



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ



ПОЛЬСЬКА АКАДЕМІЯ НАУК
(ПРЕДСТАВНИЦТВО В УКРАЇНІ)

РОБОЧА ПРОГРАМА ТА ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
III НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

ПРИСВЯЧЕНА 35-Й РІЧНИЦІ
АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС

**БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ
СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ:
СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ТА КОНСТРУКЦІЇ**

22-23 квітня 2021 року

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА
АРХІТЕКТУРИ

Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31

ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА
АРХІТЕКТУРИ

СПІВОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

ПОЛЬСЬКА АКАДЕМІЯ НАУК (ПРЕДСТАВНИЦТВО В УКРАЇНІ)

КОНФЕРЕНЦІЯ ВІДБУДЕТЬСЯ ЗА УЧАСТІ

Міністерство освіти і науки України,

Міністерство оборони України,

Академія будівництва України.

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Куліков П.М. – голова

Журавський О.Д.- заступник голови

Азізов Т.Н.,

Бабич Є.М.,

Баженов В.А.,

Бамбура А.М.,

Барабаш М.С.,

Білик С.І.,

Бліхарський З.Я.,

Бялас М.,

Bohdan Demchyna

Городецький О.С.,

Дорофєєв В.С.,

Клімов Ю.А.,

Клименко Є.В.,

Лапенко О.І.,

Носовський А.В.

Павліков А.М.,

Пушкарьова К.К.,

Савицький М.В.,

Стемберг П.,

Суханевич М.В.,

Чернишев Д.О.

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 Microsoft Teams**

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 8 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.

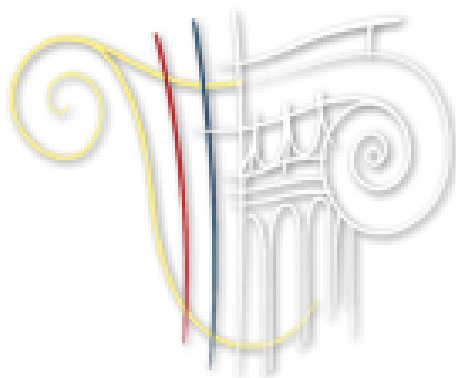
ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Шкуратов О.І. – голова (КНУБА)
Колякова В.М. – заступник голови
(КНУБА)
Журавський О.Д. (КНУБА)
Бондаренко О.П. (КНУБА)

Шовківська В.В. (КНУБА)
Веклярська Т.В. (КНУБА)
Журавський Д.О. (КНУБА)

ПАРТНЕРИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Оргкомітет висловлює щиру подяку:



РЕГЛАМЕНТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Захід	Дата	Час проведення	Посилання
Реєстрація	22.04.2021	09:00-10:00	
Відкриття конференції, пленарне засідання	22.04.2021	10:00-13:00	<u>Приєднатись до конференції</u>
	Секція 1		
Будівельні конструкції та технології	22.04.2021	14:00-18:00	<u>Приєднатись до конференції</u>
	Секція 2		
Сучасні будівельні матеріали	23.04.2021	10:00-13:00	<u>Приєднатись до конференції</u>
	Секція 3		
Комп'ютерне моделювання конструкцій будівель і споруд спеціального призначення за допомогою ПК "ЛІРА-САПР".	23.04.2021	10:00-13:00	<u>Приєднатись до конференції</u>

Тривалість виступів:

Пленарні - до 20 хв.

Секційні – до 10 хв.

КОНТАКТИ

Секція 1.	Колякова Віра Марківна	067 509-06-05
Секція 2.	Бондаренко Ольга Петрівна	097 683-68-85
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/wEVTMT7RhwsTB1Wr7>

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

[Під'єднатись до конференції](#)

22 квітня 2021 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 КНУБА.

проф. Шкуратов О.І.

3. Вітальне слово Президента академії будівництва України

проф., Назаренко І.І.

4. Вітальне слово директора інституту проблем безпеки атомних електростанцій НАН України

проф., Носовський А.А.

5. Перспективи рішення енергетических проблем Грузии и Украины на основе применения АЭС малой мощности

к.т.н. Гигинейшвили Д.Я (ООО «ПРОГРЕСИ», г. Тбилиси, Грузия)

6. Розрахунок споруд в системі "наземна споруда - фундаментні конструкції - ґрунтова основа

проф. Городецький О.С. (ТОВ ЛІРА-САПР)

7. Сучасні рішення для будівництва конфайменту ЧАЕС

доц. Панченко О.В. (ТОВ СІКА Україна, КНУБА)

8. Вклад ДП НДІБК у вирішенні науково-технічних задач з ліквідації аварії на IV блоці Чорнобильської АЕС.

проф. Бамбура А.М. (ДП Науково - дослідний інститут будівельних конструкцій)

9. Огляд перспектив сучасної фортифікації

доцент, Михальченко С.В. (КНУБА)

10. Вплив компонентного складу на транспорт іонів Cl^- та SO_4^{2-} в шлаколужному бетоні.

асп. Бойко О., с.н.с. Ковальчук О. (НДІВМ, КНУБА)

11. Розробка технологічних методів запобігання та припинення лужної корозії бетону при використанні реакційно здатних заповнювачів.

асп. Зозулинець В., с.н.с. Ковальчук О., ст. Рудзей Д. (НДІВМ, КНУБА)

12. Оцінка несучої здатності залізобетонних конструкцій в процесі їх життєвого циклу з використанням технології ВІМ.

проф. Барабаш М.С. (ТОВ ЛІРА-САПР)

13. Сучасні енергоефективні технології в будівництві

проф. Назаренко І.^{1,2}, к.т.н. Перегінець І.², викладач Слюсар В.³, (КНУБА¹, АБУ², ІНО КНУБА³)

СЕКЦІЯ 1

«Будівельні конструкції та технології»

[Приєднатись до конференції](#)

14:00 – Секційне засідання

1. Дослідження характеру руйнування залізобетонних колон в просічній обоймі
проф. Шмуклер В.¹, проф. Поздєєв С², к.т.н. Петрова О¹ (¹ХНУМГ імені О.М. Бекетова, ²ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України)
2. Експериментально –теоретичні дослідження конструкцій для будівель та споруд.
к.т.н. Гапонова Л., (ХНУМГ імені О.М. Бекетова)
3. Варіативний спосіб пошуку раціональної конфігурації підпірних стін
проф. Шмуклер В., Калмиков О., (ХНУМГ імені О.М. Бекетова)
4. Експериментальні дослідження плоскої залізобетонної плити підсиленої зовнішньою напруженою арматурою
к.т.н. Журавський О., асп. Тимошук В. (КНУБА)
5. Бетони на основі продуктів рециклінгу будівельних відходів
асп. Смирнов А, проф. Савицький М., проф. Нікіфорова Т. (ДВНЗ ПДАБА)
6. Підсилення срільчастих арок композитною арматурою на епоксидному клею
проф. Михайловський Д.В., асп. Абдурахманов Ш. (КНУБА)
7. Дослідження ефективності підсилення висячих металевих конструкцій наскрізного перерізу зовнішнім армуванням методом наклеювання фіброармованих систем
доц. Руднєва І., (КНУБА)
8. Новий безпечний конфайнмент – досвід компанії Sika
кер. напрямку Гідроізоляція Захаров А.¹, доц. Собко Ю.^{1,2}, (¹ТОВ «Сіка Україна», ²НУ «Львівська політехніка»)
9. Напружено-деформований стан монолітного ребристого перекриття силосу при максимальних навантаженнях
доц. Адаменко В. (КНУБА).
10. Анкерування сталеві фібри зі загнутими кінцями у дрібнозернистому бетоні
проф. Кінаш Р.^{1,2}, асп. Біденко І.², (¹НТУ АГН у Кракові (Польща), ²ЛНАУ)
11. Особливості багатошарових конструкцій зовнішніх стін
доц. Мазурак А., асп. Кальченко В., доц. Мазурак О., (ЛНАУ)
12. Аналіз рамних вузлів трубобетонної колони та сталеві балки в аспекті прогресуючого руйнування.
асп. Лавський О. (КНУБА)
13. Особливості проектування вертодромного майданчика на даху будівлі
проф. Першаков В., проф. Белятинский А., проф. Акмалдінова О. (НАУ)
14. Балкова модель при розрахунку міцності залізобетонних плит при продавлюванні
проф. Клімов Ю. (КНУБА)
15. Щодо раціонального армування вузлових з'єднань монолітних плит перекриття з вертикальними елементами
доц. Афанасєва Л., студ. Москаленко М. (КНУБА)

16. Результати експериментальних досліджень гнучких залізобетонних колонн, армірованих високопрочною арматурою.
док.техн.наук Дуткевич Мачей, доцент Гринів В. (Університет науки і техніки, (г. Быдгощ, Польща).
17. Панель з поперечно-клеєної деревини армована композитними стрічками
проф. Михайловський Д., асп. Комар М. (КНУБА).
18. Технологічні аспекти реконструкції при підсиленні залізобетонних конструкцій композитними матеріалами
маг. Лисюк Я., проф. Шпакова Г. (КНУБА)
19. Геодезичний моніторинг деформацій конструкцій огороження котловану та перекриттів при розробці котловану методом «up down»
асп. Яковенко М. (КНУБА) .
20. Врахування реальних деформацій фундаментних конструкцій висотного будинку при числовому моделюванні його взаємодії з ґрунтовою основою
доц. Носенко В., асп. Кашоїда О. (КНУБА)
21. Положисті арки з клеєної деревини армовані композитними стрічками
проф. Михайловський Д., асп. Склярєва Т. (КНУБА)
22. Випробування центрально-стиснутої колони, виконаної з тонкостінних гнутих профілів
доц. Глітін О. асп. Радецький С. (КНУБА)
23. Теоретичні параметри сталевих гофрованих балок оптимальної висоти
доц. Лавріненко Л. (КНУБА)
24. Аспекти управління змінами при реалізації біоміметичних будівельних проєктів
доц. Шпаков А., проф. Шпакова Г. (КНУБА)
25. Зміна напружень у залізобетонних фундаментах зерносушильних комплексів при врахуванні параметрів ґрунтів
доц. Підлуцький В., асп. Литвин О. (КНУБА)
26. Напружено-деформований стан несучих конструкцій цегляної будівлі з сталевібробетонними плитами перекриття
ас. Скорук О. (КНУБА)
27. Перспективи наукових досліджень з можливістю використання бішофіту для будівельних матеріалів.
доц. Журавська Н., (КНУБА)
28. Тріщиностійкість похилих перерізів нерозрізних балок з арматурою напруженою на бетон
доц. Козак О. (КНУБА)
29. Дослідження процесу розділення осаду промислових стічних вод з вилученням нікелю.
доц. Зоря О., доц. Терновцев О. (КНУБА)
30. Адекватність і взаємовплив конструктивних і розрахункових схем будівлі
проф. Кріпак В., доц. Колякова В., інж. Демченко Д., (КНУБА)
31. Комбіновані металодерев'яні двотаврові балки
доц. Склярєв І. (КНУБА)

32. Напіваналітичний метод скінчених елементів в лінійних і нелінійних задачах деформування, руйнування та формозмінення просторових тіл з урахуванням неканонічності форми та складної структури

проф. Максим'юк Ю, докторант Мартинюк І., асп. Максим'юк О. (КНУБА)

33. Використання місцевих будівельних матеріалів при будівництві доступного малоповерхового житла

доц. Титок В, доц. Ємельянова О. (КНУБА)

34. Розрахунок залізобетонного сходового маршу на вогнестійкість із застосуванням уточнених методів

асп. Байтала Х, інж. Донець Т., канд. техн. наук Фесенко О. (ДП «ДНДІБК»)

35. Особливості проектування сталезалізобетонних конструкцій згідно ДСТУ-Н Б EN 1994-1

доц. Постернак М. ас. Постернак О. (КНУБА)

36. Особливості розрахунку будівель і споруд з урахуванням стадій зведення

доц. Скорук Л. (КНУБА)

37. Використання муфтових з'єднань збірно-монолітних стовпчастих фундаментів

проф. Тонкачєєв Г., асп. Носач К. (КНУБА)

38. Геодезичний контроль стійкості фундаментів при будівництві та експлуатації висотної будівлі за індивідуальним проектом

пров.інж. Зорін Є.², асп. Яковенко М.^{1,2} (КНУБА, ДНДІБК)

39. Конструктивне рішення деревометалевого перекриття для гібридних будівель

асп. Бердников М., доц. Шехоркіна С., проф. Савицький М. (ДВНЗ ПДАБА)

40. Оцінка стійкості до прогресуючого обвалення станції Транспортного комплексу швидкісного трамваю по просп. Л.Курбаса в м.Києві

к.т.н., Максименко В.П. (НДІБВ)

СЕКЦІЯ 2

«Сучасні будівельні матеріали»

[Прийміть участь до конференції](#)

23 квітня 2021 р.

10:00 – Секційне засідання

1. Хімічні технології наномодифікації цементних композиційних матеріалів.

проф. Суханевич М., ст. Одарченко Д., ст. Остапович І. (КНУБА)

2. Радіаційно-захисні властивості та радіаційна стійкість дрібнозернистих бетонів.

доц. Аношко Д., доц. Гончар О., ст. Марунчак М. (КНУБА)

3. Аналіз впливу ударних навантажень на структуру шарів покриття доріг з матеріалів на основі високомолекулярних полімерних сполук.

ас. Гореленко О. (КНУБА)

4. Окремі аспекти визначення ефективності вогнезахисту тканин.

доц. Бондаренко О., проф. Цапко Ю., ст. Ятлук А. (НДІВМ, КНУБА)

5. Перспективи отримання сучасних матеріалів та виробів на основі техногенних продуктів.

доц. Гончар О., доц. Аношко Д., ст. Рудзей Д. (КНУБА)

6. Технології відновлення залізобетонних споруд з використанням наномодифікованих цементно-полімерних розчинів.

проф. Суханевич М., ст. Ткач В., ст. Галіца В. (КНУБА)

7. Особливості морозостійкості бетону на основі модифікованого шлакопортландцементу.

доц. Бондаренко О., ст. Гоц Д., ст. Бродовський С. (КНУБА)

8. Дослідження термічного розкладу карбонатної шихти та процесів формування кераміки спеціального призначення.

доц. Куліченко В., доц. Вітовецька Т., ст. Рева О. (КНУБА)

9. Особливості отримання бетонів підвищеної тріщиностійкості для дорожніх стримувальних конструкцій.

доц. Кочевих М., ст. Шевченко А.

10. Захисні покриття на основі лужного алюмосилікатного зв'язуючого як засіб запобігання транспорту сульфат-іонів в бетоні.

доц. Константиновський О., ст. Тимінський Д. (КНУБА)

11. Особливості гідратації мінералів портландцементного клінкера в присутності карбонатних добавок.

ст. Мазур В., проф. Пушкарьова К., доц. Кушнірова Л. (КНУБА)

12. Роль каолінітової глини в еволюції структури і властивостей шлаколужних цементів.

доц. Гелевера О., ст. Скарлат С. (КНУБА)

13. Вплив кислот та їх розчинів на формування структури базальтового волокна.

доц. Бердник О., доц. Майстренко А., ст. Сологуб А. (КНУБА)

14. Порошкові лакофарбові покриття для захисту від корозії металевих конструкцій

доц. Ластівка О., доц. Бердник О., ст. Томін Д. (КНУБА)

СЕКЦІЯ 3

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

[Приєднатись до конференції](#)

23 квітня 2021 р.

10:00 – 15.00 – Секційне засідання

1. Розрахунок сталезалізобетонних конструкцій в ПК ЛІРА-САПР
к.т.н. Гензерський Ю. (ТОВ ЛІРА-САПР).
2. Методи розрахунку вогнестійкості залізобетонних конструкцій в ПК «ЛІРА-САПР»
к.т.н., Башинська О. (ТОВ ЛІРА-САПР).
3. Розрахунок залізобетонних конструкцій за ДБН в ПК ЛІРА-САПР
к.т.н. Гензерський Ю. (ТОВ ЛІРА-САПР).
4. Стержневі аналоги для моделювання будівельних конструкцій
к.т.н., Ромашкіна М. (ТОВ ЛІРА-САПР), асп. Томашевський А. (НАУ, м. Київ).
5. Ітераційні скінченні елементи в ПК "ЛІРА-САПР"
к.т.н. Пікуль А. (ТОВ ЛІРА-САПР, КНУБА).
6. Задане армування, можливості реалізації та використання в ПК ЛІРА-САПР
пров.інж. Тіток В.П. (ТОВ ЛІРА-САПР).
7. Моделювання панельних будівель в ПК САПФІР
*пров.інж.техн.підтримки, Лазарєв О. (ТОВ ЛІРА-САПР),
інж. техн. підтримки, Артамонова О. (ТОВ ЛІРА-САПР).*
8. Експертиза залізобетонних конструкцій у ПК «ЛІРА-САПР»
асп. Томашевський А (ТОВ ЛІРА-САПР, НАУ, м. Київ).
9. Особливості діючої нормативної методики розрахунку тріщиностійкості нормальних перерізів залізобетонних конструкцій
к.т.н. Дмитренко Є. (ТОВ ЛІРА-САПР, НУБІП, м. Київ).
10. Формування креслень залізобетонних конструктивних елементів в САПФІР-ЗБК
інж. Юсипенко С. (ТОВ ЛІРА-САПР).
11. Моделювання залізобетонних конструкцій з використанням технології ВІМ.
Формування креслень залізобетонних конструктивних елементів у САПФІР-ЗБК.
*пров.інж.техн.підтримки, Лазарєв О. (ТОВ ЛІРА-САПР),
інж. техн. підтримки, Артамонова О. (ТОВ ЛІРА-САПР).*

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

СЕКЦІЯ 1

«Будівельні конструкції та технології»

Посвящается ученым, педагогам и коллегам занимавшихся
строительством ЧАЭС и создателям проекта второго
саркофага 4-го блока.

