due to the max possible combination of forces that the section can take. That is, the max bearing capacity of the section.

For sections of steel elements, the allowed value of parameter C will be equal to the allowed stress in the cross-section of the element [σ]. The stress from non-earthquake loadsσ_NS is denoted by D_NS, while the stress from earthquake loadsσ_S is denoted by D_s.

So:

$$FS = \frac{[\sigma] - \sigma_{NS}}{\sigma_s}$$

In the formula, divide all components by [σ] and multiply by 100%:

FS = (100% · [σ]/[σ] – 100% · σ_NS/[σ])/(100% · σ_S/[σ]),

with100%·[σ]/[σ] = 100%

100%·σ_S/[σ] = Пs – the percentage of load-bearing capacity from earthquake loads

100%·σ_NS/[σ]= Пns – the percentage of load-bearing capacity from non-earthquake loads.

We will obtain:

$$FS = (100\% - Пns) / Пs$$

The FS parameter may be computed using the load-bearing capacity percentages Pns and Ps to check stresses (that is, the strength of the element) as well as to check the stability of the element, local buckling of its flanges and webs, and ultimate slenderness ratio.

1. MT-T.0.03.326-13 "Methodology for analysis of the seismic stability of elements in operating nuclear power plants within the framework of the ultimate seismic stability method".
2. IAEA-TECDOC-1487. Advanced nuclear plant design options to cope with external events, 2006
3. IAEA-TECDOC-724. Probabilistic Safety Assessment for Seismic Events», 1993.

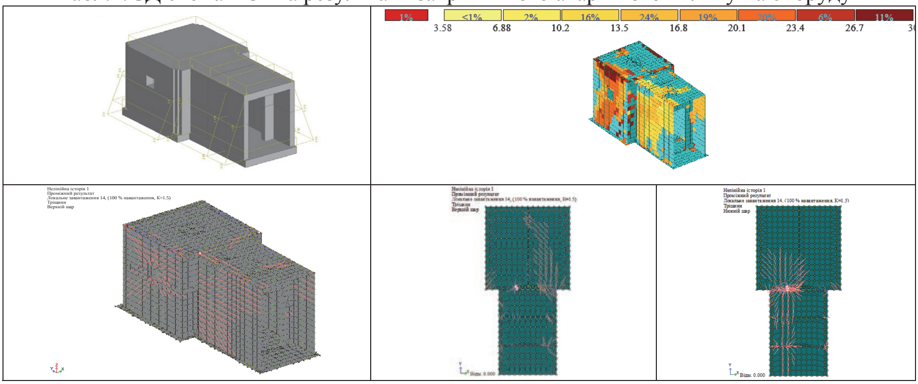
Оцінка стійкості на закритичні впливи захисної вогневої споруди по ПК "ЛИРА-САПР"

Валерій Максименко, *к.т.н., зав.лабораторією висотного та експериментального будівництва,* https://orcid.org/0000-0002-2835-026X
Михайло Божинський, *науковий співробітник сектору спеціальних споруд,* https://orcid.org/0000-0002-8681-4675
Андрій Григоровький, *м.н.с.,сектор спеціальних споруд* https://orcid.org/0000-0003-0009-2358

ДП НДІ Будівельного Виробництва (ДП НДІБВ)

Розглянуто моделювання аварійних впливів на швидко споруджувану фортифікаційну вогневу споруду ВС1 від надмірного тиску ударних хвиль на рівні ΔP=200 кПа, та здатності сприйняти до 500 циклів аварійного впливу.

Табл.1. 3Д схема ВС1 та результати закритичного аварійного впливу на споруду



Розрахунок несучої спроможності ВС1 з врахуванням нелінійної роботи залізобетону з тріщинами при пошаговому горизонтальному впливові до закритичного та циклічному навантаженні по ПС "ДІАФРАГМА" ЕСПРИ-2020 [1, 2] при класі бетону стін С20\25 по ДБН В.2.6-98 при кількості циклів до 500 та 1000 (див. табл.1).

Дані рекомендації по підвищенню стійкості вогневої споруди до закритичних впливів.

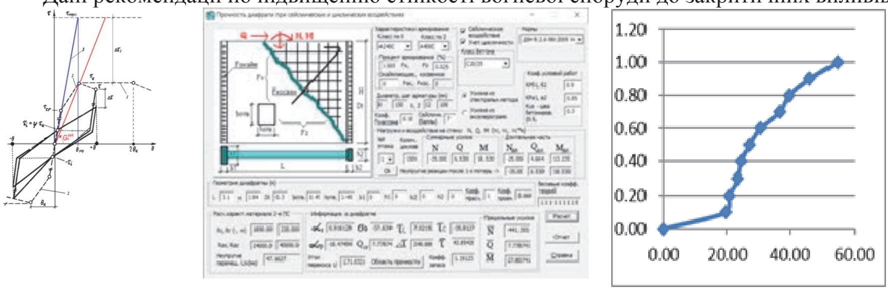


Рис.1 Ідеалізована модель гістерезису при багаторазовому впливові та нелінійні деформації вогневої споруди

1. ДБН-В.1.2-14. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. К., 2008.
2. Максименко В.П. Предельное состояние диафрагм жесткости при сейсмических и циклических воздействиях. «Строительство. Building». Науково-технічний журнал №2(17), Тбілісі, 2010. с.30-37.

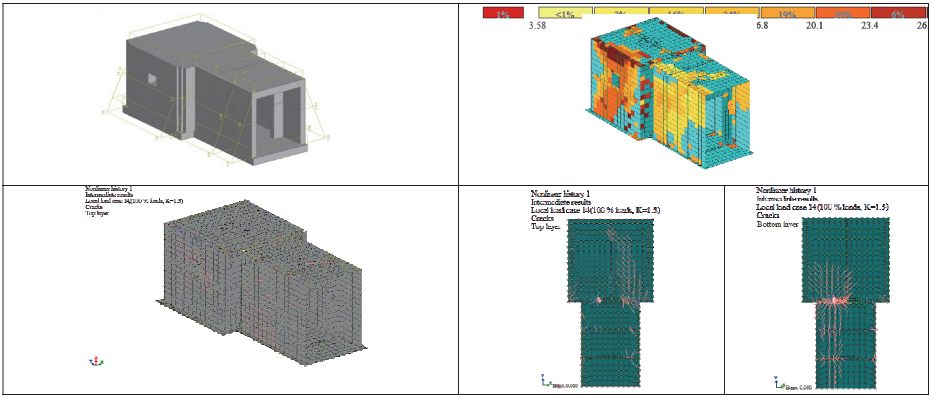
Stability of fortification structure to unexpected loads beyond design value (LIRA-SAPR)

Valeriy Maksymenko, *Ph.D., head of laboratory for high-rise and experimental buildings* https://orcid.org/0000-0002-2835-026X
Mykhailo Bozhynskyi, *Researcher of the sector for special buildings,* https://orcid.org/0000-0002-8681-4675
Andriy Grygorovskyi, *research fellow, sector for special buildings,* https://orcid.org/0000-0003-0009-2358

State Enterprise Research institute of building production (NDIBV)

The paper considers the modelling of emergency loads on the rapidly erected fortification structure BC1. Effective max pressure of the shock waves at the level of ΔP=200kPa and the ability to withstand up to 500 cycles of emergency load.

Table 1. 3D diagram BC1 and the influence of unexpected loads beyond design value on the structure



Calculation of bearing capacity of BC1 with account of nonlinear behaviour of reinforced concrete with cracks at horizontal load. Cyclic repeated load analysed in the DIAPGRAGM module of ESPRI-2020 [1, 2]. Concrete class C20\25 for walls according to DBN B:2.6-98 for up to 500 and 1000 cycles (see Table 1).