Перспективы решения энергетических проблем Грузии и Украины на основе применения АЭС малой мощности

*Джони Гигинейшвили, кандидат технических наук, доктор инженерии, профессор
Грузинский Технический Университет, ООО „ПРОГРЕСИ“.*

В работе прослеживается тесная взаимосвязь со стремительным ростом численности населения Земли и спросом на электроэнергию. Работа предназначена для тех, кого беспокоит влияние человека на окружающую среду, будущее мира и существование самого человека. Как и большинство стран во всем мире, Грузия и Украина стоит перед жестким выбором наиболее целесообразного приемлемого и перспективного развития потребляемых видов энергии для нужд населения. В Грузии традиционно акцент делается на развитие гидроэлектростанций, однако страна имеет большие перспективы и возможности для гармоничного развития гидроэнергетики и ядерной энергетики. Строительство современных малых модульных реакторов надолго решило бы не только проблемы энергетики.

Основная задача современности, по обеспечению баланса между воздействием на экологию, доступом к существующим природным энергоресурсам, с учетом сохранения и сбережения органических ископаемых и дефицитных участков земли?! Ответом является освоение экологически чистой и доступной возобновляемой ядерной энергии для множества регионов земли.

С 1980 по 1990гг в Грузии для нужд строительства (в основном песок и щебень), добывали и перерабатывали базальтовые камни в количестве 1.2-1.5млн. м3 каждый год. Даже при самих скромных подсчетах, при обогащении этих руд, страна могла получить от 1500 до 1750 тонн титана, 25-40 тонн тория и 7-8 тонн урана, а также других ценнейших материалов [1,2,3]. Термоядерная энергия сегодня также не является абсолютно безопасной, однако, теоретически это возможно и потребуются, наверное, ещё несколько десятилетий, для доведения термоядерных установок до параметров необходимой производительности и технической надёжности. Похоже, в ближайшие годы человечество будет использовать реакторы на быстрых нейтронах, сжигая достаточно распространенный уран и торий. Работы над созданием термоядерных реакторов нужно продолжать, потому что именно их разработка сможет дать новый толчок развитию человечества на ближайшее будущее.

Необходимо объединение всех усилий современных и инновационных технических решений для создания эффективных и надёжных установок для производства термоядерной энергии. После решения этого вопроса термоядерная энергетика будет способна на многие тысячелетия избавить людей от угрозы энергетического голода. При более активной заинтересованности людей и общества уже скоро термоядерная энергия станет на службу человечеству. Однако, для успешного решения этой задачи потребуются многолетние и упорные усилия ученых и инженеров многих стран мира, что в интересах всего человечества.

1. Гигинейшвили Джони. Ядерная энергетика для нас не имеет альтернативы. Республика Грузия. 22.08.2007г. стр.2-4.
2. Гигинейшвили Д.Я.. Базальтовые камни Грузии. Историческая справка и перспективы широкомасштабного применения изделий на основе переработки базальтов для разных областей промышленности и строительства. Научно-технический журнал «Строительство». Тбилиси. №1 (50). 2019. Стр. 6-17.
3. Гигинейшвили Д.Я. Савенко В. “Начало новой эры применения базальтового камня”. Научно-технический журнал Винохидник и рационализатор («Наука и техника»). Киев. №1 (125). 2019. Стр. 14-19.

Dedicated to scientists, teachers and colleagues involved in the construction of the Chernobyl nuclear power plant and the creators of the project of the second sarcophagus of the 4th Block

Prospects for solving the energy problems of Georgia and Ukraine based on application of low capacity NPP

J. Gigineishvili, Candidate of Technical Sciences, Doctor of Engineering, Professor

Georgian Technical University.

Ltd PROGRESI.

The work traces a close relationship with the rapid growth of the world's population and the demand for electricity. The work is intended for those who are concerned about the human impact on the environment, the future of the world and the existence of man himself.

Like most countries around the world, Georgia and Ukraine are faced with a tough choice of the most appropriate, acceptable and promising development of consumed types of energy for the needs of the population. In Georgia, the emphasis is traditionally placed on the development of hydroelectric power plants, but the country has great opportunities for the harmonious development of hydropower and nuclear energy. The construction of modern small modular reactors would solve not only energy problems for a long time.

Nowadays main task is to ensure a balance between the impact on the environment, access to existing natural energy resources, taking into account the preservation and conservation of organic minerals and scarce plots of land?! The answer is the development of clean and affordable renewable nuclear energy for many regions of the earth.

From 1980 to 1990 in Georgia for the needs of construction (mainly sand and crushed stone), was mined and processed basalt stones in the amount of 1.2-1.5 mln. m³ every year. Even with the most conservative estimates, when enriching these ores, the country could receive from 1500 to 175 tons of titanium, 25-40 tons of thorium and 7-8 tons of uranium, as well as other valuable materials /1,2,3/.

Nuclear energy today is also not absolutely safe, however, theoretically it is possible and will probably take several more decades to bring nuclear installations to the parameters of the required performance and technical reliability. It seems that in the coming years, mankind will use fast reactors, burning fairly common uranium and thorium. Work on the creation of thermonuclear reactors must be continued, because it is their development that can give a new impetus to the development of mankind in the near future.

It is necessary to combine all efforts of modern and innovative technical solutions to create efficient and reliable installations for the production of thermonuclear energy. After solving this issue, thermonuclear energy will be able to save people from the threat of energy hunger for many millennia. With a more active interest of people and society, the thermonuclear energy will soon be at the service of humanity. However, to successfully solve this problem will require many years and persistent efforts of scientists and engineers from many countries of the world, which is in the interests of all mankind.

1. Нухинеишвили Д. Ядерная энергетика для нас не имеет альтернативы. Республика Грузия. 22.08.2007г. стр.2-4.
2. Нухинеишвили Д.Иа. Базальтовые камни Грузии. Историческая справка и перспективы широкомасштабного применения издвдвд на основе переработки базальтов для разных областей промышленности и строительства. Научно-технический журнал «Строительство». Тбилиси. №1 (50). 2019. Стр. 6-17.
3. Нухинеишвили Д.Иа. Савенко В. «Начало новой эры применения базальтового камня». Научно-технический журнал «Винкодник и рационализатор» («Наука и техника»). Киев. №1 (125). 2019. Стр. 14-19.

Дослідження характеру руйнування залізобетонних колон в просічній обоймі

Валерій Шмуклер¹, докт. техн. наук, проф., зав. кафедри будівельних конструкцій
Сергій Поздєєв², докт. техн. наук, проф., головний науковий співробітник
Олена Петрова¹, канд. техн. наук, ст. викл. кафедри будівельних конструкцій

¹Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
²Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

Розглянуто та вирішено завдання пошуку раціонального конструктивного рішення залізобетонної колони в обоймі з просічно-втяжного листа, підкріпленої арматурними кільцями [1]. Побудова процедур раціоналізації заснована на експлуатації підходу біонічної оптимізації конструктиву [2], фундованого, в свою чергу, енергетичними критеріями Василькова-Шмуклера. Отримані результати попереднього чисельного аналізу конструктиву в ПК «Ліра» були далі верифіковані шляхом проведення експериментальних натурних досліджень. В ході експериментальних випробувань розглянуто три серії зразків коротких бетонних колон на дію статичних та малоциклових впливів при 2-х схемах передачі навантаження. Випробувано чисто бетонні зразки (БС-0, бшт.), бетонні зразки в просічній обоймі (БС-П, бшт.), бетонні зразки в просічній обоймі з арматурними кільцями (БС-ПШ, бшт.). Висота зразків складала 1000мм, діаметр – 450мм. Отримано, що зразки в просічній обоймі та в обоймі зі шпангоутами витримують навантаження на 5-30% і 23-40%, відповідно, більше, ніж чисто бетонні зразки в залежності від схеми передачі навантаження.

З метою отримання більш детальної картини руйнування було виконано скінченно-елементне моделювання зразків дослідних серій в сучасному програмному середовищі «LS-DYNA». Особливістю даної системи є можливість точного описання зони контакту скінченних елементів (СЕ), що мають різну розмірність [3]. Для даної задачі це особливо важливо, адже конструкція складається з трьохвимірних СЕ бетону, двохвимірних СЕ сітки та абсолютно твердих тіл губок пресу. В результаті моделювання були отримані як руйнівні навантаження, так і характер руйнування зразків в анімаційному вигляді (рис. 1).

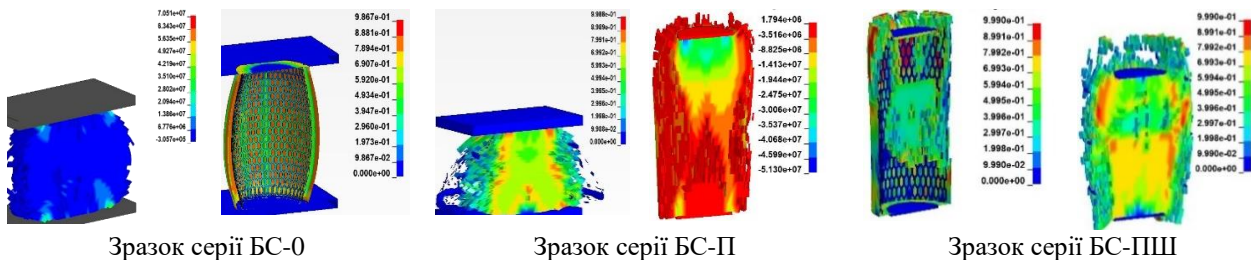


Рис. 1. Характер руйнування зразків для навантаження: через губки пресу(зліва) та через сталеві оголовники (справа)

Співставлення результатів натурних випробувань та моделювання в «LS-DYNA» показало повне якісне співпадіння картини руйнування. Похибка у визначенні руйнівних зусиль складала близько 20% для різних зразків та схем руйнування, що пов'язано, головним чином, із якістю виготовлення дослідних зразків колон. Загалом, можна вважати, що побудована розрахункова модель підвищеної коректності здатна стати виправданою альтернативою складним та вельми коштовним натурним і навіть лабораторним випробуванням, а отримані результати взагалі підтверджують ефективність запропонованого конструктивного рішення.

1. V. Shmukler, O. Petrova, H. Mohammad. Rationalization of the parameters of the cylindrical bridge support (theoretical basis). MATEC Web of Conferences 230, 02031 (2018).
2. Шмуклер В.С., Лугченко О.І., А.Нажем. Чисельна верифікація одного підходу біонічної раціоналізації конструкцій. Збірник наукових праць УкрДУЗТ. Вип. 189. 2020. С. 37-53.
3. Belytschko, T.; Chiapetta, R.L. & Bartel, H.D.: Efficient Large Scale Non-Linear Transient Analysis by Finite Elements. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 10 (1976) 1. P. 579-596.

Investigation of the failure nature of the reinforced concrete columns in the mesh holder

V. Shmukler¹, Dr.Sc., prof., head of the Department of Building Structures

S. Pozdieiev², Dr.Sc., prof., chief researcher

O. Petrova¹, PhD, senior lecturer of the Department of Building Structures

¹O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

²Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkassy, Ukraine

The problem of finding a rational constructive solution of a reinforced concrete column in a mesh holder made of an expanded metal sheet, supported by reinforcing rings [1], is considered and solved. The procedures of rationalization are based on the operation of the bionic optimization approach of the construct [2], funded, in turn, by the energy criteria of Vasilkov-Shmukler. The obtained results of the preliminary numerical analysis of the construct in the PC "Lira" were further verified by conducting experimental field studies. In the course of experimental tests, three series of samples of short concrete columns on the action of static and low-cycle effects in 2 load transfer schemes were considered. Purely concrete samples (BS-0, 6 p.), concrete samples in a mesh holder (BS-P, 6 p.), concrete samples in a mesh holder with reinforcing rings (BS-PSH, 6 p.) were tested. The height of the samples was 1000 mm, diameter - 450 mm. In fig. 1 it is showed the general appearance and the failure nature of prototypes. It was obtained that the samples in the mesh holder and in the holder with frames can withstand a load of 5-30% and 23-40%, respectively, more than pure concrete samples depending on the load transfer scheme.

In order to obtain a more detailed picture of the destruction, a finite-element modeling of the samples of the experimental series was performed in the modern software environment "LS-DYNA". A feature of this system is the ability to accurately describe the contact zone of finite elements (FE) having different dimensions [3]. This is especially important for this task, because the structure consists of three-dimensional FE of concrete, two-dimensional FE of the mesh and absolutely solid bodies of the press sponges. As a result of modeling, both the destructive loads and the failure nature of the samples in the animated form were obtained (Fig. 1).

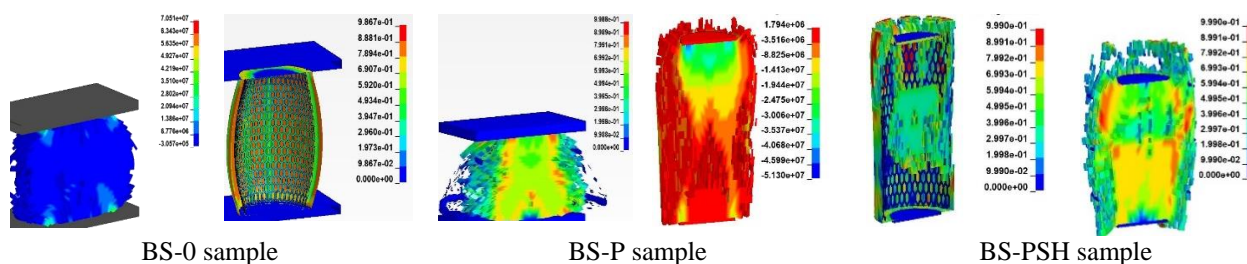


Fig. 1. The failure nature of the samples for loading: through the sponges of the press (left) and through the steel headers (right)

Comparison of the results of field tests and modeling in "LS-DYNA" showed a complete qualitative coincidence of the pattern of destruction. The error in determining the destructive forces was about 20% for different samples and schemes of destruction, which is mainly due to the quality of the prototypes of the columns. In general, we can assume that the constructed calculation model of high correctness can be a justified alternative to complex and very expensive field and even laboratory tests, and the results generally confirm the effectiveness of the proposed design solution.

1. V. Shmukler, O. Petrova, H. Mohammad. Rationalization of the parameters of the cylindrical bridge support (theoretical basis). MATEC Web of Conferences 230, 02031 (2018).
2. Shmukler V.S., Luhchenko O.I., A.Nazhem. Chysel'na veryfikatsiya odnoho pidkhotu bionichnoyi ratsionalizatsiyi konstruktsiy. Zbirnyk naukovykh prats' UkrDUZT. Vyp. 189. 2020. S. 37-53. Belytschko, T.;
3. Chiapetta, R.L. & Bartel, H.D.: Efficient Large Scale Non-Linear Transient Analysis by Finite Elements. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 10 (1976) 1. P. 579-596.

Експериментально –теоретичні дослідження конструкцій для будівель та споруд.

Людмила Гапонова, канд.техн.наук, доцент кафедри будівельних конструкцій

*Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова (м. Харків)*

Мета дослідження - визначення усередненого термічного опору зразка, експериментальне вивчення розподілу температур в різних характерних зонах як всередині, так і на поверхні конструкції з точки зору визначення можливих зон промерзання і конденсації вологи [1]. Випробування проводилися в кліматичній камері на базі лабораторії кафедри будівельних конструкцій ХНУГХ імені О.М. Бекетова. Зовнішній вигляд і конструктивна схема кліматичної камери наведені на рис. 1,2, 3.



Рис.1 – Загальний вигляд кліматичної камери



Рис. 2– Установка для випробувань конструктивно – анізотропної плити



Рис. 3 - Внутрішній вид нижнього відсіку камери

Кліматична камера мала в нижньому відсіку вентилятор; датчик контролю температури повітря в верхньому та нижньому відсіках камери; обігрівач; відсік для низьких температур (сухий лід); випробуваний зразок. При моделюванні у об'ємі кліматичної камери створювалися метеорологічні параметри, які забезпечували умови у кліматичній камері дійсним умовам експлуатації огорожуючої конструкції. Проведені чисельні дослідження аномальних кліматичних впливів та аварійні температурні режими (рис. 4, 5.) нестационарної температурної задачі, в разі аварійного відключення системи опалення в холодну п'ятиденку і зниження температури внутрішнього повітря в приміщенні до $+5^{\circ}\text{C}$ на ребрі жорсткості конструкції (при постійній температурі зовнішнього повітря -23°C протягом 5 діб) свідчать про те, що температура на ребрі жорсткості досягне 0°C , в той же час по всій площі конструкції температура через 5 діб зменшиться до $3,9^{\circ}\text{C}$.

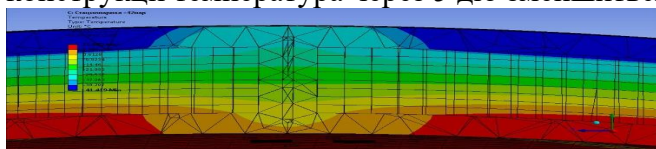


Рис.4. - Ізополі температур конструктивно-анізотропної конструкції при зовнішній температурі мінус 42°C внутр. $+18^{\circ}\text{C}$.

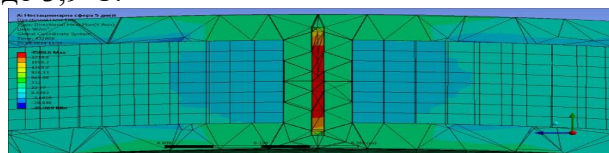


Рис. 5. - Нестационарний розрахунок при аварійній ситуації, аномальна зовнішня температура – 40°C . Внутрішня $+5^{\circ}\text{C}$ нестационар - 5 суток

Чисельний аналіз результуючих температурних полів даних значень температур на поверхні конструкції, що контактує з навколишнім середовищем зовнішнього повітря показує, що через 3,5 години на поверхні конструкції встановиться стаціонарне температурне поле. Аналіз інформації показує, що несучі конструкції [2] мають додаткові позитивні властивості, про що свідчить їх високий термічний опір. При конструктивній схемі, або при умові створення шару термоізоляції з спеціальної суміші, ці конструкції мають можливість використовуватися як огорожувальні (в досить великому інтервалі температур зовнішнього повітря: $-23^{\circ}\text{C} \leq T \leq +41^{\circ}\text{C}$).

1. Гапонова Л.В. Рішення температурної задачі для неоднорідної багатоплощинної конструкції / Л.В. Гапонова, С.С. Гребенчук // Збірник наукових праць «Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві» ЛНТУ. – 2016. – Вип. 5. – С. 199-214.

2. Патент на корисну модель №89464 Україна, Е 04В 1/В (2006.01) Каркасна будівля «Монофант» / В.С. Шмуклер, В.М. Бабаєв, С.О. Бугаєвський, К.В. Бережна, І.А. Карякін, В.І. Кондращенко, І.М. Сеїрські. – № u 2013 11919; заявка 10.10.2013; публікація 25.04.2014. Бюл. №8.

Experimental-theoretical studies of structures for buildings and structures.

L. Haponova, candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures

O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv.

The purpose of the study is to determine the average thermal resistance of the sample, experimental study of the temperature distribution in different characteristic zones both inside and on the surface of the structure in terms of determining possible zones of freezing and condensation of moisture [1]. The appearance and structural scheme of the climate chamber are shown in fig. 1,2, 3.



Fig.1 - General view of the climate chamber.



Fig. 2– Installation for tests of structurally - anisotropic plate.



Fig. 2– Installation for tests of structurally - anisotropic plate.

The climate chamber had a fan in the lower compartment; air temperature control sensor in the upper and lower compartments of the chamber; heater; compartment for low temperatures (dry ice); test sample.

When modeling the volume of the climate chamber, meteorological parameters were created, which provided the conditions in the climate chamber with the actual operating conditions of the enclosing structure. Numerous studies of anomalous climatic influences and emergency temperature regimes (figs. 4, 5.) of the non-stationary temperature problem, in case of emergency shutdown of the heating system in the cold five days and lower indoor temperature to $+5^{\circ}\text{C}$ on the edge of the structure (at a constant outside air temperature of -23°C for 5 days) indicate that the temperature at the stiffener will reach 0°C , at the same time over the entire area of the structure, the temperature after 5 days will decrease to 3.9°C .

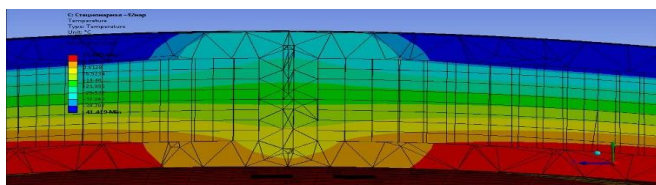


Fig.4. - Isopoly temperatures of structural-anisotropic design at an outdoor temperature of minus 42°C inside $+18^{\circ}\text{C}$.

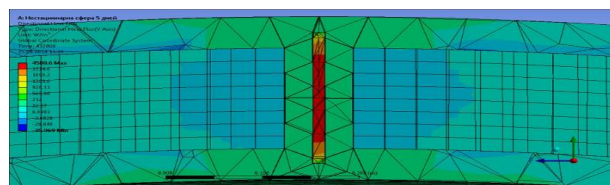


Fig. 5. - Non-stationary calculation in case of emergency abnormal external temperature - 40°C Internal $+5^{\circ}\text{C}$ non-stationary 5 days.

Numerical analysis of the resulting temperature fields of these temperature values on the surface of the structure in contact with the environment of the outside air shows that in 3.5 hours on the surface of the structure will be a stationary temperature field. Analysis of the information shows that the load-bearing structures [2] have additional positive properties, as evidenced by their high thermal resistance. In the structural scheme, or under the condition of creating a layer of thermal insulation from a special mixture, these structures can be used as a barrier (in a fairly large range of outdoor air temperatures: $-23^{\circ}\text{C} \leq T \leq +41^{\circ}\text{C}$).

1. Haponova L. Solution of the temperature problem for an inhomogeneous multilayer structure / Haponova L., Hrebanchuk S. // Collection of scientific works "Modern technologies and methods of calculations in construction" LNTU. - 2016. - Vip. 5. - P. 199-214.
2. Patent for utility model №89464 Ukraine, E 04B 1 / B (2006.01) Frame building "Monofant" / V.S. Schmuckler, W.M. Babayev, S.O. Bugaevsky, KV Berezhna, IA Karyakin, VI Kondrashchenko, IM Seirski. - № in 2013 11919; application 10.10.2013; publication 25.04.2014. Bull. №8.

Варіативний спосіб пошуку раціональної конфігурації підпірних стін

*Валерій Шмуклер, докт. техн. наук, проф., зав. кафедри будівельних конструкцій
Олег Калмиков, канд. техн. наук, ст. викл. кафедри будівельних конструкцій*

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

Конструктивні елементи будівель і споруд, які сприймають бічний тиск від сипучого середовища, відносяться до таких систем, в яких величина і характер навантаження безпосередньо залежать від конфігурації поверхні конструкції, яка сприймає це навантаження. Якщо поверхні конструкції, що сприймає бічний тиск від сипучого середовища, надати відмінний від площини обрис, характер бічного тиску прийме відмінний від класичного трикутника розподіл [1]. Сказане є приводом для розгляду проблеми, що полягає в пошуку зовнішньої геометрії конструкції, яка задає найбільш прийнятний розподіл бічного тиску сипучого.

Постановка задачі базується на гіпотезах і припущеннях, відповідних теорії Кулона. Розглядається криволінійна оболонка (підпірна стіна), що утримує масив сипучого. Згідно прийнятих гіпотез задача розглядається як плоска, а розрахункова схема являє собою жорстко заділаний біля основи криволінійний консольний стержень.

В запропонованому підході передбачається диференціація досліджуваної криволінійної системи на n лінійних елементів. При цьому, елементи мають однакову вертикальну проекцію h , а система в цілому має задані зовнішні геометричні параметри - горизонтальну (B) і вертикальну (H) проекції. Кожен елемент має властивий тільки йому кут нахилу α_i , який лежить в діапазоні $\alpha_i \in [\varphi; 90^\circ]$, де φ - кут внутрішнього тертя сипучого середовища.

Для пошуку раціональної конфігурації сприймаючої бічний тиск сипучого поверхні застосований енергетичний підхід, запропонований та аргументований в роботі [3]. Вважається, що серед усієї множини конфігурацій досліджуваного типу поверхонь раціональної буде та, у якої потенційна енергія деформації (ПЕД), в рамках заданих обмежень та при варіюванні змінними параметрами системи, займе мінімальне значення.

При заданих характеристиках сипучого середовища величина ПЕД через низку алгебраїчних перетворень описана через комбінацію кутів нахилу α_i кожного з елементів, а в загальному вигляді таких комбінацій необмежена безліч. Варіювання конфігурацією бічної поверхні підпірної стіни, можливо знайти таку її геометрію, при якій величина ПЕД прийме мінімальне значення. Таким чином задача зведена до пошуку такої комбінації α_i , при якій введений критерій (в розглянутій постановці - ПЕД) займе своє мінімальне значення.

Реалізацію рішення поставленої задачі виконано методом наведеного градієнта в середовищі Microsoft Excel, через надбудову «Пошук рішення». Пропонований підхід відкриває можливість визначення раціональної зовнішньої геометрії конструкцій, що сприймають бічний тиск від сипучого середовища.

1. V.N. Babaev, V.S. Shmukler, S.H. Feirushah, O.A. Kalmykov, V.M. Zinchenko, Rational design of retaining walls BUISTEMS "Journal of applied and emerging sciences" – Vol. 3, Issue 1, p.94-121, 2012.
2. O Kalmykov, R Khalife, A Grabowski. Search for rational contour of back surface of retaining wall. AIP Conference Proceedings. 2019.
3. В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак, Каркасные системы облегченного типа. Харьков: Золотые страницы, 2008, 336 с.

Variative method searching rational configuration of retaining walls

V. Shmukler, Dr.Sc., prof., head of the Department of Building Structures

O. Kalmykov, PhD, Associate Professor of the Department of Building Structures

O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

Structural elements of buildings and structures that perceive the lateral pressure from the bulk environment belong to systems in which the magnitude and nature of the load directly depend on the surface configuration of the structure that receives this load. If the surface of the structure that receives the lateral pressure from the bulk environment, give a different shape from the plane, the nature of the lateral pressure will take a different distribution from the classical triangle [1]. This is a reason to consider the problem of finding the external geometry of the structure, which determines the most acceptable distribution of the lateral pressure of the bulk.

The problem statement is based on hypotheses and assumptions corresponding to Coulomb's theory. A curved shell (retaining wall) holding an array of bulk is considered.

According to the accepted hypotheses, the problem is considered as flat, and the calculation scheme is a rigidly embedded at the base of the curved cantilever rod.

The proposed approach assumes the differentiation of the studied curvilinear system into n linear elements. In this case, the elements have the same vertical projection h , and the system as a whole has given external geometric parameters - horizontal (B) and vertical (H) projection. Each element has its own angle of inclination α_i , which lies in the range $\alpha_i \in [\varphi; 90^\circ]$, where φ is the angle of internal friction of the bulk environment.

To find a rational configuration of the side pressure-perceiving bulk surface, the energy approach proposed and argued in [3] is used. It is assumed that among the whole set of configurations of the studied type of surfaces, the rational one will be the one in which the potential deformation energy (PDE), within the given constraints and when varying the variable parameters of the system, will take the minimum value.

Given the characteristics of the bulk environment, the value of PDE through a number of algebraic transformations is described by a combination of angles α_i of each of the elements, and in General, such combinations are unlimited.

Varying the configuration of the side surface of the retaining wall, it is possible to find such a geometry at which the value of the PDE will take the minimum value.

Thus, the problem is reduced to finding such a combination of α_i , in which the introduced criterion (in this formulation - PDE) will take its minimum value.

The implementation of the solution of the problem is performed by the method of the gradient in the Microsoft Excel environment, through the add-in "Solution Search". The proposed approach opens the possibility of determining the rational external geometry of structures that perceive the lateral pressure from the bulk environment.

1. V.N. Babaev, V.S. Shmukler, S.H. Feirushah, O.A. Kalmykov, V.M. Zinchenko, Rational design of retaining walls BUIITEMS "Journal of applied and emerging sciences" – Vol. 3, Issue 1, p.94-121, 2012.
3. O Kalmykov, R Khalife, A Grabowski. Search for rational contour of back surface of retaining wall. AIP Conference Proceedings. 2019.
4. V.S. Shmukler, Yu.A. Klimov, N.P. Burak, Karkasnyie sistemyi oblegchennogo tipa. Harkov: Zolotyie stranitsyi, 2008, 336 s.

Експериментальні дослідження плоскої залізобетонної плити підсиленої зовнішньою напруженою арматурою

Олександр Журавський, канд.техн.наук, завідувач кафедри Залізобетонних та кам'яних конструкцій

Владислав Тимошук, аспірант кафедри Залізобетонних та кам'яних конструкцій

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження – провести порівняння роботи експериментальної та теоретичної моделі, а також порівняння експериментальних даних з теоретичними, що отримані в результаті нелінійного розрахунку. Зовнішній вигляд і конструктивна схема залізобетонної плити наведені на рис. 1 та 2.



Рис.1 - Загальний вигляд залізобетонної плити підсиленої зовнішньою напруженою арматурою

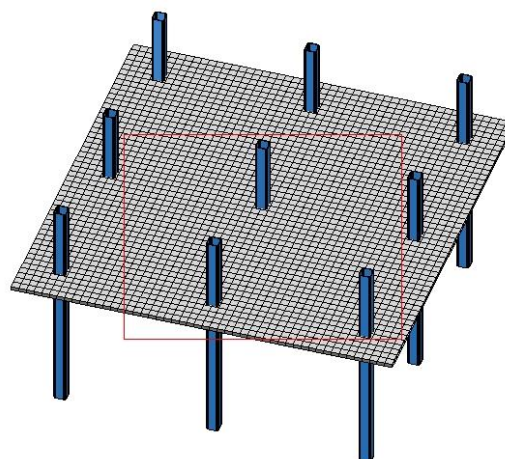


Рис.2 - Розрахункова модель залізобетонної плити підсиленої зовнішньою напруженою арматурою

Експериментальна модель була виконана на базі лабораторії кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури.

Клас бетону С 35/40. Армуння плити зварна сітка $\varnothing 3$ мм з кроком 100x100 мм.

Крок колон – 1000 мм.

Товщина плити – 25 мм.

Індикатори для вимірювань – годинникового типу. Для деформацій з ціною поділки 0,001 мм, для прогинів 0,01 мм. База для індикаторів деформацій L=250 мм.

Навантаження було поділено на 4 етапи :

- 1 етап – сумарне навантаження 251 кг.

- 2 етап – сумарне навантаження 581 кг.

- 3 етап – сумарне навантаження 677 кг.

- 4 етап – сумарне навантаження 773 кг.

Навантаження створювалося за допомогою сталевих пружин вагою від 15 до 19 кг, та мішками з піском вагою 3 кг.

В результаті експерименту було встановлено відповідність результатів розрахунковим.

1. Журавський О.Д., Тимошук В.А. Розрахунок плоских залізобетонних плит, підсиленних зовнішньою напруженою арматурою. Будівельні конструкції. Теорія і практика: зб. наук. пр. Київ, КНУБА, 2017. Вип.1., с.193-198.

2. Журавський О.Д., Тимошук В.А. Дослідження плоскої залізобетонної плити підсиленої зовнішньою напруженою арматурою. Будівельні конструкції. Теорія і практика: зб. наук. пр. Київ, КНУБА, 2020. Вип.7.с.4-11.

Experimental research of the flat reinforced concrete slab with strengthening by external prestressed reinforcement

O. Zhuravskiy , candidate of technical sciences, head of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures

V. Tymoshchuk, postgraduate of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures

Kyiv National University of Construction and Architecture

The purpose of the study is to compare the work of experimental and theoretical models, as well as to compare experimental data with theoretical ones obtained as a result of nonlinear calculation. The appearance and structural scheme of the reinforced concrete slab are shown in Fig. 1 and 2.