These recommendations are given to increase the resistance of the fire structure to post-critical impacts.

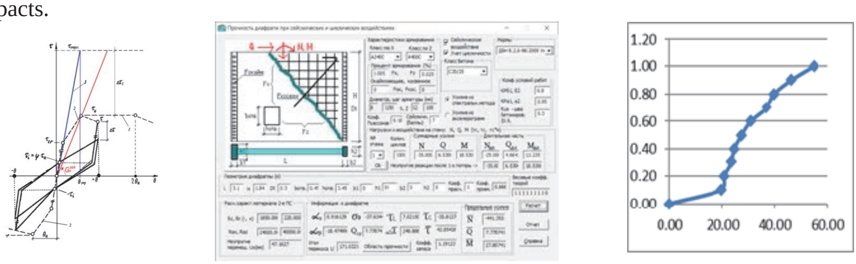


Fig. 1. An idealized model of hysteresis under multiple load and nonlinear deformations of a fortification structure

1. DBN-B.1.2-14. General principles to ensure the reliability and structural safety for buildings, structures, and foundations. K., 2008.
2. V.Maksymenko. The limit state of diaphragms in earthquake and cyclic loads. "Construction. Building". Scientific and technical journal No. 2(17), Tbilisi, 2010. pp. 30-37

Нові можливості системи Ґрунт у ЛІРА-САПР 2022

Ольга Башинська, *канд.техн.наук, інженер-програміст,*
http://orcid.org/0000-0002-4161-782X

ТОВ ЛІРА-САПР (м.Київ),

Згідно з нормативними документами, нормальна експлуатація та підвищена довговічність споруди забезпечується усуненням нерівномірних осідань та обмеженням абсолютних та відносних переміщень фундаментів та надфундаментних конструкцій. На сьогоднішній день існує велика кількість різноманітних варіантів математичного моделювання роботи основи. Надзвичайно важливим є вибір найбільш раціональної моделі поведінки основи споруди. Окрім того, іноді, при використанні одного і того самого програмного комплексу, проектувальник може отримати різні результати розрахунку, що залежать від різних методів зведення реальної роботи конструкції до її математичної моделі. Тому актуальним є розробка та розширення чисельних методів моделювання різних ефектів, що виникають у ґрунті під дією зовнішнього навантаження.

У новій версії реалізовано визначення деформацій основ за рахунок консолідації та повзучості ґрунту. Дана можливість доступна при використанні норм ДБН В.2.1-10:2009, СП РК 5.01-102-2013 і СП 22.13330.2011/2016. Запропонована методика розрахунку осідання консолідації та повзучості буде корисна при вирішенні задач визначення осідання основ з водонасичених ґрунтів у часі, де повні деформації основи визначаються сумою миттєвої осідання основи, осідання спричиненої консолідацією та осідання спричиненої повзучістю (вторинна консолідація).

Користувач може призначити одному і тому ж самому шару ґрунту властивості одночасно декількох видів складних ґрунтів. У такому разі повні деформації основи будуть визначатися як сума деформацій з урахуванням заданих характеристик ґрунту. Наприклад, у випадку поєднання просідаючих та суфізійних ґрунтів, повні деформації визначаються, як сума осідання, просідання та суфізійного осідання.

Реалізована методика розрахунку може використовуватися для врахування податливості пружної основи для системи "ґрунт – основа – надземна споруда". Подібні моделі необхідні для виконання серії розрахунків та отримання узагальненої моделі в системі МЕТЕОР для врахування варіації пружної основи на всіх етапах навантаження та з урахуванням мінливості властивостей ґрунту протягом усього терміну експлуатації будівлі/споруди.

Додано можливість розрахунку осідання для специфічних ґрунтів: просадних, засолених, набухаючих, насипних та органічних ґрунтів для норм ДБН В.2.1-10:2009.

Додано можливість виведення кожної зі складових осідання пальових фундаментів: Sef - осідання умовного фундаменту, ΔSp - додаткове осідання за рахунок продавлювання паль на рівні підошви умовного фундаменту, ΔSc - додаткове осідання за рахунок продавлювання свай на рівні підошви умовного фундаменту - Ss. Відповідну інформацію про вклад кожної складової осідання можна побачити при виведенні результатів розрахунку в будь-якій точці моделі в межах контурів навантажень. Дана реалізація також підтримується на рівні графічного представлення ізополів, при побудові яких можна включати/відключати відображення кожної складової осідання, при цьому ізополя та шкала результатів будуть перебудовуватись під вибраний набір.

1. Барабаш М.С. Метод граничных элементов в контактных задачах для упругих пространственно неоднородных оснований. – М.: Изд-во "АСВ", 2000. – 754с.
2. Барабаш М.С. Методы компьютерного моделирования процессов возведения высотных зданий / М.С. Барабаш // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – М.: Изд-во "АСВ", 2012. – Vol. 8, Issue 3 – С. 58 - 68.
3. Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций / А.С. Городецкий, и.Д. Евзеров. – 2-е изд., доп. – М.: Изд-во "АСВ", 2009. – 360 с.

New capabilities of the Soil system in LIRA-SAPR 2022

Olga. Bashynska, *candidate of technical sciences, software developer,*
http://orcid.org/0000-0002-4161-782X

LIRA-SAPR LTD

According to regulatory documents, normal operation and increased durability of the structure is ensured by the elimination of uneven settlements and the limitation of absolute and relative movements of foundations and super-foundation structures. Today, there are a large number of various options for mathematical modeling of the work of the foundation. It is extremely important to choose the most rational model of the behavior of the base of the structure. In addition, sometimes, when using the same software complex, the designer can get different calculation results, depending on different methods of reducing the real work of the structure to its mathematical model. Therefore, the development and expansion of numerical methods for modeling various effects that occur in the soil under the influence of external loads is relevant.

In the new version, the definition of foundation deformations due to soil consolidation and creep has been implemented. This possibility is available when using the norms of DBN V.2.1-10:2009, SP RK 5.01-102-2013 and SP 22.13330.2011/2016. The proposed methodology for calculating settlement of consolidation and creep will be useful in solving the problems of determining the settlement of bases from water-saturated soils in time, where the total deformations of the base are determined by the sum of instantaneous settlement of the base, settlement caused by consolidation, and settlement caused by creep (secondary consolidation).

The user can assign the properties of several types of complex soils to the same soil layer at the same time. In this case, the total deformations of the base will be determined as the sum of the deformations taking into account the specified characteristics of the soil. For example, in the case of a combination of subsidence and suffusion soils, total deformations are defined as the sum of ground settlement, subsidence, and suffusion subsidence.

The implemented calculation method can be used to take into account the compliance of the elastic base for the "soil - base - above-ground structure" system. Similar models are necessary to perform a series of calculations and obtain a generalized model in the METEOR system to take into account the variation of the elastic foundation at all stages of loading and taking into account the variability of soil properties throughout the life of the building/structure.

Added possibility to calculate subsidence for specific soils: subsidence, saline, swelling, bulk and organic soils for standards of DBN B.2.1-10:2009.

The possibility of outputting each of the components of the settlement of pile foundations has been added (Sef - settlement of the conditional foundation, ΔSp - additional settlement due to the penetration of piles at the level of the sole of the conditional foundation, ΔSc - additional settlement due to the penetration of piles at the level of the sole of the conditional foundation - Ss. Relevant information about the contribution each settlement component can be seen when displaying the calculation results at any point of the model within the load contours.This implementation is also supported at the level of graphical representation of isopoles, when plotting, the display of each settlement component can be turned on/off, while the isofield and result scale will be rebuilt under the selected set.