Fig.1 - General view of the reinforced concrete slab reinforced with external prestressed reinforcement

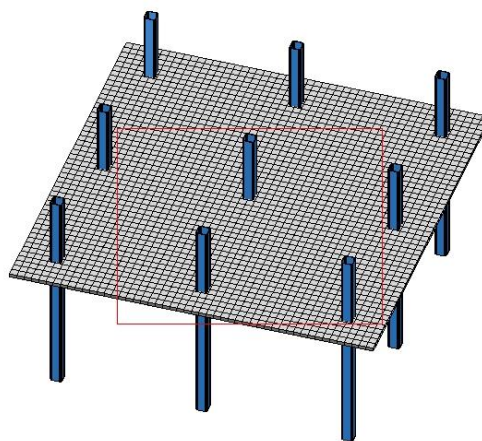


Fig.2 - Calculated model of reinforced concrete slab reinforced with external prestressed reinforcement

The experimental model was performed on the basis of the laboratory of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures of the Kyiv National University of Construction and Architecture.

Concrete class C 35/40. Reinforcement of a plate is a welded grid \varnothing 3 mm with a step 100mm.

Step of columns - 1000 mm.

Plate thickness - 25 mm.

Indicators for measurements - clock type. For deformations with a division price of 0.001 mm, for deflections of 0.01 mm. Base for indicators of deformations $L = 250$ mm.

The load was divided into 4 stages:

- Stage 1 - total load 251 kg.

- Stage 2 - total load 581 kg.

- Stage 3 - total load 677 kg.

- Stage 4 - total load 773 kg.

The load was created by means of steel springs weighing from 15 to 19 kg, and sandbags weighing 3 kg.

As a result of the experiment, the conformity of the results with the calculated ones was established.

1. Zhuravskiy O.D., Tymoshchuk V.A. Rozrakhunok ploskykh zalizobetonnykh plyt, pidsylenykh zovnishnoiu napruzhenoiu armaturoiu. Budivelni konstruktzii. Teoriia i praktyka: zb. nauk. pr. Kyiv, KNUBA, 2017. Vyp.1., s.193-198.

2. Zhuravskiy O.D., Tymoshchuk V.A. Doslidzhennia ploskoi zalizobetonnoi plyty pidsylenoi zovnishnoiu napruzhenoiu armaturoiu. Budivelni konstruktzii. Teoriia i praktyka: zb. nauk. pr. Kyiv, KNUBA, 2020. Vyp.7.s.4-11.

Бетони на основі продуктів рециклінгу будівельних відходів

Антон Смирнов, аспірант,

Микола Савицький, д.т.н., проф., ректор,

Тетяна Нікіфорова, д.т.н., проф., декан Будівельного факультету,

Державний вищий навчальний заклад

«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (м. Дніпро)

У 2017 р. КМУ схвалено Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 р. На третьому етапі її реалізації (2024-2030 р.р.) передбачається здійснення заходів щодо модернізації матеріально-технічної бази з перероблення та утилізації відходів, а саме: прийняття нормативно-правових актів для стимулювання перероблення відходів, створення ефективної інфраструктури поводження з будівельними відходами, включення планів управління відходами до проектно-кошторисної документації.

З іншого боку, незважаючи на високу енергоємність виробництва, бетон залишається найпоширенішим будівельним матеріалом. Логічним є питання можливості застосування подрібненого будівельного брухту замість викопних складових бетонних сумішей.

Встановлено, що під час виробництва крупного заповнювача з бетонного брухту витрачається в 8 разів менше енергії, ніж на видобуток природного щебня. Результати досліджень [1, 2] свідчать, що застосування щебня з бетонних відходів в комбінації із кварцовим піском в якості дрібного заповнювача практично не знижує фізико-механічні властивості бетону порівняно з бетоном на природному щебні. За результатами дослідження [3] встановлена відповідність зернового складу вторинного щебня різних фракцій вимогам ДСТУ Б В.2.7-75-98.

В роботі [4] зазначається, що важливою умовою отримання якісного бетону є сортування подрібненого бетонного брухту.

В дослідженні [5] виконувались випробування самоущільнювальних бетонів із застосуванням 100% вторинного дрібного заповнювача. В залежності від часток пластифікаторів та крупного переробленого заповнювача отримані міцності на стиск від 32 до 57 МПа. Також виявлено, що застосування більшої частки вторинних заповнювачів призводить до зниження теплопровідності бетону.

У звіті [6] за результатами багатьох досліджень сформульовані особливості бетонів на вторинному крупному заповнювачі:

- водопоглинання вторинного щебня в 5-10 разів більше за натуральний щебінь;
- вплив вторинного заповнювача часткою 20-30% від маси всього заповнювача незначний;
- пористість вторинного заповнювача протягом 5 років зменшується на 45%;
- при однаковому водо-цементному співвідношенні карбонізація та проникність хлоридів вищі в бетонах на вторинних заповнювачах.

1. Безгодов И.М., Пахратдинов А.А., Ткач Е.В. Физико-механические характеристики бетона на щебне из дробленого бетона. *Вестник МГСУ*. Москва, 2016, №10, С.24-34.
2. Шевченко В.А., Шатрова С.А. Исследование возможности получения заполнителя для бетонов из бетонного лома. *Эпоха науки*. Ачинск, 2017, №9, С.165-168.
3. Головин Н.Г., Алимов Л.А., Воронин В.В. Проблема утилизации железобетона и поиск эффективных путей ее решения. *Вестник МГСУ*. Москва, 2011, №2. С.65-71.
4. Richardson A.E., Coventry K., Graham S. Concrete manufacture with un-graded recycled aggregates. *Structural Survey*. Bingley, UK, 2009, №27. P.62-70.
5. Huynh Trong Phuoc, Nguyen Tien Dung, Ngo Si Huy, Vo Duy Hai. An Experimental Study on Properties of High-Performance Concrete Using Recycled Aggregates. *Journal of Science and Technology*. Danang City, 2017, №12 (121). P.19-23.
6. Hannele Kuosa. Reuse of recycled aggregates and other C&D wastes. Research Report VTT-R-05984-12.

Concretes Based on Recycling Products

A. *Smyrnov*, 1st year postgraduate student

M. *Savytskyy*, Doctor Sc. (Techn.), Prof., Rector of the PSACEA

T. *Nikifirova*, Doctor Sc. (Techn.), Prof., Dean of the Faculty of Construction of the PSACEA

Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro

In 2017 the Cabinet of Ministers approved the National Waste Management Strategy in Ukraine until 2030. At the third stage of its implementation (2024-2030) it is planned to take measures to modernize the material and technical base for waste processing and utilization: the adoption of regulations to stimulate waste recycling, the creation of an effective infrastructure for the management of construction waste, inclusion of waste management plans in the design and estimate documentation.

On the other hand, despite the high energy intensity of production, concrete remains the most common building material. Logically the question arises as to the possibility of using shredded construction waste instead of fossil components of concrete mixes.

It is established that during the production of large aggregate from concrete scrap 8 times less energy is used than for the extraction of natural rubble. The results of research [1, 2] show that the use of rubble from concrete waste in combination with quartz sand as a fine aggregate does not reduce the physical and mechanical properties of concrete compared to concrete on natural rubble. Analyzing the results of the study [3] established the compliance of the grain composition of secondary crushed stone of different fractions to the requirements of DSTU B V.2.7-75-98.

In [4] it is noted that an important condition for obtaining quality concrete is the sorting and graining of crushed concrete scrap.

In the study [5] tests of self-compacting concrete using 100% secondary fine aggregate were performed. Depending on the particles of plasticizers and coarse recycled aggregate, compressive strengths from 32 to 57 MPa are obtained. It was also found that the use of a larger proportion of secondary aggregates leads to a decrease in the thermal conductivity of concrete.

The Report [6 based on the results of many studies formulated the features of concrete on the recycled coarse aggregate:

- water absorption of rubble from concrete scrap is 5-10 times more than natural rubble;
- the effect of the recycled aggregate portion of 20-30% by weight of the total aggregate is negligible;
- the porosity of the secondary aggregate decreases by 45% within 5 years;
- carbonization and permeability of chlorides are higher when using secondary rubble at the same W/C ratio.

1. Bezgodov I. M., Tkach E. V., Pakhratdinov A. A. *Fiziko-mekhanicheskie harakteristiki betona na schebne iz droblenogo betona*. [Stress-Strain Properties of Concrete Made of the Chip of Crushed Concrete]. Vestnik MGSU. Moskva, 2016, №10. P.24-34. (in Russia).
2. Shevchenko V. A., Shatrova S. A. *Issledovanie vozmozhnosti polucheniya zapolnitelya dlya betonov iz betonnoogo loma*. [Research of the Possibility of Production of Filler for Concrete Aggregate from Concrete Scrap]. Era of Science. Achinsk, 2017, №9, P.165-168. (in Russia).
3. Golovin N. G., Alimov L.A., Voronin V.V. *Problema utilizatsii zhelezobetona i poisk effektivnyih putey ee resheniya*. [Reinforced Concrete Recycling: Problem and Potential Solutions]. Vestnik MGSU. Moskva, 2011, №2. P.65-71. (in Russia).
4. Richardson A.E., Coventry K., Graham S. Concrete manufacture with un-graded recycled aggregates. Structural Survey. Bingley, UK, 2009, №27. P.62-70.
5. Huynh Trong Phuoc, Nguyen Tien Dung, Ngo Si Huy, Vo Duy Hai. An Experimental Study on Properties of High-Performance Concrete Using Recycled Aggregates. Journal of Science and Technology. Danang City, 2017, №12 (121). P.19-23.
6. Hannele Kuosa. Reuse of recycled aggregates and other C&D wastes. Research Report VTT-R-05984-12.

Підсилення стрільчастих арок композитною арматурою на епоксидному клею

Денис Михайловський, д.т.н., професор кафедри металевих та дерев'яних конструкцій

Шевкет Абдурахманов аспірант кафедри металевих та дерев'яних конструкцій

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Високі темпи та рівень сучасного будівництва пред'являють якісно нові вимоги до будівельних матеріалів та конструкцій. При цьому велика увага приділяється виробництву сучасних конструкцій клеєних дерев'яних. Такі конструкції через ряд техніко-економічних показників домінують над металевими та залізобетонними, а саме: мають малу монтажну масу, відносно високу міцність та жорсткість при достатній надійності та довговічності.

Один із шляхів усунення недоліків та підвищення техніко-економічної ефективності є армування перерізів конструкцій з клеєної деревини композитною арматурою. Це дозволяє суттєво скоротити витрати деревини, зменшити монтажну масу, підвищити якість та надійність дерев'яних конструкцій, що працюють в основному на згин та стиск зі згином. Висока міцність композитної арматури при невеликій питомій вазі, несхильність до корозії, унікальна хімічна стійкість є основними її перевагами над сталевую.

На сьогоднішній день армування елементів з клеєної деревини сталевую арматурою є ґрунтовно дослідженим і широко використовується при виробництві дерев'яних конструкцій. Проте питання використання композитної арматури потребує додаткових досліджень.

Мета досліджень полягає в підсиленні елементів стрільчастих арок композитною арматурою на епоксидному клею, для підвищення несучої здатності при їх роботі на згин використовуючи методику за аналогією [1]. Елементи стрільчастих арок з клеєної деревини армуються композитною арматурою, для цього вирізаються штробы для укладання арматури, після чого вони заповнюються епоксидні клеєм і в них вкладається композитна арматура. (рис. 1.) Армування дозволяє: збільшити несучу здатність, при збереженні геометричних розмірів поперечних перерізів.

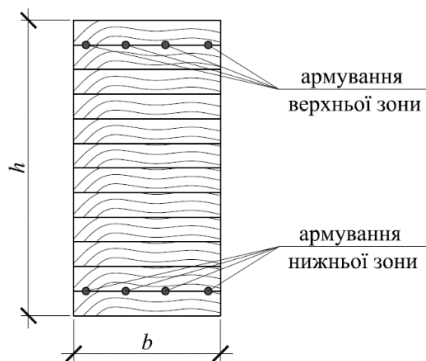


Рис. 1. Поперечний переріз стрільчастої арки з клеєної деревини, армованої композитною арматурою

На основі проведеного аналізу розрахункових показників економічної ефективності встановлено доцільність використання склопластикової та базальтопластикової арматури в конструкціях з клеєної деревини, які експлуатуються в спорудах з агресивним середовищем або зі специфічними умовами роботи технологічного обладнання, що забезпечує нульову корозійну стійкість, довший термін експлуатації, безперешкодне проникнення радіо- та електро-магнітних хвиль до обладнання.

1. Д. В. Михайловський, М. А. Комар. Інженерна методика розрахунку елементів з клеєної деревини, армованої композитною арматурою / Михайловський Д. В., Комар М. А. // Будівельні конструкції, теорія і практика №7 КНУБА, 2020. DOI: 10.32347/2522-4182.6.2020.93-100 - С. 93 - 100. – 128 с.

Reinforcement of arrow arches with composite reinforcement on epoxy glue

D. Mykhailovskyi, of Doctor of Philosophy, Professor of the Department of Metal and Wooden Structures

Sh.Abdurakhmanov, postgraduate

Kyiv National University of Construction and Architecture

The high pace and level of modern construction place qualitatively new requirements on building materials and structures. Much attention is paid to the production of modern glued wooden structures. Such structures, due to a number of technical and economic indicators, dominate over metal and reinforced concrete, namely: they have a low installation weight, relatively high strength and rigidity with sufficient reliability and durability.

One of the ways to eliminate the shortcomings and increase the technical and economic efficiency is the reinforcement of cross-sections of plywood structures with composite reinforcement. This allows to significantly reduce the cost of wood, reduce the installation weight, increase the quality and reliability of wooden structures that work mainly on bending and compression with bending. High strength of composite reinforcement at low specific weight, resistance to corrosion, unique chemical resistance are its main advantages over steel.

Today, the reinforcement of glued wood elements with steel reinforcement is thoroughly researched and is widely used in the manufacture of wooden structures. However, the use of composite reinforcement requires further research.

The purpose of the research is to strengthen the elements of the arrow arches with composite reinforcement on epoxy glue, to increase the bearing capacity during their work on the bend using the method by analogy [1]. The elements of the arrow arches are made of glued wood with composite reinforcement, for this purpose the struts are cut for laying reinforcement, after which they are filled with epoxy glue and composite reinforcement is placed in them. (Fig. 1.) Reinforcement allows: to increase the load-bearing capacity, while maintaining the geometric dimensions of the cross sections.

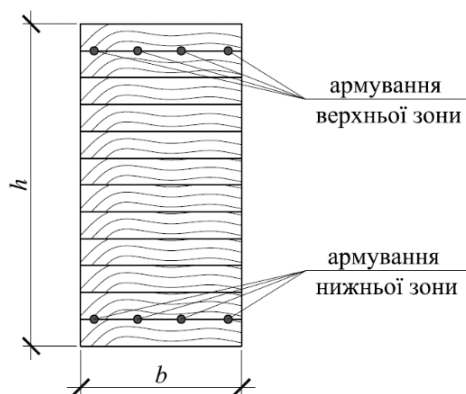


Fig. 1. Cross section of the arrow arch of glued wood, reinforced with composite reinforcement

Based on the analysis of the calculated indicators of economic efficiency, the feasibility of using fiberglass and basalt-plastic fittings in plywood structures, which are operated in buildings with aggressive environments or with specific operating conditions of technological equipment that provides corrosion resistance, longer service life, unimpeded radio penetration. and electromagnetic waves to the equipment.

1. D. V. Mykhailovskyi, M. A. Komar. Ingenerna metodika rozrahunku elementiv z kleanoi derevini, armovanoi kompozitovoi armaturou / Mykhailovskyi D. V., Komar M. A. // Budivelni konstukchii, teoria i praktika №7 KNUBA, 2020. DOI: 10.32347/2522-4182.6.2020.93-100 - S. 93 - 100. – 128 S.

Адекватність і взаємовплив конструктивних і розрахункових схем будівлі

Володимир Кріпак, канд. техн. наук, професор кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій

Віра Колякова, канд. техн. наук, доцент кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій

Дмитро Демченко, інженер

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

На прикладі 9-ти поверхової будівлі паркінгу, побудованої на початку 2000 років на площі Перемоги в м. Києві, розглянуто деякі проблеми в роботі конструкцій, які пов'язані з вибором розрахункових моделей, використаних при їх проектуванні. Виконувалися перевірні розрахунки по виявленню резервів міцності в елементах каркасу і фундаментах для потенціальної надбудови.