1. Barabash M.S. The method of boundary elements in contact problems for elastic spatially inhomogeneous is based. - M.: ASV Publishing House, 2000. - 754 p.
2. Barabash M.S. Methods of computer modeling of high-rise construction processes / M.S. Barabash // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. - M.: Publishing House "ASV", 2012. - Vol. 8, Issue 3 – P. 58 - 68.
3. Horodetsky A.S. Computer models of constructions / A.S. Horodetsky, I.D. Evzerov. – 2nd ed. - M.: ASV Publishing House, 2009. - 360 p.

Визначення зміни термонапруженого стану сталевих балок в ПК «ЛІРА-САПР»

Олексій Башинський, *аспірант кафедри Металевих та дерев'яних конструкцій, інженер,* https://orcid.org/0000-0003-2466-4306

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ),
ТОВЛІРА САПР (м. Київ)

Мета дослідження –дослідження міцнісних та деформаційних характеристик перерізу сталевоїбалки перекриття при впливі вогню.Досліджується розподіл температурних полів та вплив температури на несучу здатність перерізу. Скінченноелементну схемувогнезахищеної та незахищеної балки перекриття показано на рис. 1 та 2.

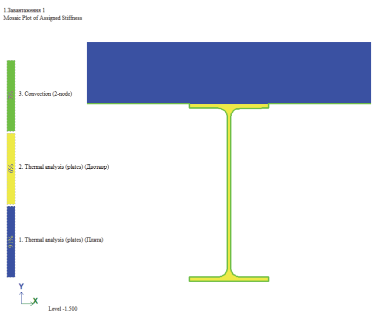


Рис.1.Схема перерізу балки перекриття без вогнезахисту

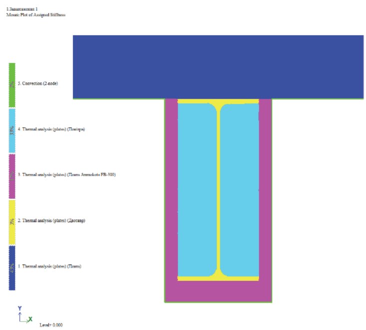


Рис.2. Схема перерізу балки перекриття з вогнезахисними плитами

За дослідну конструкцію було прийнято Двотавр №35Б1 за ГОСТ 26020-83 на який спирається залізобетонна плита завтовшки 120 мм.

Оскільки, зміна температури по довжині балки відбувається рівномірно, це дозволяє розглядати розподіл температури вздовж частини перерізу однієї висоти.

Для теплотехнічного розрахунку прийнято такі теплопровідні властивості сталі: щільність-76490 Н/м3, коефіцієнт теплопровідності - 53 Вт/(м*с), коефіцієнт теплопоглинання – 440 Вт. Коефіцієнт конвективного теплообміну був прийнятий рівним 25 Вт/(м2*с). Температурне навантаження було задано відповідно до стандартного температурного режиму пожежі. Температура навколишнього середовища в початковий момент часу прийнята 20 °С. Було задано графік пожежі тривалістю 5 годин.

Була вирішена задача теплопровідності за допомогою методу скінченних елементів для виявлення зміни температури по перерізу конструктивного елемента у часі. Скінченно-елементна модель була виконана в програмному комплексі ЛІРА-САПР.При вирішенні даної задачі була врахована зміна теплотехнічних характеристик з підвищенням температури, тобто нелінійність матеріалу.

Після отриманих результатів температури на кожній відмітці часу (крок 5 хв) за допомогою понижуючих коефіцієнтів було побудовано графік зміни модулю пружності-деформації від часу.

1.Білик С.І., Башинська О.Ю, Башинський О.В.Визначення зміни термонапруженого стану сталевих балок в ПК «ЛІРА-САПР» // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірник – К.: КНУБА, 2022. – Вип. 108. – С. 189-202. – Англ.

Determination of changes in thermal stress state of steel beams in LIRA-SAPR SOFTWARE

Oleksiy Bashynskii, *Postgraduate student of Department of metal and wood structures, engineer,* [*https://orcid.org/0000-0003-2466-4306*](https://orcid.org/0000-0003-2466-4306)

Kyiv national university of construction and architecture(Kyiv),
LIRASAPRLLC (Kyiv)

The aim of the study is to investigate the strength and deformation characteristics of a steel floor beam section under fire. The distribution of temperature fields and the effect of temperature on the bearing capacity of the section are studied. The finite element diagram of a fire-protected and unprotected floor beam is shown in Figs. 1 and 2.

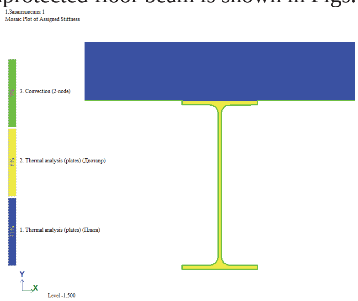


Fig. 1 - Cross-sectional view of a floor beam without fire protection

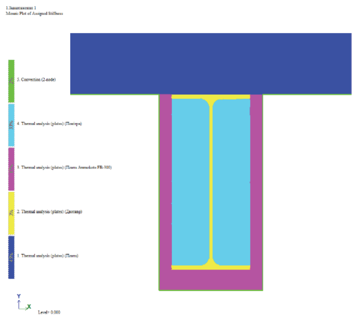


Fig. 2 - Cross-sectional view of a floor beam with fire protection plates

Finite element model was created in LIRA-SAPR software.

For the experimental design was taken beam with a cross section I-section №35B1 according to GOST 26020-83 on which reinforced concrete slab 120 mm thick rests.

Since the change in temperature along the length of the beam is uniform, it allows us to consider the temperature distribution along the cross section of one height.

The following heat-conducting properties of steel are accepted for thermal engineering analysis: density - 76490 N/m3, thermal conductivity coefficient - 53 W/(m*s), heat absorption coefficient - 440 W. The coefficient of convective heat transfer was assumed to be equal to 25 W/(m2*s). The temperature load was set according to the standard temperature of the fire. The ambient temperature at the initial time is taken as 20 ° C. The fire schedule was set to last 5 hours.

The problem of thermal conductivity was solved using the finite element method to detect temperature changes along the cross-section of a structural element over time.The finite element model was performed in the LIRA-SAPR software. In solving this problem, the change in thermal characteristics with increasing temperature, i.e., the nonlinearity of the material, was taken into account.

After obtaining the temperature results at each time point (5 min step), a graph of the change in the stress-strain modulus over time was plotted with the help of decreasing coefficients.

1.Bilyk S.I., Bashynska O.Y., Bashynskyi O.V. Determination of changes in thermal stress state of steel beams in LIRA-SAPR software // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles. – K.: KNUBA, 2022. – Issue 108. – P. 189-202.

Особливості розрахунку міцності нормальних перерізів позацентрово-стиснутих залізобетонних елементів за методом Вуда в новому алгоритмі «Вуд+»

Євген Дмитренко, *канд. техн. наук, старший викладач кафедри будівництва,* *https://orcid.org/0000-0001-9737-943X*

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)
ТОВ «ЛІРА САПР», (м.Київ)

В діючих нормативних документах із проектування залізобетонних конструкцій [1], [2] регламентовано, що розрахунок нормальних перерізів за міцністю необхідно виконувати із застосуванням деформаційного методу. З одного боку, в цих нормах чітко наведені вихідні передумови, загальна методика вирішення систем нелінійних рівнянь рівноваги і відповідні рекомендації. Але з іншого боку, недостатньо повно розкриті особливості застосування даної методики у ряді розрахункових випадків, зокрема таких, які зустрічаються при реалізації розрахунку міцності пластинчастих елементів за методом Вуда-Армера [3] у складі ПК «ЛІРА САПР» [4]. Так, в чисельних посібниках до норм практично не розглянуті випадки НДС нормальних перерізів при позацентровому розтягу [5], чистому згині і нетиповому розташуванні армування [6], при позацентровому стиску із малими ексцентриситетами, який був досліджений в даній роботі.