Конструктивно будівля побудована в монолітному залізобетонному зв'язковому каркасі по безригельній схемі. Вертикальними несучими елементами являються монолітні колони каркасу перерізом 500 x 500 мм і діафрагми жорсткості. Фундаменти виконані з буронабивних паль $d = 620$ мм з окремими залізобетонними ростверками (рис.1,а).

Колони і палі апроксимовані стержнями, приведеними до осі елементів, а ростверк – пластинами, приведеними до серединної площини і з'єднаними жорсткими вставками (рис.1,б). Аналізувалися зусилля в колонах при розрахунковій схемі з защемленими колонами в фундаментах (схема по якій проектувався каркас будівлі) та при спільній роботі колон з фундаментними конструкціями рис.1,г). Розглядався також варіант коли деякі, окремо стоячі ростверки, об'єднувались між собою стрічками рис.1,д).

На рис. 1 наведені згинальні моменти в місці приєднання однієї із колон до ростверку при різних способах моделювання взаємодії каркасу з фундаментами і ґрунтовою основою.

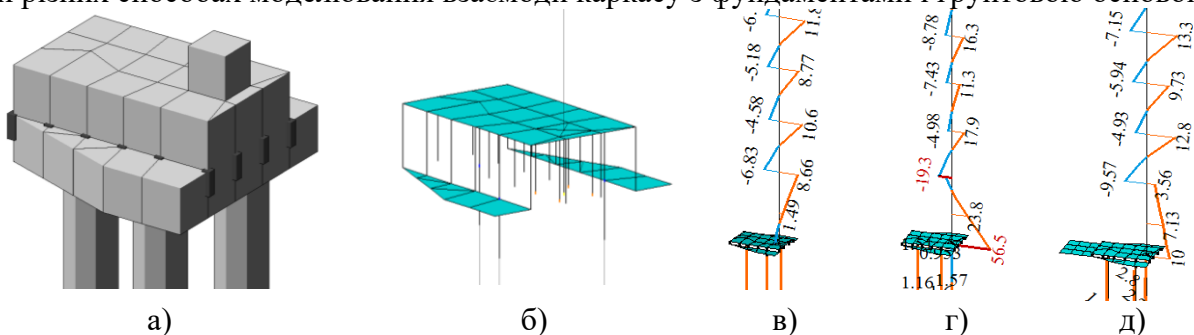


Рис. 1. Згинальні моменти в колоні:

- а) конструкція фундаменту; б) розрахункова модель; в) при защемленні в фундаменті;
г) при взаємодії з окремим ростверком; д) при об'єднаних ростверках.

Результати статичних розрахунків показали значний перерозподіл зусиль в каркасі при різних способах моделювання роботи каркасу. Якщо поздовжні сили в розглянутій колоні майже не змінюються, від $N = 3880$ кН до $N = 3470$ кН (розбіжність в межах 10%), то згинальні моменти різняться дуже суттєво, від $M = -20$ кНм до $M = 565$ кНм (рис.1, в, г). Згинальні моменти в проблемних колонах можна значно знизити при конструктивному об'єднанні відповідних ростверків з сусідніми залізобетонними стрічками (рис.1,д).

Висновки:

- вплив спільної роботи каркасу і фундаментів суттєвий і проявляється тільки в межах декількох нижніх поверхів каркасу;
- розрахунки несучих конструкцій каркасу слід виконувати як системи «основа – фундамент – споруда»;
- адекватна розрахункова схема дозволяє проектувати надійну конструктивну систему будівлі.

Adequacy and mutual influence of constructive and settlement schemes of the building

V. Kripak, candidate of technical Sciences, Professor, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures,

V.Koliakova, candidate of technical Sciences, Associate Professor, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures

D.Demchenko, engineer

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture

On the example of a 9-storey car park built in the early 2000s on Victory Square in Kyiv, some problems in the operation of structures were considered, which were associated with the choice of design models used in their development. Test calculations were performed to identify strength reserves in the frame elements and foundations for the potential superstructure.

Structurally, the building is built in a monolithic reinforced concrete connecting frame without a crossbarless scheme. Vertical bearing elements are monolithic columns of a framework with a section of 500 x 500 mm and diaphragms of rigidity. The foundations are made of bored piles $d = 620$ mm with separate reinforced concrete grids (Fig. 1, a).

Columns and piles are approximated by rods brought to the axis of the elements, and the grille - by plates brought to the middle plane and connected by rigid inserts (Fig. 1, b). The forces in the columns were analyzed during the calculation scheme with clamped columns in the foundations (the scheme according to which the building frame was designed) and during the joint work of the columns with the foundation structures of Fig. 1, d). The variant when some, free-standing grids were united among themselves by tapes of fig. 1, e) was also considered.

In fig. 1 shows the bending moments at the junction of one of the columns to the grille in different ways of modeling the interaction of the frame with the foundations and the soil base.

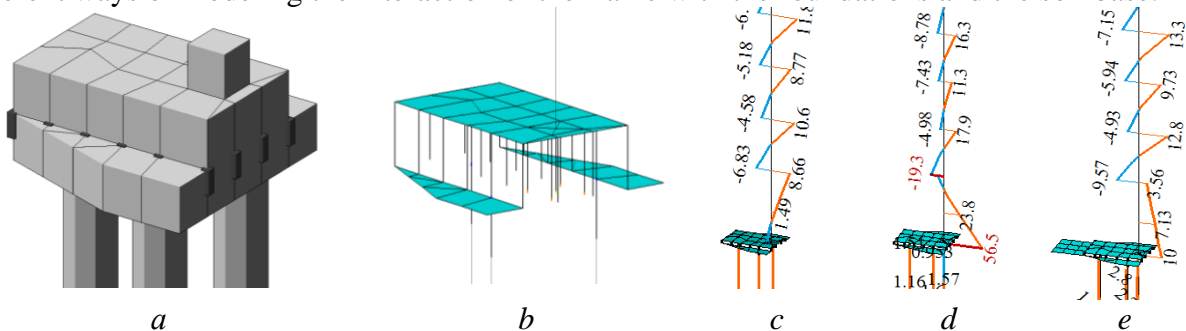


Fig. 1. Bending moments in the column:

a - the construction of the foundation; *b* - calculation model; *c* - when pinched in the foundation; *d* - when interacting with a separate grille; *e* - with combined grilles.

The results of static calculations showed a significant redistribution of forces in the frame with different methods of modeling the frame. If the longitudinal forces in the considered column almost do not change, from $N = 3880$ kN to $N = 3470$ kN (discrepancy within 10%), then the bending moments differ very significantly, from $M = -20$ kNm to $M = 565$ kNm (Fig.1 , c, d). Bending moments in problem columns can be significantly reduced by constructively combining the appropriate grids with adjacent reinforced concrete strips (Fig. 1, d).

Conclusions:

- The impact of the joint work of the frame and foundations is significant and is manifested only within a few lower floors of the frame;

- Calculations of load-bearing structures of the frame should be performed as a system "foundation - foundation - structure";

- Adequate calculation scheme allows you to design a reliable structural system of the building.

Напружено-деформований стан монолітного ребристого перекриття силосу при максимальних навантаженнях

Вячеслав Адаменко., к.т.н., доцент, доцент кафедри металевих та дерев'яних конструкцій

Київський національний університет будівництва та архітектури (м. Київ)

Для монолітних ребристих перекриттів силосів характерна робота при значних корисних навантаженнях, циклічності його прикладення. Для таких споруд, враховуючи їх специфіку, можливе перевантаження перекриттів. У даному випадку, постає завдання контролю технічного стану перекриття у процесі циклів завантаження – розвантаження силосу. Для якісного контролю, із одного боку слід мати дослідні дані напружено – деформованого стану, а із іншого – адекватну числову модель, яка б із достатнім ступенем точності моделювала фактичний напружено – деформований стан перекриття.

Силос для зберігання 500 тис. кН цукру – піску складається із підсилосного поверху, який виконано із монолітного залізобетону; власне силосу, який являє собою циліндричну сталеву несучу конструкцію із внутрішніми ребрами жорсткості; надсилосного бункеру; галереї подавання цукру; палевого фундаменту з ростверком.

Залізобетонне ребристе перекриття, є складовою частиною підсилосного поверху, і являє собою монолітну конструкцію діаметром 45 м, яка складається із монолітної залізобетонної плити товщиною 430мм, обрамленої по зовнішньому контуру кільцевою балкою (Бк1) висотою 955мм, монолітних балок (Б1...Б9) висотою 770мм, розміщених по сітці колон із кроком 4,0х4,0м, перерізом 800х800, 1000х1000, 800х1000мм.

Дослідна частина роботи, враховуючи масштабність даної споруди і тривалість циклу завантаження – розвантаження силосу (близько 10-ти місяців), включала отримання експериментальних величин прогинів монолітних балок центральної частини перекриття (типу Б9) під час циклу завантаження – розвантаження силосу. Вимірювання прогинів монолітних балок виконували за допомогою індикаторів годинникового типу (хід 0...10мм).

Нелінійне моделювання роботи монолітного перекриття виконано за допомогою ПК «Ліра-САПР» [2]. У прийнятій фізично нелінійній скінченно-елементній моделі, монолітна плита, залізобетонні балки, зовнішня монолітна стіна змодельовані фізично нелінійними СЕ №241, 242 і 244, кільцева балка та колони – фізично нелінійними СЕ №210. Реальні діаграми деформування бетону і арматури закладені у вигляді експоненційних кривих, залежно від класів бетону і арматури елементів монолітного перекриття. Класи бетону призначені на основі додатково проведених обстежень, С16/20 та С20/25. Навантаження від цукру – піску, при виконанні нелінійних розрахунків, прийнято виходячи із максимального завантаження силосу на даному циклі – 400 120кН. Дане навантаження в ПК «ЛІРА-САПР», задано з урахуванням конусу природного відкосу 33°. Були отримані розрахункові нелінійні і дослідні прогини для 1-ї групи балок при початкових (256 680кН), пікових (400 120кН) і кінцевих після розвантаження (256 680кН) навантаженнях, та 2-ї групи балок, 282 350кН — 400 120кН — 282 350кН відповідно.

Співставлення приростів нелінійних прогинів (400 120кН - 256 680кН) з приростами дослідних прогинів, для 1-ї групи балок, показує у середньому 10% перевищення дослідних приростів прогинів над розрахунковими. Аналогічне співставлення для 2-ї групи балок (400 120кН — 282 350кН), показує у середньому 14% перевищення дослідних приростів прогинів над розрахунковими. Загалом, середнє перевищення дослідних приростів прогинів над розрахунковими складає 12%, тобто, отримано задовільну збіжність приростів дослідних прогинів балок та відповідних приростів нелінійних розрахункових прогинів монолітних балок ребристого перекриття силосу.

1. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд, 2011.
2. Программный комплекс ЛИРА-САПР® 2013: Учебное пособие / Городецкий Д.А., Барабаш М.С. и др.; Под ред. Городецкого А.С. – К. –М.: Электронное издание, 2013, – 376 с.

Stress-strain state of monolithic ribbed slab of the silo at maximum loads

V. Adamenko, Ph.D., Associate Professor, Metal and Wooden Structures Department,

Kyiv National University of Construction and Architecture

Monolithic ribbed slabs of silos is characterized by work with significant payloads, its cyclic application. For such structures, taking into account their specifics, exists possibility of overloading the slabs. In this case, arises the problem of monitoring the technical condition of the slab in the process cycles of loading - unloading silo. For qualitative control, on the one hand it is necessary to have experimental data of the stress - strain state, and on the other - an adequate numerical model, which would model the actual stress - strain state of the slab with a sufficient degree of accuracy.

Silo for storage of 500 thousand kN of sugar - sand consists of an under-silo level which is made of monolithic reinforced concrete; the actual silo, which is a cylindrical steel load-bearing structure with internal stiffeners; over-silo bunker; sugar delivery galleries; pile foundation with a grillage.

Reinforced concrete ribbed slab, is an integral part of the under-silo level, and is a monolithic structure with a diameter of 45 m, which consists of a monolithic reinforced concrete slab 430 mm thick, framed on the outer contour by an annular beam (Bk1) with height of 955 mm, monolithic beams with height of 770 mm placed on a grid of columns with a step of 4,0x4,0m, section 800x800, 1000x1000, 800x1000mm.

The experimental part of the work, taking into account the scale of this building and the duration of the loading-unloading cycle of the silo (about 10 months), included obtaining experimental values of deflections of monolithic beams of the central part of the slab (type B9) during the loading-unloading cycle of the silo. Measurements of deflections of monolithic beams were performed using clock-type indicators (stroke 0 ... 10 mm).

Nonlinear modeling of the monolithic slab was performed using PC «Lira-SAPR» [2]. In the adopted physically nonlinear finite element model, the monolithic slab, reinforced concrete beams, the outer monolithic wall are modeled by physically nonlinear finite elements №241, 242 and 244, the ring beam and columns are modeled by physically nonlinear FE №210.

Real diagrams of deformation of concrete and reinforcement were used in the form of exponential curves, depending on the classes of concrete and reinforcement of elements of the monolithic slab. Classes of concrete are appointed on the basis of additional inspections, C16/20 and C20/25.

Load from sugar - sand, when performing nonlinear calculations, were taken based on the maximum load of silo on this cycle - 400 120kN. This load in the PC «Lira-SAPR» is set taking into account the cone of the natural slope of 33°.

The calculated nonlinear and experimental deflections for the 1st group of beams at initial (256 680 kN), peak (400 120 kN) and final after unloading (256 680 kN) loads, also as the 2nd group of beams, 282 350 kN - 400 120 kN - 282 350 kN in accordance were obtained.

The comparison of the increments of nonlinear deflections (400 120 kN - 256 680 kN) with the increments of the experimental deflections, for the 1st group of beams, shows on average 10% of the excess of the experimental increments of deflections over the calculated ones. A similar comparison for the 2nd group of beams (400 120kN - 282 350kN), shows an average of 14% excess of the experimental increments of deflections over the calculated ones. In general, the average excess of the experimental increments of deflections over the calculated ones is 12%, ie, a satisfactory convergence of the increments of the experimental deflections of the beams and the corresponding increments of nonlinear calculated deflections of monolithic beams of the ribbed slab of the silo.

1. DBN V.2.6-98:2009. Betonni ta zalizobetonni konstruksii. Osnovni polozhennia. – Kyiv: Minrehionbud, 2011.

2. Programmnyj kompleks LIRA-SAPR® 2013: Uchebnoe posobie / Gorodeckij D.A., Barabash M.S. i dr.; Pod red. Gorodeckogo A.S. – K. –M.: Elektronnoe izdanie, 2013, – 376 s.

Балкова модель при розрахунку міцності залізобетонних плит при продавлюванні

Юлій Клімов, доктор технічних наук, професор кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій

Київський Національний університет будівництва і архітектури (Київ)

Представлена балкова модель для розрахунку міцності залізобетонних плит при продавлюванні. В рамках цієї моделі гранична поперечна сила, яку сприймає плита при продавлюванні, визначається як сума граничних поперечних сил, що сприймають дві перпендикулярні балки змінної ширини, див. рис 1а. Гранична поперечна сила, яку сприймає плита при продавлюванні V_{sl} може розглядатися, як сума поперечних сил V_{b1} і V_{b2} , які сприймають дві перпендикулярні балки змінної ширини, див. рис 1б.:

$$V_{sl} = V_{b1} + V_{b2} \tag{1}$$

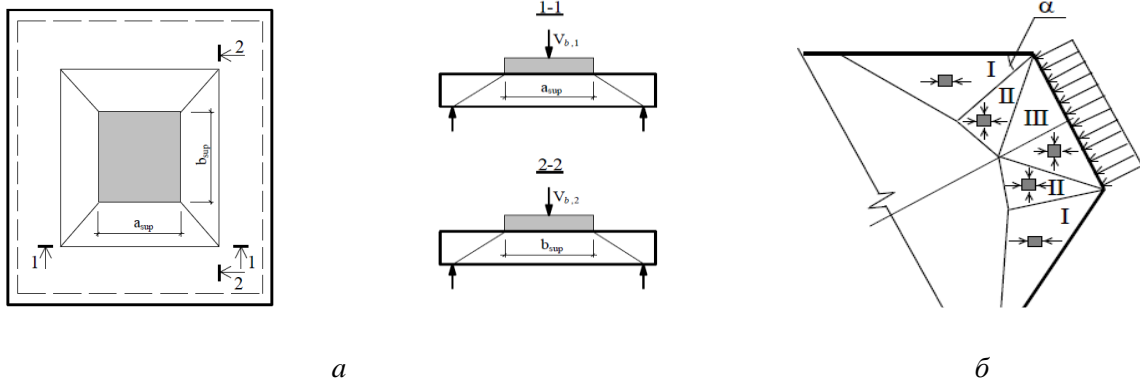


Рис. 1 – Модель плити у формі перпендикулярних балок (а) і напружено-деформований стан бетону стиснутої зони (б).