Для дослідження даного виду НДС був обраний прямокутний залізобетонний переріз із подвійним армуванням сталевою стержньовою арматурою. При цьому варіювалися класи бетону (від С12/15 до С25/30), висота перерізу. Арматура прийнята класу А400С. Система нелінійних рівнянь рівноваги, яка описує роботу нормального перерізу при даному НДС змінюється в залежності від форми рівноваги (перша або друга), представлена у ДСТУ [2].

В результаті досліджень встановлено, що при даному НДС при значеннях ексцентриситету прикладання сили стиску e_0, близьких до нуля, рівновага не встановлюється при граничних значеннях деформації крайньої стиснутої фібри бетону ε_{cu}, регламентованих нормами. В таких випадках рівновага знаходиться при деформаціях ε_c, менших ніж ε_{cu} і максимальна несуча здатність перерізу N_{int}, отримана при цьому, є меншою, ніж при більших значеннях ексцентриситету e_0, хоча має бути більшою. Для вирішення цієї проблеми запропоновано методику, в основі якої лежить метод граничних зусиль. Дана методика реалізована в новому алгоритмі розрахунку пластинчастих залізобетонних конструкцій «Вуд+», який у порівнянні із стандартним алгоритмом «Вуд» без втрати точності результатів дозволяє прискорити швидкість виконання розрахунків армування пластинчастих елементів в середньому у 1,5-2 рази. Даний алгоритм є доступним для користувача, починаючи із версії ПК «ЛІРА-САПР» 2022 R1.

1. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний з 2011-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2011. – 71 с. – (Державні будівельні норми).
2. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування : ДСТУ Б.В.2.6–156:2010. – [Чинний з 2011-06-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с. – (Національний стандарт України).
3. Shin Myoungsu. Twisting moments in two-way slab / Myoungsu Shin, Allan Bommer, James B. Deaton, Bulent N.Alemdar // Concrete International. 2009. Vol. 78, pp. 35-40.
4. Barabash M. S. Some aspects of modelling nonlinear behaviour of reinforced concrete / M. Barabash // Strength of Materials and Theory of Structures. – 2018. – № 100. – P. 164-171.
5. Яковенко І.А. Особливості розрахунку міцності нормальних перерізів позацентрово-розтягнутих залізобетонних конструкцій із малими ексцентриситетами / І.А. Яковенко, Є.А. Дмитренко, О.А. Фесенко // Наука та будівництво. – К. : НДІБК, 2020. - Вип. 4(26)’. – С.15-25.
6. Дмитренко Є.А. Особливості розрахунку міцності нормальних перерізів згинальних залізобетонних конструкцій за методом Вуда в ПК «ЛІРА САПР» / Є. А. Дмитренко, Ю. В. Гензерський, Є. А. Яковенко, Є. А. Бакулін // Український журнал будівництва та архітектури : науково-практичний журнал. – Дніпро : ДВНЗ ПДАБА. – Вип. 5. - С. 41-50. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261021.7.796.

The new algorithm 'Wood+' for the strength analysis of normal sections in eccentrically compressed RC elements by Wood method

Yevhen Dmytrenko, *PhD, Senior Lecturer at the Department of Civil Engineering,* *https://orcid.org/0000-0001-9737-943X*

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)
LIRA SAPR Ltd (Kyiv).

The deformation method must be used to carry out the strength analysis of normal sections according to the existing building codes for the design of reinforced concrete structures. These standards, on the one hand, clearly outline the initial requirements, the general approach for resolving systems of nonlinear equilibrium equations, and the appropriate recommendations. On the other hand, a number of design cases, particularly those where this method is used for the Wood-Armer method's strength analysis of plate elements in the LIRA-SAPR software, are not fully covered by the standards. Many manuals to the standards practically ignore the stress-strain state of normal sections under eccentric tension, pure bending with unusual reinforcement patterns, or eccentric compression with small eccentricities, which is examined in this paper.

A rectangular reinforced concrete cross-section with double reinforcement of steel rebars is used to analyse this kind of stress-strain state. The section height and concrete classes (from C12/15 to C25/30) varied. The class of reinforcement is taken as A400C. DSTU [2] presents the system of nonlinear equilibrium equations. This system illustrates the behaviour of a normal section at a given stress-strain state. The system depends on the form of equilibrium (first or second).

The study revealed that the equilibrium is not formed at the max deformation of the most compressed concrete fibre ε_{cu} at a considered stress-strain state when the eccentricity of the compressive force e_0 is close to zero. In these cases, the equilibrium is found at deformations ε_c that are smaller than ε_{cu}; however, even though it should be larger, the max load-bearing capacity of the section N_{int} produced in this case is less than for higher levels of eccentricity e_0.

To solve this problem, the authors propose to use the approach based on the method of ultimate forces. Such a technique is implemented in a new algorithm for the analysis of plate reinforced concrete structures 'Wood+'. Without losing the accuracy of analysis results, the 'Wood+' algorithm enables the user to analyse the reinforcement in plate elements up to 1.5–2 times faster than with the standard 'Wood' algorithm. This algorithm is available to the user in version LIRA-SAPR 2022 R1.

1. Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions: DBN V.2.6-98:2009 [valid since 2011-07-01] - K. : Minregionbud of Ukraine, State Enterprise 'Ukrarkhbudinform', 2011. 71p. - (State building codes).
2. Concrete and reinforced concrete structures of heavy concrete. Design rules: DSTU B.V.2.6-156:2010 - [Valid from 2011-06-01] - K. : Minregionbud of Ukraine, 2011. 118 p. - (National Standard of Ukraine).
3. Shin Myoungsu. Twisting moments in two-way slab / Myoungsu Shin, Allan Bommer, James B. Deaton, Bulent N. Alemdar // Concrete International. 2009. Vol. 78, pp. 35-40.
4. Barabash M. S. Some aspects of modelling nonlinear behaviour of reinforced concrete / M. Barabash // Strength of Materials and Theory of Structures. – 2018. – № 100. – P. 164-171.
5. Yakovenko I.A. Strength analysis of normal sections in eccentrically tensioned reinforced concrete structures with small eccentricities / I.A. Yakovenko, E.A. Dmytrenko, O.A. Fesenko // Science and Construction - K. : NDIBK, 2020. - Issue 4(26)'. - p.15-25.
6. Dmytrenko E.A. Strength analysis of normal sections in flexural RC structures by the Wood method in LIRA-SAPR software / E.A. Dmytrenko, Y.V.Genzerskyy, E.A.Yakovenko, E.A.Bakulin // Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture: Scientific and practical journal - Dnipro: PSACEA. - Issue 5. - P. 41-50. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261021.7.796.

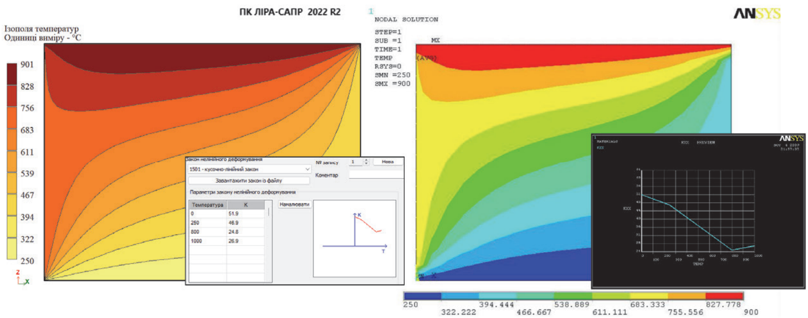
Моделювання процесів теплопровідності за допомогою ПК ЛІРА-САПР

Марина Ромашкіна, *канд. техн. наук,* https://orcid.org/0000-0002-7158-4037

ТОВ «ЛІРА САПР», (м. Київ)

Процес перенесення тепла становить особливий інтерес для сучасної науки і має велике практичне значення в будівельній та інших галузях промисловості. Наприклад, при розрахунку огороджувальних конструкцій в умовах змінних теплових впливів (теплоізоляція будинків, печей, трубопроводів). Крім того, розв'язання задачі теплопровідності є важливим етапом при визначенні вогнестійкості конструкції. Так, згідно з Eurocode EN 1992-1-2 (2004) [1] та ДСТУ-Н EN 1991-1-2:2010 [2] уточнені методи розрахунку включають розрахункові моделі для визначення зростання та розподілення температури по всіх елементах конструкції (теплотехнічний розрахунок).

Починаючи з версії 2019 в ПК ЛІРА-САПР реалізовані методи моделювання стаціонарних і нестаціонарних процесів теплообміну. Для моделювання таких задач реалізовані нові типи скінченних елементів теплопровідності. Також, створені спеціальні скінченні елементи конвективної тепловіддачі для моделювання контакту поверхні з середовищем [3]. В ПК ЛІРА-САПР 2022 реалізовано нелінійну теплопровідність для стержневих, пластинчастих та об'ємних СЕ. З'явилася можливість створювати закони зміни коефіцієнта теплопровідності, коефіцієнта теплоємності та питомої ваги залежно від температури. При розробці системи «Теплопровідність» у ПК ЛІРА-САПР особливу увагу було приділено точності та достовірності отриманих результатів розрахунку. Було виконано співставлення результатів розрахунку задач теплопровідності з аналітичними рішеннями, а також з рішенням в ANSYS. Нижче наведено графік залежності теплопровідності від температури та ізополя температур для одного із виконаних верифікаційних тестів, де порівнювались результати розрахунку в ПК ЛІРА-САПР та ANSYS (рис. 1).



а) б)

Рис. 1. - Приклад вирішення задачі нелінійної теплопровідності:
а) ПК ЛІРА-САПР; б) ANSYS

Таким чином за допомогою системи «Теплопровідність» ПК ЛІРА-САПР можна виконати моделювання різних видів перенесення тепла (тепловіддача, теплопередача, конвективно-променисте перенесення тепла).

1. EN 1992-1-2: 2004 Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design.
2. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 «Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT)».
3. Barabash M.S. Thermal stress state of reinforced concrete floor slab / M.S. Barabash, M.A. Romashkina, O.U. Bashynska b // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2019. – Issue 103 . – P. 43-56.

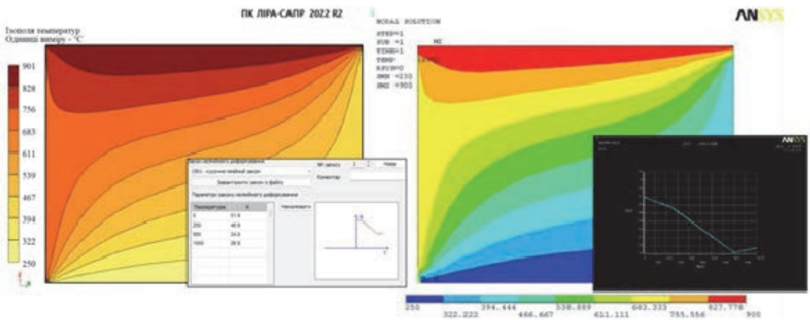
Thermal conductivity simulated in LIRA-SAPR

Maryna Romashkina, *PhD, https://orcid.org/0000-0002-7158-4037*

LIRA SAPR Ltd, (Kiev)

Modern science is particularly interested in the process of heat transfer, which has significant practical implications for the building sector as well as other industries. For example, in the analysis of building envelopes under variable thermal loads (thermal insulation of buildings, furnaces, pipelines). To further determine a structure's fire resistance, the problem of thermal conductivity must be solved. Thus, according to Eurocode EN 1992-1-2 (2004) [1] and DSTU-N EN 1991-1-2:2010 [2], the refined analysis methods use design models to study the temperature rise and distribution over all structural elements (thermal analysis).

From LIRA-SAPR version 2019, the software has an option to simulate steady-state and transient heat transfer problems. To simulate such problems, new types of finite elements for heat transfer are implemented. New special finite elements for convective heat transfer are provided to simulate the contact between the surface and environment [3]. Nonlinear thermal conductivity for bars, plates, and solids is implemented in the LIRA-SAPR version 2022. Option to model the relationship between thermal conductivity coefficient, heat capacity coefficient, specific heat capacity and temperature (stress-strain diagrams). Special attention was paid to ensure that the analysis results in the LIRA-SAPR 'Thermal Analysis' system were accurate and reliable. The analysis results of the thermal conductivity problems were compared with analytical solutions as well as with the solution in ANSYS. In the figure below, there is a graph for the dependence of the thermal conductivity on the temperature and the temperature contour plot for one of the verification tests where the analysis results in LIRA-SAPR and ANSYS were compared (Fig. 1).



a) b)

Fig. 1. - Nonlinear thermal conductivity analysis in:
a) LIRA-SAPR; b) ANSYS

Thus, in the 'Thermal Analysis' system of LIRA-SAPR program, it is possible to simulate different types of heat transfer (thermal conductivity, convective-radiant heat transfer).

1. EN 1992-1-2: 2004 Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design.
2. DSTU-N B EN 1991-1-2:2010 'Eurocode 1: Actions on structures. Part 1-2. General actions - Actions on structures exposed to fire (EN 1991-1-2:2002, IDT)'.
3. Barabash M.S. Thermal stress state of reinforced concrete floor slab / M.S. Barabash, M.A. Romashkina, O.U. Bashynska b // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2019. – Issue 103 . – P. 43-56.

Можливості програмного забезпечення для розрахунку на вогнестійкість

Олег Фесенко[1], *канд.техн.наук, доцент кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій,* *https://orcid.org/0000-0001-8154-2239*
Дарина Богач[2]*, студентка,* *https://orcid.org/0009-0002-5474-1974*

[1]Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)
[2]Національнийуніверситет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)

Будівельні Єврокоди визначають такі методи розрахунку будівельних конструкцій на вогнестійкість [1, 2]:

- табличні дані, що базуються на результатах випробування на вогнестійкість;
- спрощені методи розрахунку, що базуються на методі приведеного перерізу або підході визначення критичної температури (для сталевих конструкцій);
- уточнені методи, що базуються на теорії теплопровідності (теплофізичний розрахунок)та принципах будівельної механіки (статичний розрахунок).

Розрахунок будівельних конструкцій на вогнестійкість реалізовано у багатьох різних скінченно-елементних (СЕ) програмних комплексах. На жаль, різні СЕ програмні комплекси не охоплюють усі розрахункові методи, що встановлені у Будівельних Єврокодах для різних конструкційних матеріалів. Таблиця 1 містить результати порівняння можливостей різних СЕ програмних комплексів для розрахунку на вогнестійкість.

Таблиця 1.