Характер напруженого стану бетону стиснутої зони оцінювався з позицій торії пластичності [1] при дії осевого рівномірно розподіленого навантаження на основу усіченого клину, див. рис.1б. Розрахункова модель балки наведена на рис.2, де у якості критерію досягнення граничного стану приймається досягнення напруженнями у бетоні розтягнутої зони, що співпадає з похилою тріщиною, значень міцності бетону при осевому розтягу f_{ct} . Зусилля у розтягнутій зоні визначаються як площа відповідної епюри напружень розтягу:

$$N_{ct} = N_{ct,1} + N_{ct,2} = f_{ct} A_{ct,1} + \omega f_{ct} A_{ct,2} \tag{2}$$

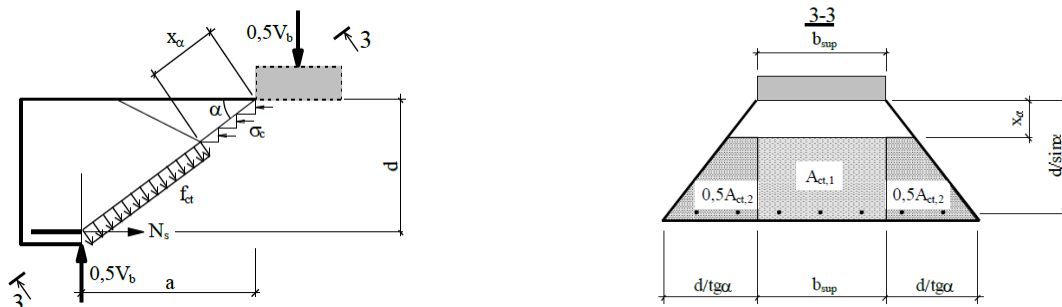


Рис.2. Розрахункова модель граничного стану балки в похилому перерізі.

Гранична поперечна сила, яку сприймає балка, знаходиться з рівняння рівноваги у похилому перерізі на вертикальну вісь.

$$V_b = 2N_{ct} \cos \alpha \tag{3}$$

1. Гениев Г.А., Киссюк В.Н, Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. - Москва, Стройздат, 1974, 316с.

Beams Design Model for Punching Shear Capacity of Reinforced Concrete Slabs

Yulli Klymov, Dr.Sc., Professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

The beams model of computation of punching shear forces in reinforced concrete slabs on the basis the general approach to strength computation of shear appearing under punching shear is developed. Within the framework of the developed method the ultimate shear received by a slab under punching shear is determined as the sum of the ultimate shear received by two perpendicular beams of a variable wideness, see Fig1a. The ultimate shear force V_{sl} perceived by a slab under punching shear can be considered as the sum of ultimate shear V_{b1} and V_{b2} , received by two perpendicular beams of a variable wideness, see Fig.1a:

$$V_{sl} = V_{b1} + V_{b2} \quad (1)$$

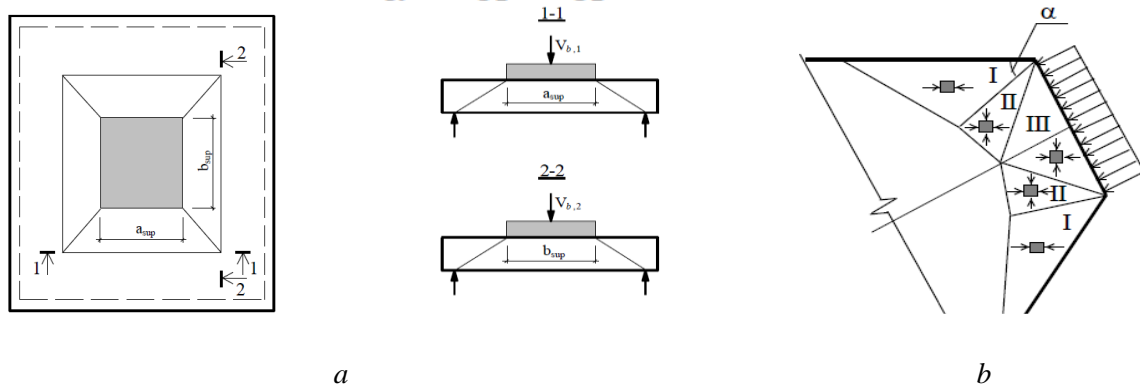


Fig. 1 - Model of a slab in form of perpendicular beams (a) and strained state of concrete in compressed zone (b).

The character of the concrete status in a compression zone was evaluated in view of, in terms of the theory of plasticity [1], the problem of action of an axial proportionally distributed load on a basis of the truncated concrete wedge, See Fig.1b. Design model of a beam is represented in fig. 2, where as a criterion of the ultimate limit state the reaching values of tensile strength of concrete f_{ct} in a tensioned zone conterminous to the crack of a sloping section are accepted. Force in a tensed zone of a sloping cut is calculated as square of a corresponding signal waveform of stretching stresses by:

$$N_{ct} = N_{ct,1} + N_{ct,2} = f_{ct}A_{ct,1} + \omega f_{ct}A_{ct,2} \quad (2)$$

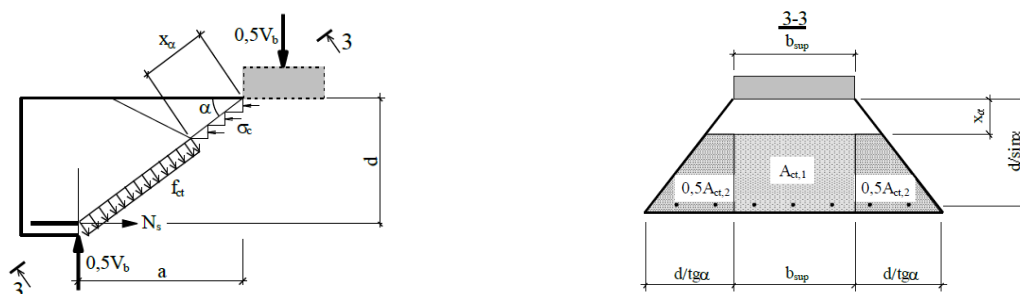


Figure 2 - Design model of the beam ultimate limit state in a sloping section

The ultimate shear received by the beam is derived from an equilibrium equation of an a sloping cut projected on a vertical axe, See Fig.2:

$$V_b = 2N_{ct} \cos \alpha \quad (3)$$

1. Henyev H.A., Kyssiuk V.N, Tiupyn H.A. Teoryia plastychnosty betona i zhelezobetona. - Moskva, Stroizdat, 1974, 316s.

Анкерування сталеві фібри зі загнутими кінцями у дрібнозернистому бетоні

Роман Кінаш.^{1,2}, док. техн наук, проф. кафедри геомеханіки, будівництва та геотехніки

Іванна Біденко², аспірантка кафедри технології та організації будівництва

¹ Науково-технологічний університет АГН у Кракові (Польща)

² Львівський національний аграрний університет (Львів)

Дотичні напруження при витягування фібри з бетону впливають на міцність фібробетону на розтяг під час згинання [1]. Тому експериментально-теоретичні дослідження при розробці нових типів фібр націлюють на те, щоб їх міцнісні, деформаційні і геометричні параметри забезпечили отримання оптимальних механічних характеристик сталеві фібробетону. Одним із раціональних типів фібр є сталеві фібри з загнутими кінцями, тому додаткове вивчення питань зчеплення її з бетоном є важливим, оскільки це впливає як на розрахункову несучу здатність армованих елементів, так і на деформативність.

При розрахунку несучої здатності згинальних сталеві фібробетонних елементів визначають міцність сталеві фібробетону на розтяг f_{cft} , яка залежить від коефіцієнта η , що враховує зчеплення фібри з бетоном [2]. У національному стандарті для фібри зі загнутими кінцями вказано, що характеристичне значення міцності фібри на розтяг f_{fk} має бути не меншим ніж 800 МПа, а коефіцієнт анкеруючої здатності η для цієї фібри дорівнює 0,9. Коефіцієнт η призначений у першому наближенні, тому детальні дослідження зчеплення такої фібри з бетонною матрицею, відповідна обробка експериментальних даних дозволить отримати обґрунтовані розрахункові параметри, які можна буде використати в розрахунках сталеві фібробетонних конструкцій.

Дослідні зразки виготовляли із дрібнозернистого бетону на піску з модулем крупності 2,1 мм і анкерної сталеві фібри типу HE 1050 довжиною 50 мм і діаметром 1 мм. Як в'язуче використовували цемент марки 400 (активністю 42.3) для отримання дрібнозернистого бетону класу C20/25 та цемент марки 500 (активністю 50.9) для дрібнозернистого бетону класів C25/30 і C30/35. Форми заповнювали сумішшю, яку ущільнювали на вібростолі, а через 3 години покривали поверхню бетону шаром вологих опилок. Після готовності бетонної суміші відбирали частину бетону, необхідного для формування кубів 150x150x150 мм і призм 400x100x100 мм. Випробування фібри на розтяг і на витягування з торців призм виконували на розривній машині Р – 0.5 при швидкості завантаження 0,05 мм/с. Усього було виготовлено і випробувано 54 зразки.

За результатами випробувань встановлено, що напруження у фібрі за витягування σ_f можна описати залежністю:
$$\sigma_f = 0,4677 \frac{l_e}{d_f} f_{c,prism} + 441,2.$$

Результати експериментів засвідчили, що за довжини закладання фібри 10, 15 і 25 мм у дрібнозернистий бетон класів C 20/25, C25/30 і C 30/35 напруження у ній не досягають межі міцності, і вся фібра висмикується. Напруження у фібрі за витягування зростають при підвищенні міцності бетону і збільшенні довжини закладання фібри у бетон. Кінцеві анкери фібри забезпечують під час витягування фібри напруження у ній біля 400 МПа. Необхідно додатково вивчити вплив міцності бетону на роботу кінцевих анкерів. Коефіцієнт анкеруючої здатності η залежить від довжини закладання фібри у бетон і від міцності бетону, що вимагає додаткового обґрунтування доцільності використання цього коефіцієнта у формулі для визначення міцності фібробетону на розтяг.

1. P. Robins, S. Austin, P. Jones, "Pull-out behavior of hooked steel fibres," *Materials and Structures*, vol. 35, pp. 434–442, 2002.

2. ДСТУ-Н Б В.2.6.-218:2016 Настанова з проектування та виготовлення конструкцій з дисперсноармованого бетону. [Чинний від 2017-04-01] Вид. офіц. Київ: ДП НДІБК, 2017. 32 с.

Gripping of anchor steel fiber with curved ends in fine-grained concrete

R. Kinasz^{1,2}, *PhD. D.Sc. Eng., Professor (Full) of the Department of Geomechanics, Construction and Geotechnic*

I. Bidenko², *Postgraduate Student of the Department of Technology and Organization of Construction*

¹*AGH University of Science and Technology in Krakow, Krakow, Poland*

²*Lviv National Agrarian University, Lviv, Ukraine*

Tangential stresses during the extraction of fibers from concrete are one of the factors influencing the tensile strength of reinforced concrete [1]. Therefore, experimental and theoretical studies are aimed at developing fibers with such strength, deformation and geometric parameters that would provide optimal mechanical properties of reinforced concrete. One of the rational types of steel fiber is fiber with curved ends, therefore, additional study of its adhesion to concrete is important because it affects both the load-bearing capacity of reinforced elements and deformability.

By calculating the bearing capacity of bending reinforced concrete elements, the tensile strength of reinforced concrete f_{cft} is determined. It depends on the coefficient η , which takes into account the adhesion of fibers to concrete [2]. The national standard for anchor fiber states that the characteristic value of the tensile strength of fiber f_{tk} should not be less than 800 MPa, and the coefficient of anchoring capacity for this fiber is equal to 0.9. Coefficient η is assigned only in the first approximation, therefore, a detailed study of the adhesion of fiber to the concrete matrix, appropriate processing of experimental data will provide reasonable calculation parameters that are used to calculate of elements of reinforced concrete structures.

The prototypes were made of fine-grained concrete on sand with a modulus of 2.1 mm and anchor steel fiber type HE 1050 with a length of 50 mm and a diameter of 1 mm. Cement of grade 400 (activity type - 42.3) was used as a binder for the production of fine-grained concrete of class C20/25 and cement of grade 500 (activity type - 50.9) for fine-grained concrete of classes C25/30 and C30/35. The molds were filled with the mixture, which was compacted on a vibrating table, and after 3 hours the concrete surface was covered with a layer of wet sawdust. After the readiness of the concrete, part of the concrete mixture required for the formation of cubes of 150x150x150 mm and prisms of 400x100x100 mm was selected. Tests of fiber for tension and extraction from the ends of the prisms were performed on a bursting machine P - 0.5 at a loading speed of 0.05 mm/s. A total of 54 samples were made and tested (6 twin samples in the series).

According to the test results, it is established that the stress in the fiber during stretching σ_f can be described by the dependence: $\sigma_f = 0,4677 \frac{l_f}{d_f} f_{c,prism} + 441,2$.

The results of the experiments showed that with the length of laying the fiber 10, 15 and 25 mm in fine-grained concrete classes C 20/25, C25/30 and C 30/35, the stresses in it do not reach the limit of strength, and all the fiber is pulled out. The stresses in the fiber during stretching increase with increasing strength of concrete and the length of laying fiber into concrete. The end fiber anchors provide a tension in the fiber of about 400 MPa by pulling the fiber. It is necessary to further study the effect of concrete strength on the operation of the end anchors. The coefficient of anchoring ability η depends on the length of laying fiber into concrete and the strength of concrete. Therefore, additional justification of the use of this coefficient in the formula to determine the tensile strength of reinforced concrete is needed.

1. P. Robins, S. Austin, P. Jones, "Pull-out behavior of hooked steel fibres," *Materials and Structures*, vol. 35, pp. 434-442, 2002. 35, pp. 434-442, 2002.

2. DSTU-N B V.2.6.-218:2016 *Nastanova z proektuvannia ta vyhotovlennia konstruktsii z dyspersnoarmovanoho betonu*. [Chynnyi vid 2017-04-01] Vyd. ofits. Kyiv: DP NDIBK, 2017. 32 s.

Дослідження ефективності підсилення висячих металевих конструкцій наскрізного перерізу зовнішнім армуванням методом наклеювання фіброармованих систем

Ірина Руднієва, канд.техн.наук, доцент кафедри опору матеріалів

Київського національного університету будівництва і архітектури (м. Київ)

Відомі численні приклади застосування металевих конструкцій, особливо в промислових будівлях та у великопрольотних спорудах. Застосування металевих конструкцій в будівництві зумовлене, перш за все, їх механічними властивостями. Але, як і у випадку з іншими типами конструкцій, унікальні та великопрольотні споруди, які проектується з металу, в результаті тривалої експлуатації, без своєчасного технічного обслуговування та капітальних ремонтів, недостатньої міцності матеріалів конструкцій, в результаті зносу, конструктивних дефектів, для збільшення несучої здатності в результаті зміни погодних умов та діючих нормативних документів, підвищення надійності, продовження експлуатації, зокрема, що мають елементи, які працюють на згин, потребують підсилення несучих конструкцій.

Особливо важливим є вибір максимально ефективного методу, як з точки зору надійності, так і з точки зору рентабельності, на що впливає тривале припинення експлуатації споруди, зупинка виробничого процесу або неможливість користуватися прилеглою територією для виконання робіт з реконструкції. При цьому необхідно зберегти не тільки будівлю в цілому, але і зовнішній архітектурний вигляд споруди. Отже, важливою є не тільки економічна, конструктивна, але і соціальна складова.

Традиційні методи підсилення, що зараз використовуються для відновлення або збільшення несучої здатності металевих конструкцій, засновані на застосуванні сталевих елементів шляхом їх кріплення болтами або зварювання, які збільшують навантаження на конструкцію і схильні до корозії і втоми.

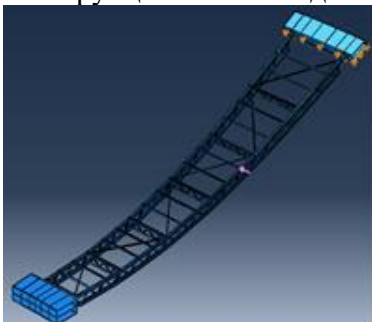


Рис. 1. Модель блока згинально-жорстких ниток

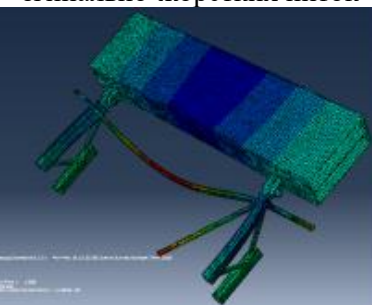


Рис. 2. Розподіл напружень в зоні опорного контуру

Альтернативним методом підсилення є застосування високоміцних фіброармованих систем (ФАС) шляхом наклеювання на основну конструкцію. ФАС мають високу міцність, малу вагу, стійкі до корозії, прості у використанні.