Класифікація програмного забезпечення для розрахунку на вогнестійкість

Конструкції	Методики розрахунку		СЕ програмні комплекси					
			Ansys Workbench	Dlubal RFEM	Idea StatiCa	Ліра-САПР	Robot Structural	Sofistik
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Залізобетонні	Табличні дані		–	–	+	–	–	–
	Спрощені		–	+	–	–	–	–
	Уточнені	Теплофізичний	+	–	+	+	+	–
		Статичний	+	–	+	–	–	–
Кам'яні	Табличні дані		–	–	–	–	–	–
	Спрощені		–	–	–	–	–	–
	Уточнені	Теплофізичний	+	–	–	+	–	–
		Статичний	+	–	–	–	–	–
Сталеві	Спрощені		–	+	+	+	+	+
	Уточнені	Теплофізичний	+	–	–	+	–	+
		Статичний	+	–	–	–	–	–
Дерев'яні	Спрощені		–	+	–	–	+	–
	Уточнені	Теплофізичний	+	–	–	+	–	–
		Статичний	+	–	–	–	–	–

Згідно з даними таблиці 1 різні СЕ програмні комплекси мають деякі обмеження. Табличні дані і спрощені методи для кам'яних конструкцій не реалізовані у жодному із розглянутих СЕ програмних комплексів. Табличні дані для залізобетонних конструкцій, як найзручніший метод для експрес-аналізу вогнестійкості окремоі конструкції, реалізовано тільки в одному комплексі. AnsysWorkbench [3], як найбільш підходяще програмне забезпечення для термо-міцнісного аналізу, не містить окремих модулів для табличних даних і спрощених методів.

1.ДСТУ-НБЕN 1992-1-2:2012.Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунокконструкційна вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT). [Чинний з 2013-07-01]. Київ, Мінрегіон України, 2012. 87 с.

2.Розрахунок залізобетонних конструкцій на вогнестійкість відповідно до Єврокоду 2. Практичний посібник / В.Г. Поклонський, О.А. Фесенко,В.Г. Тарасюк та ін. – К.: Інтертехнологія, 2016. – 83 с.

3. Ansys Workbench.https://www.ansys.com/products/ansys-workbench, last accessed 2023/03/10.

Software capabilities for structural fire design

***Oleg. Fesenko*[1]*, PhD (Tech.)*,*Associate Professor of the Department of Reinforced Concrete and StoneStructures, https://orcid.org/0000-0001-8154-2239*
Daryna. Bohach*[2]*, student, https://orcid.org/0009-0002-5474-1974

[1]Kyiv National University of Construction and Architecture
[2]National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv)

Structural Eurocodes define the following calculation procedures for the structural firedesign [1, 2]:

- tabulated data based on fire test results;
- simplified methods based on reduced cross-section method or critical temperature approach (for steel structures);
- advanced methods based on the theory of heat transfer(thermal analysis) and the theory of structural mechanics (mechanical analysis).

There are many various FEA software where structural fire design has been realized.Unfortunately,the design proceduresdefined by Structural Eurocodes for every type of structural materialare not coveredby various FEA software for structural fire analysis. Table 1 presents the results of comparing the softwarecapabilities for structural fire design procedures realization.

Table 1.

Software capabilities for structural fire designprocedures

Structures	Design procedures		FEA Software					
			Ansys Workbench	Dlubal RFEM	Idea StatiCa	LIRA-SAPR	Robot Structural	SOFiSTiK
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Concrete	Tabulated data		–	–	+	–	–	–
	Simplified		–	+	–	–	–	–
	Advanced	Thermal	+	–	+	+	+	–
		Mechanical	+	–	+	–	–	–
Masonry	Tabulated data		–	–	–	–	–	–
	Simplified		–	–	–	–	–	–
	Advanced	Thermal	+	–	–	+	–	–
		Mechanical	+	–	–	–	–	–
Steel	Simplified		–	+	+	+	+	+
	Advanced	Thermal	+	–	–	+	–	+
		Mechanical	+	–	–	–	–	–
Timber	Simplified		–	+	–	–	+	–
	Advanced	Thermal	+	–	–	+	–	–
		Mechanical	+	–	–	–	–	–

Variousconsidered FEA software for structural fire design have some limitations according to Table 1 data.Tabulated and simplified design procedures for masonry structures are not implemented in any of the FEA software that is considered. Tabulated data procedure for concrete structures as most convenient for express fire resistance member analysis had integrated into an only single software. Ansys Workbench[3], as the most suitable software for thermal-structural coupled analysis, did not include modules for tabulated and simplified design procedures.

1.DSTU-N B EN 1992-1-2:2012.Yevrokod 2. Proektuvannia zalizobetonnykh konstruktsii. Chastyna 1-2. Zahalni polozhennia. Rozrakhunok konstruktsii na vohnestiikist (EN 1992-1-2:2004, IDT). [Chynni 2013-07-01]. Kyiv, Minrehion Ukrainy, 2012. 87s.
2.Rozrakhunok zalizobetonnykh konstruktsii na vohnestiikist vidpovidno do Yevrokodu 2. Praktychnyi posibnyk [Tekst]: / V.H. Poklonskyi, O.A. Fesenko, V.H. Tarasiuk ta in. – Kyiv: Intertekhnolohiia, 2016. 83 s.
3. Ansys Workbench.https://www.ansys.com/products/ansys-workbench, last accessed 2023/03/10.

Визначення поверхових спектрів відгуку будівель атомних станцій з використанням прямого динамічного методу в ПК ЛІРА-САПР

Іван Трусов, *начальник відділу оцінки сейсмостійкості,*
https://orcid.org/0000-0002-9351-6633

ВП «Науково-технічний центр» ДП НАЕК «Енергоатом» (м. Київ)

Розрахунок ПС складається з трьох основних етапів:

- моделювання взаємодії основи та споруди методом еквівалентних динамічних характеристик;
- отримання ПА в результаті розрахунку вимушених коливань будівлі на дію розрахункових акселерограм;
- отримання поверхневих спектрів в результаті розрахунку вимушених коливань лінійних неконсервативних осциляторів на дію поверхових акселерограм.

Вплив основи на сейсмічні коливання споруди має кілька аспектів:

- через основу передається сейсмічне вплив на споруду, останнє в силу своєї масивності та жорсткості, надає зворотний вплив на рух ґрунту, тому закон сейсмічних коливань під фундаментною плитою відрізняється від коливань "вільного поля";
- ґрунтова основа має власну масу та жорсткість, які знижують частоти вільних коливань динамічної системи "споруда – основа";
- при землетрусі сейсмічні хвилі відбиваються від фундаменту і розсіюються на основі, забираючи при цьому певну кількість енергії.

Ступінь впливу основи на динамічну реакцію споруди залежить від співвідношення жорсткостей. Для гнучких будівель цей вплив відносно малий, і для них основу часто приймають недеформованою. Для жорстких і масивних споруд, до яких належить і більшість будівель АЕС, вплив основи істотний навіть за досить жорстких ґрунтів.

Згідно з світовою практикою врахування взаємодії споруди з основою є 3 основні фактори впливу, які можуть бути враховані при визначені спектрів відгуку споруди:

- врахування жорсткості системи ґрунт-фундамент, яке реалізовано з врахуванням впливу основи;
- фільтрація коливань ґрунту, врахування кінематичних ефектів];
- відведення енергії від системи ґрунт-конструкція за рахунок випромінювання відбитих від споруди пружних хвиль та гістерезисних втрат.

Розрахунок виконаний методом прямого інтегрування рівнянь руху (прямий динамічний метод).

1.ASCE/SEI 41-13 Seismic Evaluation and Retrofi t of Existing Buildings
2.ASCE 4-16 Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures

Determination of the floor response spectra of nuclear power plant buildings using the direct dynamic method in PC LIRA-SAPR.

Ivan Trusov, *head of the earthquake resistance evaluation department,*
https://orcid.org/0000-0002-9351-6633

SS "Scientific and Technical Center" SE NAEC "Energoatom" (Kyiv)

Calculation of PS consists of three main stages:

• • modeling of the interaction between the foundation and the building by the method of equivalent dynamic characteristics;

• • obtaining PA as a result of calculating the forced oscillations of the building due to the effect of calculated accelerograms;

• • obtaining surface spectra as a result of calculation of forced oscillations of linear non-conservative oscillators on the action of surface accelerograms.