З врахуванням вищезазначених переваг фіброармованих систем, було виконано дослідження, в якому розглянуто варіант підсилення несучих металевих елементів висячого покриття, утвореного системою згинально-жорстких ниток наскрізного перерізу (Рис.1), зовнішнім армуванням методом наклеювання високоміцної фіброармованої системи на основі вуглерода. Розрахунки моделі конструкції покриття виконувались в сучасному програмному комплексі ABAQUS/CAE, заснованому на методі скінченних елементів.

Виконаний розрахунок підсиленої висячої металеві конструкції наскрізного перерізу зовнішнім армуванням ФАС на основі вуглерода, в програмному комплексі ABAQUS, показав, що найбільші напруження і деформації з'являються в області, близької до зовнішнього опорного контуру (Рис.2).

Підсилення несучих елементів зовнішнім армуванням на основі вуглерода, призвело до зниження деформації споруди, а також до можливості збільшення несучої здатності.

Після включення в роботу вуглепластика відсоткове зменшення вертикального прогину складо 26,6% для згинально-жорстких ниток, підсилених композитним матеріалом з вуглепластика. Величина розтягуючих напружень знизилась приблизно на 14%.

1. I.N. Rudnieva. Comparative analysis of strengthening of building structures (masonry, metal structures, reinforced concrete) using FRP-materials and traditional methods during reconstruction. «Strength of Materials and Theory of Structures», 2020. № 105 – С.267-291. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2020.105.267-291>.

Investigation of the strengthening effectiveness of suspended metal structures of a through section by external reinforcement using fiber-reinforced polymer systems

I. Rudnieva, candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of Kyiv National University of Construction and Architecture

There are numerous examples of the use of metal structures, especially used in industrial buildings and in large-span structures. The use of metal structures in construction is primarily due to their mechanical properties. As in the case of other types of structures, unique and large-span structures designed from metal, as a result of long-term operation, without timely maintenance and major repairs, insufficient strength of structural materials, as a result of wear, structural defects, to increase the bearing capacity in as a result of changes in weather conditions and current regulatory documents, in order to increase reliability, prolong operation, in particular, with bending elements, need to strengthen the supporting structures.

It is especially important to choose the most effective method, both from the point of view of reliability and profitability, which is influenced by long-term decommissioning of a structure, stoppage of the production process or the inability to use the adjacent territory to carry out reconstruction work. At the same time, it is necessary to preserve not only the building as a whole, but also the external architectural appearance of the structure. So, not only the economic, constructive, but also the social component is important. Traditional strengthening methods, which are now used to restore or increase the load-bearing capacity of metal structures, are based on the use of steel elements by bolting or welding them, that increase the load on the structure and are susceptible to corrosion and fatigue.

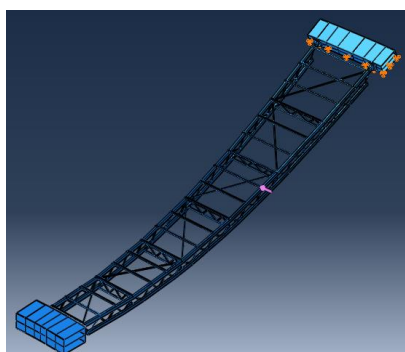


Fig. 1. Block model of the bending-rigid threads

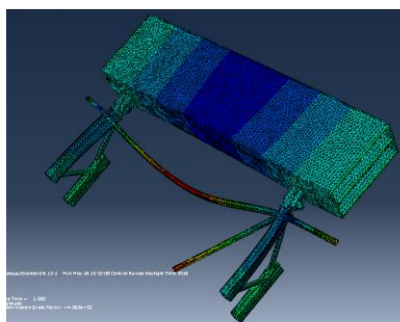


Fig. 2. Stress distribution in the area of the outer support circuit

An alternative modern strengthening method is the use of high-strength fiber-reinforced polymer (FRP) systems by gluing to the main structure. FRP-materials have an increased strength-to-weight ratio, they are more resistant to corrosion, easy to use.

Taking into account the aforementioned advantages of FRP materials, a study was carried out, in which a variant of strengthening the supporting metal elements of suspended rod shell formed by a system of bending-rigid threads of a through section (Fig. 1.) with external reinforcement by high-strength FRP-system based on carbon was considered. The computation of the coating structure model in the form of a suspended metal structure of a through section were carried out in the modern ABAQUS / CAE software package based on the finite element method. The performed computation of a strengthened suspended rod shell formed by a system of bending-rigid threads of a through section with external reinforcement by high-strength FRP-system, in the ABAQUS software, showed that the greatest stresses and strains appear in the area close to the outer support circuit (Fig.2).

Strengthening of the load-bearing elements with CFRP-material, led to a decrease in the deformation of the structure, as well as to the possibility of an increase of the bearing capacity.

After the inclusion of Carbon FRP, the percentage decrease in vertical deflection was 26.6% for bending-rigid threads strengthened with a FRP-material. The magnitude of the tensile stresses decreased by about 14%.

1. I.N. Rudnieva. Comparative analysis of strengthening of building structures (masonry, metal structures, reinforced concrete) using FRP-materials and traditional methods during reconstruction. «Strength of Materials and Theory of Structures», 2020. № 105 – C.267-291. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2020.105.267-291>.

Щодо раціонального армування вузлових з'єднань монолітних плит перекриття з вертикальними елементами

Людмила Афанасьєва, канд.техн.наук, доцент кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій

Максим Москаленко, студент

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Пріоритетним напрямком в будівництві є зведення монолітних багатоповерхових будівель з безбалковими перекриттями. Це обумовлено можливістю будівництва будинків будь-якої конфігурації в плані, з різними об'ємно-планувальними рішеннями.

Досвід експлуатації зазначених каркасно-монолітних будинків свідчить, що жорсткість плит перекриття достатня при товщині плит 17,0-18,0см, але біля опор плита потребує підсилення для забезпечення несучої здатності на продавлювання [1].

Виконані чисельні дослідження [2] дозволили визначити напружений стан дослідного стика, на підставі чого розробити конструювання останнього. Метою зазначених досліджень є розробка конструкції стика з додатковою арматурою в приопорній зоні для виключення можливого продавлювання при заданій мінімальній товщині перекриття. На підставі порівняльного аналізу доцільно визначити оптимальне співвідношення товщини плити перекриття та відповідного армування стикового з'єднання «плита-колона», що виключає продавлювання. Армування стика прийнято з використанням жорсткої арматури - елементів прокатного профілю та пластин – для уникнення технологічних ускладнень при влаштуванні монолітного перекриття.

З метою визначення найбільш раціонального армування стика досліджувались сполучення плити перекриття з колоною з різними типами армування: стержньовою поперечною арматурою, жорсткою арматурою-двотавром та швелерами, а також металевими пластинами. Для вирішення поставленого завдання на підставі розрахункової оболонко-стрижневої моделі будинку дослідженню піддавався вузол з'єднання плити перекриття з колоною. Розрахункова модель дослідного з'єднання наведена на рис.1.

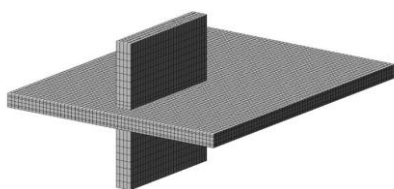


Рис. 1. Розрахункова модель вузлового з'єднання

Виконані чисельні дослідження сполучень колон і плит перекриття товщиною 140мм та 200мм [2] свідчать, що зменшення товщини плити викликає збільшення зони з додатковою концентрацією стискаючих напружень до 44,0%. Таким чином, зазначена зона сполучення плити перекриття з колоною потребує додаткового армування з метою забезпечення міцності на продавлювання.

Аналіз отриманих параметрів напружено-деформованого стану дослідних моделей свідчить, що напруження в бетоні вузлового сполучення з поперечною арматурою перевищують допустиму величину до 38,0%. Армування зони сполучення жорсткою арматурою- відповідно двотавром і швелерами дозволило отримати збільшення допустимих напружень до 33,0% та 26,0% відповідно. При армуванні дослідного сполучення пластинами, що розташовані парами по двом взаємо перпендикулярним напрямкам, напруження в бетоні не перевищують допустиму величину до 30,0%, що виключає руйнування стикового сполучення внаслідок продавлювання.

1. ДСТУ Б.В.2.6 – 156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування.- Мінрегіонбуд України.Київ,2011,-116с.-чинний з 01.06.2011.
2. Самохвалова Е.О. Стык колонны с плоской плитой в монолитном железобетонном здании. Дис. на соиск. квалиф.магистра. Санкт-Петербург, 2009 - 86с.

Regarding rational reinforcement of nodal joints of monolithic floor slabs with vertical elements

L. Afanasieva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures

M. Moskalenko, student

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

The priority in construction direction is the erection of the monolithic multi-storey buildings with beamless ceilings. This is due to the possibility of house building of any configuration in the plan, with different spatial planning solutions.

The experience of these frame-monolithic buildings operation shows that the rigidity of the floor slabs is sufficient at a plate thickness of 17.0-18.0 cm, but the slab needs reinforcement near the supports to ensure the load-bearing capacity for pushing [1].

The undertaken researches [2] allowed determining the stress state of the experimental joint, on the basis of which to develop the design of the latter. The purpose of these researches is to develop the design of the joint with additional reinforcement in the support zone to exclude the possible pushing at a given minimum thickness of the floor. Basing on the comparative analysis, it is reasonable to determine the optimal ratio of the floor slab thickness and the corresponding reinforcement of the butt joint "slab-column", which eliminates the penetration. The reinforcement of the joint is accepted with the use of rigid reinforcement - elements of the rolling profile and plates in order to avoid the technological complications while the installing a monolithic floor.

In order to determine the most rational joint reinforcement, the connections of the floor slab with the column with different types of reinforcement were studied: the rod transverse reinforcement, rigid I-beam reinforcement and the channels, as well as the metal plates.

In order to solve this problem on the basis of the calculated shell-rod model of the house, the joint of the floor slab with the column was studied. The calculated model of the experimental connection is shown in the Figure 1.

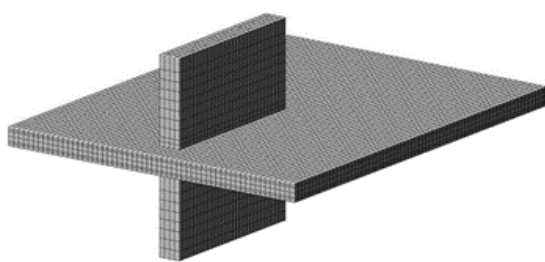


Fig. 1. The calculated model of the joint connection

The number of studies of columns and floor slabs joints with a thickness of 140 mm and 200 mm [2] show that a decrease in the thickness of the plate causes an increase in the zone with an additional concentration of compressive stresses up to 44.0%. Thus, the specified area of connection of the floor slab with the column requires additional reinforcement in order to ensure the penetration strength.

The analysis of the obtained parameters of the stress-strain state of the experimental models shows that the stresses in the joint connection concrete with the transverse reinforcement exceed the acceptable value up to 38.0%. The reinforcement of the connection zone with rigid reinforcement - respectively I-beams and channels allowed obtaining an increase in acceptable stresses up to 33.0% and 26.0%, respectively.

1. DSTU BV2.6 - 156: 2010. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii /Concrete and reinforced concrete structures made of heavy concrete. Design rules.-Ministry of Regional Development of Ukraine. Kyiv, 2011, -116 pages - valid from 01.06.2011.
2. Samokhvalova E.O. Styk colony s ploskoy plitoy v monolitnom zhelezobetonnom zdanii /Joint of a column with a flat slab in a monolithic reinforced concrete building. Master's degree thesis, Saint-Petersburg, 2009 - 86p.

Випробування центрально-стиснутої колони, виконаної з тонкостінних гнутих профілів

Олександр Глітін, к.т.н., доцент, кафедра Металевих і дерев'яних конструкцій
Сергій Радецький, асистент, кафедра Металевих і дерев'яних конструкцій

Київський національний університет будівництва і архітектури

Зменшення витрат сталі в будівництві досягається шляхом застосування тонкостінних стержневих конструкцій. Зокрема, провідне місце серед них посідають холодногнуті профілі. Використання їх в елементах конструкцій будівель замість гарячекатаних, дозволяє економити близько 10% сталі та значною мірою знизити трудомісткість виготовлення і монтажу.

Особливо це пов'язано із використанням наскрізних колон виготовлених з тонкостінних гнутих елементів.

Для перевірки методики розрахунку таких елементів за [1] порівняємо експериментальне випробування колони довжиною 3,4 м. Колона складалась з двох гнутих С-подібних профілів товщиною 2 мм, поєднаних між собою за допомогою планок, на самонарізних гвинтах.



Рис. 1. Експериментальне випробування колони, виконаної з тонкостінних гнутих профілів.

Перед випробуванням були проведені теоретичні розрахунки за наведеною вище методикою. Проведення експериментального дослідження НДС колони із гнутих профілів проводилось у випробувальному центрі будівельних конструкцій КНУБА (ВЦБК КНУБА) з метою підтвердження результатів теоретичних досліджень і як продовження наукових досліджень в цьому напрямку [2].

Результати, отримані аналітичним шляхом за [1] показують розбіжність із експериментальним дослідженням більше 10%. Із трьох основних форм втрати стійкості відбулась місцева втрата стійкості, а саме – відгини полицок.

Загальна та крутильна форми втрати стійкості не відбувались. Це можна пояснити частим кроком встановлення з'єднувальних планок на колоні.

Особливо ці дослідження цікаві з точки зору роботи з'єднувальних елементів – планок

Отже, за результатом експериментального дослідження виникає необхідність у більш детальному вивченні наскрізних колон.

1. ДСТУ-Н Б В.2.6-87:2009. Конструкції будинків і споруд. Настанова з проектування конструкцій будинків із застосуванням сталевих тонкостінних профілів.
2. Белов І.Д., Глітін О.Б., Юрченко В.В., Дедов О.П., Джаубасєв М.М. Випробування конструкції ферми із гнутих тонкостінних елементів відкритого профілю // Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського / Під загальною

Experimental research of a central-compressed column, made of thin-walled bending profiles

O. Glitin, Ph.D., Associate Professor, Department of Metal and Wooden Structures

S. Radetskyi, Assistant, Department of Metal and Wooden Structures

Kyiv National University of Construction and Architecture

Reducing steel consumption in construction is achieved by applying thin-walled rod structures. In particular, leading place among them occupy cold profiles. Using them in building elements instead of hot-rolled, saves about 10% of steel and significantly reduces the complexity of manufacture and installation.

This is especially due to the use of through columns made of thin-walled bending elements.

To verify the method of analysis such elements according to [1], we compare the experimental test of a 3.4 m long column. The column consisted of two bent C-shaped profiles 2 mm thick, connected to each other by plates, on self-tapping screws.



Fig. 1. Experimental test of the column made of thin-walled bending profiles.

The theoretical analysis according to the above method were carried out before the test. An experimental study of the stress-strain state of the column of bent profiles was carried out in the test center of building structures KNUBA (VCBC KNUBA) in order to confirm the results of theoretical research and as a continuation of scientific research in this direction [2].

The results obtained analytically by [1] show discrepancies with experimental research more than 10%. Of the three main forms of loss of stability, there was a local loss of stability, namely - the bends of the shelves.

General and torsional forms of loss of stability did not occur.

This can be explained by a frequent step of installing connecting plates on a column.

Especially these studies are interesting in terms of work of connecting elements - plates.

Therefore, as a result of experimental research, there is a need for a more detailed study of through columns made of thin-walled bending elements.

1. DSTU-N B V.2.6-872009. Konstruktsii Budynkiv I Sporud. Nastanova Z Proektuvannia Konstruktsii Budynkiv Iz Zastosuvanniam Stalevykh Tonkostinnykh Profiliv.
2. Bielov I.D. Glitin O.B. Yurchenko V.V. Diedov O.P. Dzhaubaiev M.M. Vyprobuvannia konstruktsii fermi iz hnutykh tonkostinnykh elementiv vidkrytoho profilu // Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho Naukovo-Doslidnoho Ta Proektnoho Instytutu Stalevykh Konstruktsii Imeni V.M. Shymanovskoho / Pid zahalnoi redaktsiieiu zasluhenoho diiacha nauky i tekhniky Ukrainy, d.t.n. profesora O.V. Shymanovskoho. K. Vyd-vo «Stal» 2009 Vyp. 3 – S. 136-145

Результаты экспериментальных исследований гибких железобетонных колонн, армированных высокопрочной арматурой.