The influence of the base on the seismic vibrations of the structure has several aspects:

• • the seismic impact on the structure is transmitted through the foundation, the latter, due to its massiveness and rigidity, exerts an inverse influence on the movement of the soil, therefore, the law of seismic oscillations under the foundation slab differs from "free field" oscillations;

• • the ground base has its own mass and stiffness, which reduce the frequency of free oscillations of the dynamic system "building - base";

• • during an earthquake, seismic waves are reflected from the foundation and scattered on the base, taking away a certain amount of energy.

The degree of influence of the base on the dynamic response of the structure depends on the ratio of stiffnesses. For flexible buildings, this effect is relatively small, and for them the base is often assumed to be undeformed. For rigid and massive structures, which include the majority of nuclear power plant buildings, the influence of the base is significant even with fairly stiff soils.

According to the world practice of taking into account the interaction of the building with the foundation, there are 3 main influencing factors that can be taken into account when determining the response spectrum of the building:

• • taking into account the rigidity of the soil-foundation system, which is implemented taking into account the influence of the base;

• • filtering of soil vibrations, taking into account kinematic effects];

• • removal of energy from the soil-structure system due to the radiation of elastic waves reflected from the structure and hysteresis losses.

The calculation was performed by the method of direct integration of the equations of motion (direct dynamic method).

1.ASCE/SEI 41-13 Seismic Evaluation and Retrofi t of Existing Buildings
2.ASCE 4-16 Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures

Визначення значення граничної сейсмостійкості для будівельних конструкцій атомних станцій в ПК ЛІРА-САПР

Любов Первушова, *провідний інженер відділу оцінки сейсмостійкості* https://orcid.org/0009-0004-7706-8131

ВП «Науково-технічний центр» ДП НАЕК «Енергоатом» (м. Київ)

Розрахунковий аналіз сейсмостійкості елементів діючих АЕС в рамках методу граничної сейсмостійкості проводиться з метою визначення інтегрального параметра HCLPF, що характеризує рівень сейсмічної стійкості цього елемента. Параметр HCLPF, який виражається в одиницях прискорення вільного падіння g, порівнюється з величиною максимального прискорення на ґрунті (PGA), визначеної для майданчика АЕС і характеризує інтенсивність землетрусу, прийнятого в якості сейсмічних кваліфікаційних вимог [1,3].

При виконанні умови HCLPF більше PGA, сейсмостійкість елемента вважається підтвердженою. Якщо умова не виконується, то потрібна розробка і реалізація заходів щодо підвищення сейсмостійкості. Для обчислення величини граничної сейсмостійкості HCLPF використовується коефіцієнт запасу FS, який показує у скільки разів потрібно збільшити інтенсивність сейсмічного впливу на ґрунті, щоб досягти допустиму величину оцінюваного параметра. [3]. При проведенні лінійно-пружного розрахунку, величина параметра HCLPF в розмірності максимального прискорення землетрусу на майданчику АЕС, «g», яке може витримати розглянутий елемент, визначається співвідношенням [1,3]:

$$HCLPF = FS \cdot F_{\mu} \cdot PGA \qquad (1)$$

Для розрахунку параметру HCLPF для залізобетонних конструкцій в «ЛІРА САПР» в якості параметра для визначення коефіцієнта сейсмічного запасу FS прийнято значення відносної деформації - ε. Таким чином формула для визначення коефіцієнта сейсмічного запасу матиме вигляд [1,3]:

$$FS = \min FS_{\varepsilon_i} \qquad (2)$$

$$FS_{\varepsilon_i} = \left| \frac{C_{\varepsilon_i} - D_{NS_{\varepsilon_i}}}{D_{S\varepsilon_i}} \right| \qquad (3)$$

де i – номер габаритної точки перерізу (i = 4 для всіх видів перерізів крім хреста, i = 8 для хреста);

$D_{NS_{\varepsilon_i}}$ – відносні деформації від дії несейсмічних навантажень, що входять у визначену комбінацію навантажень (для визначення С);

$D_{S\varepsilon_i}$ – відносні деформації від дії сейсмічних інерційних навантажень з урахуванням попереднього НДС від НУЕ;

C_{ε_i} – відносні деформації від дії максимально можливої комбінації зусиль, що витримує переріз. Тобто максимальна несуча здатність перерізу.

1. МТ-Т.0.03.326-13 «Методика розрахункового аналізу сейсмостійкості елементів діючих АЕС у рамках методу граничної сейсмостійкості».
2. Final Report 3002000709. Seismic Probabilistic Risk Assessment Implementation Guide, EPRI, Palo Alto, CA, 2013.
3. Коньшин В.І., П'янков Т.О. Обґрунтування використання методології граничної сейсмостійкості при кваліфікації обладнання аес на сейсмостійкість // Нак. Журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія».-К.: НТТУ КПІ,. 2016. № 2..- ISSN 1813-5420 (Print)-с.59-62
4. Evaluation of Seismic Safety for Existing Nuclear Installation // Safety Standards Series № NSG2.13,IAEA, Vienna, 2009

Determination of the value of boundary seismicity for emergency structures of nuclear power plants in the SP LIRA-SAPR.

Lyubov Pervushova, *leading engineer of the earthquake resistance evaluation department* *https://orcid.org/0009-0004-7706-8131*

SS "Scientific and Technical Center" SE NAEC "Energoatom" (Kyiv)

Calculation analysis of the seismic resistance of elements of operating nuclear power plants within the framework of the method of ultimate seismic resistance is carried out in order to determine the integral parameter HCLPF, which characterizes the level of seismic resistance of this element. The HCLPF parameter, which is expressed in units of free fall acceleration g, is compared with the value of the maximum ground acceleration (PGA) determined for the NPP site and characterizes the intensity of the earthquake accepted as seismic qualification requirements [1,3].

If the condition HCLPF is greater than PGA, the seismic resistance of the element is considered confirmed. If the condition is not met, then the development and implementation of measures to increase seismic resistance is required.

When performing a linear-elastic calculation, the value of the HCLPF parameter in the dimension of the maximum earthquake acceleration at the NPP site, "g", which the element in question can withstand, is determined by the ratio [1,3]:

$$HCLPF = FS \cdot F_{\mu} \cdot PGA \quad (1)$$

To calculate the HCLPF parameter for reinforced concrete structures in LIRA CAD, the value of relative deformation - ε is taken as a parameter for determining the coefficient of seismic reserve FS. Thus, the formula for determining the coefficient of seismic reserve will look like this [1,3]:

$$FS = \min FS_{\varepsilon_i} \quad (2)$$

$$FS_{\varepsilon_i} = \left| \frac{C_{\varepsilon_i} \quad D_{NS_{\varepsilon_i}}}{D_{S\varepsilon_i}} \right| \quad (3)$$

i – the number of the dimension point of the section (i = 4 for all types of sections except the cross, i = 8 for the cross);

$D_{NS_{\varepsilon_i}}$ – relative deformations due to the action of non-seismic loads included in the specified combination of loads (for determination of C);

$D_{S\varepsilon_i}$ – relative deformations due to the action of seismic inertial loads, taking into account the previous SDS from NOC;

C_{ε_i} – relative deformations from the action of the maximum possible combination of forces that the section can withstand. That is, the maximum bearing capacity of the section.

1 MT-T.0.03.326-13 «Metodyka rozrakhunkovoho analizu seismostiikosti elementiv diiuchykh AES u ramkakh metodu hranychnoi seismostiikosti».

2 Final Report 3002000709. Seismic Probabilistic Risk Assessment Implementation Guide, EPRI, Palo Alto, CA, 2013

3 Konshyn V.I., Piankov T.O. Obgruntuvannia vykorystannia metodolohii hranychnoi seismostiikosti pry kvalifikatsii obladnannia aes na seismostiikist // Nak. Zhurnal «Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia».- K.: NTTU KPI,. 2016. № 2..- ISSN 1813-5420 (Print)-s.59-62.

4 Evaluation of Seismic Safety for Existing Nuclear Installation // Safety Standards Series № NSG2.13, IAEA, Vienna, 2009

Вплив габаритів фундаментної плити малоповерхового будинку на формування в ній зусиль

Василь Підлуцький, *канд.техн.наук, доцент кафедри геотехніки,*
http://orcid.org/0000-0002-1936-3990

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження – розглянути вплив габаритів фундаментної плити малоповерхового будинку на формування в ній напружено-деформованого стану, а саме вплив влаштування та не влаштування деформаційного шва між блоками будинку. Дослідження поведені за допомогою числового моделювання за методом скінченних елементів.

Дослідження перерозподілу зусиль у фундаментній плиті малоповерхового будинку виконано на реальній споруді. Представлений будинок складається з трьох блоків (рис. 1). Особливістю є те, що у всіх трьох блоках висоти поверхів різні, а також різні габарити самих блоків. Конструктивна схема будинку - двоповерхова залізобетонна каркасно-монолітна споруда з підвалом під всією плямою забудови із загальними габаритами 65,9 х48,4 м. Враховуючи на майданчику присутні складні ґрунтові умови (неоднорідний склад ґрунтів під будинком) та велику різницю в навантаженнях в різних приміщеннях, в якості фундаменту було прийнято плитний фундамент із монолітного залізобетону товщиною 400 мм. Несучим шаром ґрунту прийнято ІГЕ-2 - пісок пилуватий, середньої щільності, малого ступеню водонасичення.

Результати числових розрахунків фундаментної плити з деформаційним швом та без шва показали, що максимальні значення вертикальних деформацій не змінюються та становлять 18,0 мм, а в зоні стику блоків будинку відрізняються – у варіанті з деформаційним швом осідання зменшуються до 30 % (Рис.2).

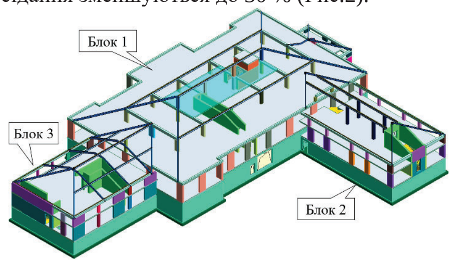


Рис.1 - Загальний вигляд несучих конструкцій малоповерхового будинку

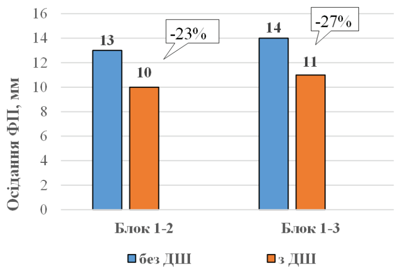


Рис.2 - Осідання фундаментної плити з влаштуванням та без влаштування деформаційного шва, мм

Згинальні моменти у фундаментній плиті розподіляються наступним чином:

- в зонах, віддалених від стику блоків, максимальні значення практично не змінюються (в межах 5%).
- в зонах біля стику блоків будинку при влаштуванні деформаційного шва значення згинальних моментів збільшуються в нижній і у верхній зонах фундаментної плити (від 10% до 3-х разів). Це призводить до збільшення її армування та збільшення загальної вартості.

Тому, зважаючи на всі фактори, для даного малоповерхового будинку рекомендовано влаштовувати варіант фундаментної плити без деформаційних швів.

1. Підлуцький В.Л. Дослідження перерозподілу зусиль у фундаментній плиті складної конфігурації у малоповерхових будівлях / В.Л.Підлуцький, О.В.Литвин // Науково-технічний збірник «Основи та фундаменти». – К.: КНУБА. – 2021. – Вип. 43. – С. 17-29. DOI: 10.32347/0475-1132.43.2021.17-29.

The influence of the dimensions of the foundation slab of a low-rise building on the formation of the stress in it

Vasyl Pidlutskyi, *candidate technical sciences, associate professor of the Geotechnics Department,* *http://orcid.org/0000-0002-1936-3990*

Kyiv National University of Construction and Architecture

The purpose of the study is to consider the influence of the dimensions of the foundation slab of a low-rise building on the formation of a stress-strain state in it, namely, the effect of the construction and non-construction of a contraction joint between the building blocks. The study was conducted using numerical modeling by the finite element method.

The study of force redistribution in the foundation slab of a low-rise building was performed on a real construction. The presented building consists of three blocks (Fig. 1). The peculiarity is that all three blocks have different floor heights and different block dimensions. The structural scheme of the house is a two-story reinforced concrete frame-monolithic structure with a basement under the entire building with overall dimensions of 65.9 x 48.4 m. Taking into account the difficult soil conditions (heterogeneous soil composition under the building) and the large difference in loads in the building blocks, a slab foundation made of monolithic reinforced concrete with a thickness of 400 mm was adopted. The bearing layer of the soil is EGE-2 - dusty sand, medium density, low water saturation.

The results of numerical calculations of the foundation slab with and without a contraction joint showed that the maximum values of vertical deformations did not change and amounted to 18.0 mm. In the area of the building blocks' joint, they differ - in the variant with the contraction joint, the settlements are reduced by up to 30 % (Fig. 2).

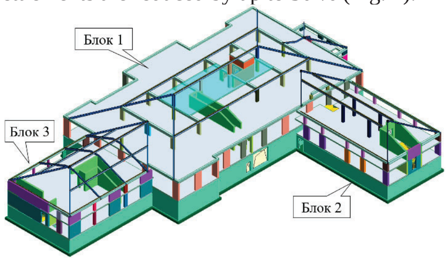


Fig.1 - General view of the bearing structures of a low-rise building

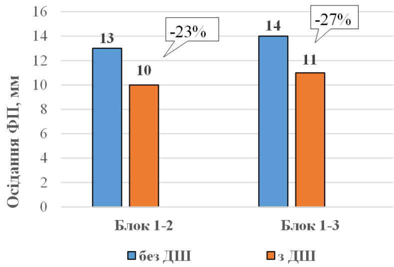


Fig.2 - Settlement of the foundation slab with and without contraction joint, mm

The bending moments in the foundation slab are distributed as follows:

- in the areas far from the junction of the blocks, the maximum values almost do not change (within 5%).
- in the areas near the junction of building blocks, when a contraction joint is installed, the values of bending moments increase in the lower and upper zones of the foundation slab (from 10% to 3 times). This leads to an increase in its reinforcement and an increase in the overall cost.

Therefore, taking into account all the factors, it is recommended to build a variant of the foundation slab without contraction joints for this low-rise building.

1. Pidlutskyi, V., Lytvyn, O. (2021). Doslidzhennia pererozpodilu zusyl u fundamentnii plyti skladnoi konfihuratsii u malopoverkhovykh budivliakh [Investigation of force redistribution in the foundation slab of complex configuration in low-rise buildings]. Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Osnovy ta fundamenty», 43, 17-29. (in Ukrainian). DOI: 10.32347/0475-1132.43.2021.17-29.

ЗМІСТ

Матеріали IV Міжнародної науково- практичної конференції «Будівлі та споруди спеціального призначення: матеріали та конструкції»

26-27 квітня 2023 р.
Київ

Комп’ютерне верстання:	Марія Волощук,
Редагування і коректура	Віра Колякова
Обкладинка:	Дмитро Журавський

Відповідальність за зміст та достовірність наведених даних несуть автори

КИЇВ 2023