Мачей Дуткевич, докт.техн.наук, декан факультета.

Вадим Гринёв, канд.техн.наук, доцент.

Университет науки и техники, (г. Быдгощ, Польша).

При строительстве и эксплуатации зданий и сооружений в том числе специального назначения большую роль играют сжатые элементы. Опоры водонапорных башен, колонны брызгальных бассейнов градирен, опоры материалопроводов и оборудования в энергетике, промышленности и в прочих областях промышленности. Как правило в насыщенных оборудованием цехах, например котельные в ТЭЦ (достигающие высоты 45 м и выше), большое значение имеет размер поперечного сечения колонны, при ее максимально возможной высоте.

К сожалению, большинство проектных решений, при устройстве высоких опор, разработаны в металле, хотя железобетонные элементы обладают рядом преимуществ в отличие от металлических: коррозионная и огнестойкость, низкая стоимость. Причина нежелания проектировщиков использовать железобетонные гибкие колонны кроется в сложных и недостаточно точных методиках расчета, предлагаемых европейскими нормами п. 5.8. /1/. Разница между расчётами и экспериментальными данными достигает 40% и более, это подтверждено изученными данными /2, 3/.

Целью проводимой работы: выполнить расчетно-экспериментальные исследования сжатых, гибких железобетонных колонн с продольной ненапрягаемой арматурой классов В500В и В600В в сочетании с поперечным армированием.

В соответствии с указанной целью решались следующие задачи: исследовано влияние высокопрочной продольной арматуры на прочностные и деформативные свойства гибких конструкций; влияние процента продольного армирования на прочностные, деформативные свойства, а также на характер разрушения.

В лаборатории университета были изготовлены опытные образцы колонн с размерами 200x200x3000(н), из тяжелого бетона прочностью $f_{cm} \approx 43$ МПа, на гранитном щебне и кварцевом песке. Армировались симметрично продольными стержнями диаметрами: 10 мм, 16 мм и 25 мм из стали класса В500В и В600В. Поперечная арматура по всей длине конструкции представлена в виде хомутов из стержней диаметром 8 мм, расположенных с шагом 200 мм.

Испытания колонн проводились в гидравлическом прессе с максимальным усилием 400 кН. Схема загрузки предусматривала создание условий работы конструкций как стоек с шарнирным опиранием, с одинаковым направлением продольной силы.

Было выделено две основные формы разрушения: от продольного изгиба в середине высоты колонн и разрушения оголовков на опорах.

Эксперимент подтвердил эффективность использования стержневой арматуры В600В в гибких, сжатых железобетонных элементах. Степень использования высокопрочной стержневой арматуры на сжатие возрастает при повышении процента армирования, уменьшении высоты сжатой зоны и увеличении кривизны конструкции.

1. EN 1992-1-1:2004+AC:2010, IDT. Проектирование железобетонных конструкций.
2. Шилов, А. Е. Особенности учета эффектов второго порядка при расчете сжатых железобетонных элементов по ТКП EN-1992-1-1–2009* / А. Е. Шилов, В. В. Мезен // Инновационная подготовка инженерных кадров на основе европейских стандартов (Еврокодов): материалы Международной научно-технической конференции. - Минск: БНТУ, 2017. - С. 160-166.
3. Семенов Д. С. Расчет несущей способности железобетонных колонн по деформированной схеме. Промышленное и гражданское строительство. 9/2017.

The results of experimental studies of flexible reinforced concrete columns reinforced with high-strength fittings.

M. Dutkiewicz, Ph.D, Professor.

V. Griniov, Ph.D., Associate Professor.

University of Science and Technology, (Bydgoszcz, Poland).

Compressed elements play a big role in the construction and operation of buildings and structures in the special purpose. Water tower supports, columns of splash pools of cooling towers, support of material pipelines and equipment in energy, industry, and other areas of industry. As a rule, in the equipment-saturated workshops, such as boilers in the power plant (reaching heights of 45 m and above), the size of the cross section of the column, at its maximum possible height, is important.

Unfortunately, most design solutions, when using high supports, are developed in metal, although reinforced concrete elements have several advantages as opposed to metal: corrosive and fire resistance, low cost. The reason for the reluctance of designers to use reinforced concrete flexible columns lies in the complex and not sufficiently accurate methods of calculation offered by the European norms p. 5. 8. /1/. The difference between calculations and experimental data reaches 40% or more, this is confirmed by the studied data /2, 3/.

The aim of the work is to perform a calculated and experimental study of compressed, flexible reinforced concrete columns with longitudinal unstrained rebar of the B500B and B600B classes combined with cross-reinforcement.

In accordance with this goal, the following tasks were solved: the impact of high-strength longitudinal fittings on the strength and deformative properties of flexible structures; the impact of longitudinal reinforcement on the strength, deformative properties, as well as on the nature of destruction.

In the university laboratory the prototypes of columns with sizes 200x200 x3000 (h), from heavy concrete strength $f_{cm} \approx 43$ MPa, on granite rubble and quartz sand were made. Reinforced symmetrically longitudinal rods with diameters: 10 mm, 16 mm, and 25 mm of steel class B500B and B600B were used. The transverse fixture along the entire length of the structure is presented in the form of clamps of rods with a diameter of 8 mm, located in a step of 200 mm.

The tests of the columns were carried out in a hydraulic press with a maximum force of 400 kN. The loading scheme provided for the creation of working conditions of structures as racks with hinge leanings, with the same direction of longitudinal force.

Two main forms of destruction were highlighted: from the longitudinal bend in the middle of the height of the columns and the destruction of headboards on the supports.

The experiment confirmed the effectiveness of the use of B600B rod rebar in flexible, compressed reinforced concrete elements. The use of high-strength rod fittings increases with increased reinforcement percentage, reduced compressed height and increased curvature of the structure.

1. EN 1992-1-1:2004-AS:2010, IDT. Designing reinforced concrete structures.
2. Shilov, A. E. Features of accounting for the effects of the second order in the calculation of compressed reinforced concrete elements on the TCP EN-1992-1-1-2009 / A. E. Shilov, V. V. Mezen // Innovative training of engineering personnel based on European standards (Eurocodes): materials of the International Scientific and Technical Conference. - Minsk: BNTU, 2017. - S. 160-166.
3. Semenov D. S. Calculation of the carrying capacity of reinforced concrete columns on a deformed scheme. Industrial and civil construction. 9/2017

Новий безпечний конфайнмент – досвід компанії Sika

Артем Захаров¹, керівник напрямку Гідроізоляція

Юрій Собко^{1,2}, к.т.н., доцент кафедри АМД,

¹ТОВ «Сіка Україна»,

²Національний Університет «Львівська політехніка»

Протягом перших років експлуатації стало зрозуміло, що об'єкт «Укриття» є нестабільним і необхідно будувати нову захисну оболонку. За результатами міжнародного конкурсу було обрано концепцію, що мала складатися з арочної конструкції, проліт якої складає 257 м, висота 108 м, довжина 162 м, а також інших допоміжних споруд. Новий безпечний конфайнмент розраховано на 100 років експлуатації. Багаторічний досвід компанії Sika, наявність необхідної технічної документації та міжнародних незалежних Сертифікатів на продукцію дозволив бути впевненими у надійності та довговічності запропонованих нами технічних рішень та технологій – від фундаменту до покрівлі.

Бетон. Спеціалісти КНУБА, які займались проектуванням та дослідженням бетонних сумішей і технічним супроводом протягом всього періоду будівництва розробили програму з досліджень придатності бетонних сумішей з добавками різних виробників, проте найкращих результатів було досягнути з **SikaPlast 2508**. Вимоги до добавок – мультифункціональність для бетонів В7,5-В50, стабільність властивостей бетонної суміші протягом тривалого часу транспортування (5 год.) та гарантоване забезпечення фізико-механічних властивостей бетонних конструкцій. Загальний об'єм виготовлених бетонів з добавкою **SikaPlast 2508** склав 150 000 м³.

Гідроізоляція. Склепіння арки під часу дощу збирає величезну кількість води, яку відводять в два «штормових басейни» - ні в якому разі не можна пустити ці потоки води під основу арки. Взимку в басейни з висоти 108 метрів сходять сніг та крига, тому гідроізоляцію треба надійно захистити. Всі кабельні канали, колодязі на промисловій ділянці також захищались від впливу вологи. Своє застосування знайшли системи спеціальних стрічок для швів **Sikadur Combiflex**, набрякаючі в контакт з водою матеріали **SikaSwell**, ін'єкційні смоли **Sika Injection**, гідроізоляційні матеріали **Sikalastic**, бітумні мастики **Sika Igsol**.

Підлоги, стіни та стелі. Зносостійкі, безшовні, такі що легко прибираються та не накопичують радіоактивність. Окрім підлог, покриття наносились на стіни та стелю – з високою хімічною стійкістю та відмінними дезактиваційними властивостями. Для цього використовували епоксидні покриття **Sikafloor**, **Sikagard**, загалом близько 25 000 м². Примикання до стін та технологічного обладнання - хімічно стійкий ПУ-герметик **Sikaflex Tank N**. Широкий шов між новою бетонною плитою та стінами старого об'єкту «Укриття» було надійно герметизовано рідким 2К ПУ-матеріалом **Icosit KC**.

Покрівлі. Деякі споруди, що знаходяться поза межами арки НБК потребували надзвичайно надійної та довговічної покрівлі. Це ТПО-мембрана **Sarnafil TG 66-20** товщиною 2 мм з баластом. Також на покрівлі було використано спеціальні клеї **Sarnacol**, рідкі ПУ-мембрани **Sikalastic**, негорючі покриття **Sika Ecran**.

Технічна підтримка. Спільна розробка систем матеріалів з проектною групою починалася з отримання технічного завдання та обговорення важливих деталей для даного рішення з технічним відділом Сіка Україна, та в кінцевому результаті прийняття рішення стосовно тої чи іншої системи матеріалів. В деяких випадках залучалися фахівці компанії Sika різних підрозділів з інших країн для розв'язання складних питань стосовно надійності тих чи інших матеріалів та систем. Застосування нових матеріалів потребувало постійного проведення навчання підрядників. Всі навчальні процеси відбувалися в реальних умовах будівництва та потребували постійного контролю, як зі сторони технічного нагляду підрядника, так зі сторони технічного відділу Сіка Україна.

1. Технологічний регламент **Sikadur Combiflex SG System**. Неопубліковані матеріали компанії Sika.
2. Системні рішення **Sika** з гідроізоляції покрівель. Неопубліковані матеріали компанії Sika.

The New safe confinement - Sika's experience

*A. Zakharov¹, Manager TM Waterproofing,
Y. Sobko^{1,2} Phd AMD Department,*

*Sika Ukraine LLC,
State University "Lviv Politechnic"*

During the first years of operation, it became clear that the old "Shelter" was unstable and needed to build a new protective shell. According to the results of the international competition, a concept was chosen, which was to consist of an arched structure, the span of which is 257 m, height 108 m, length 162 m, as well as other ancillary structures. The new safe confinement is designed for 100 years of operation.

Sika's many years experience, the availability of the necessary technical documentation and international independent Product Certificates have allowed us to be confident in the reliability and durability of our proposed technical solutions and technologies - from foundation to roof.

Concrete. KNUBA specialists, who were engaged in the design and research of concrete mixtures and technical support during the all construction period, have developed a program for researching the suitability of concrete mixtures with the admixtures of different producers, but the best results were achieved with **SikaPlast 2508**.

Main requirements for additives - multifunctionality for concrete B7,5-B50, stability of properties of concrete mix during long time of transportation (5 hours) and guaranteed maintenance of physical and mechanical properties of concrete mix designs. The total volume of concrete produced with **SikaPlast 2508** was 150,000 m³.

Waterproofing. The vault of the arch during the rain collects a huge amount of water, which is diverted into two "storm basins" – this water must not get under the base of the arch. In winter, snow and ice descend into the pools from a height of 108 meters, so the waterproofing must be reliably protected. All cable ducts and wells on the industrial site were also protected from moisture.

Sikadur Combiflex joint tape systems, **SikaSwell** hydrophilic products, **Sika Injection** injection resins, **Sikalastic** waterproofing materials, **Sika Igasol** bituminous mastics have found application.

Floors, walls and ceilings. Wear-resistant, seamless, easy to clean and does not accumulate radioactivity. In addition to floors, coatings were applied to walls and ceilings - with high chemical resistance and excellent decontamination properties. Epoxy coatings **Sikafloor**, **Sikagard** a total of about 25,000 m² were used for this purpose. Dilatations to the walls and process equipment is done with chemically resistant **Sikaflex Tank N** PU sealant. The wide seam between the new concrete slab and the walls of the old Shelter facility was securely sealed with **Icosit KC** liquid 2C PU material.

Roofs. Some structures outside the NSC arch required extremely reliable and durable roofing. This is a TPO membrane **Sarnafil TG 66-20** 2 mm thick with ballast. Also, on the roof were used special adhesives **Sarnacol**, liquid PU-membranes **Sikalastic**, non-combustible membrane **Sika Ecran**.

TechnicalSupport. Development of materials systems with the project design team began with obtaining a terms of reference and discussing important details for this decision with the technical department of Sika Ukraine, and finally making a decision on a particular system of materials. In some cases, Sika specialists from various departments in other countries were involved to solve complex issues regarding the reliability of certain materials and systems.

The use of new materials required constant training of contractors. All training processes took place in real construction conditions and required constant monitoring, both by the technical supervision of the contractor and by the technical department of Sika Ukraine.

1. Method Statement of Sikadur Combiflex SG System. Unpublished materials from Sika.
2. Sika System Solutions for Roof Waterproofing. Unpublished materials from Sika.

Панель з поперечно-клеєної деревини армована композитними стрічками

Денис Михайловський, докт. техн. наук, професор кафедри металевих та дерев'яних конструкцій.

Микола Комар, аспірант

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Висотні споруди з сучасних конструкцій на основі деревини набувають все більшого поширення в усьому світі. Конструкції з яких зводяться такі будинки і споруди є предметом наукових випробувань, досліджень, в яких показується, що вони конкурентоспроможні, екологічні та економічні. Деревина завжди була популярним будівельним матеріалом завдяки своїм технологічним характеристикам, та природним естетичним якостям. Перспективним напрямком проектування дерев'яних будівель є підвищення економічності та надійності конструкцій за рахунок армування панелей з поперечно-клеєної деревини композитними стрічками та ефективного використання їх несучої здатності.

Метою роботи є розробка панелі з поперечно-клеєної деревини армованої композитними стрічками, які мають підвищену несучу здатність при їх роботі на згин використовуючи методику за аналогією [1]. Панель з поперечно-клеєної деревини після її виготовлення армується композитними стрічками по нижньому зовнішньому шару дошок. Армування панелей з поперечно-клеєної деревини пропонується виконувати стрічками з полімерів підсилених вуглецевими волокнами наклеєних вздовж волокон зовнішніх шарів дошок, за окремим розрахунком [2] (рис.1.). Стрічки наклеюються на конструкцію в якості зовнішнього армування використовуючи епоксидний клей. Армування панелей з поперечно-клеєної деревини композитними стрічками дозволяє збільшити їх несучу здатність, при збереженні геометричних розмірів поперечних перерізів. Застосування панелей з поперечно-клеєної деревини армованих композитними стрічками не має аналогів в світі. Таке конструктивне рішення дозволяє: підвищити несучу здатність панелей, зменшити геометричні параметри, а саме висоти поперечного перерізу, виконувати підсилення існуючих панелей з поперечно-клеєної деревини при збільшенні проектних навантажень.

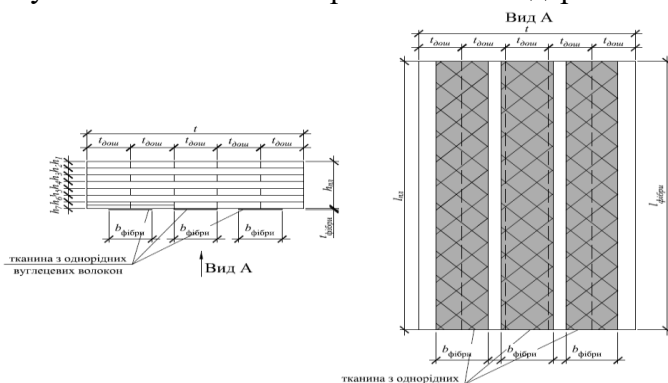


Рис.1. Панель з поперечно-клеєної деревини армована композитними стрічками по зовнішнім шарам дошок.

Отримані результати досліджень свідчать, що панель з поперечно-клеєної деревини армована композитними стрічками дозволяє збільшити їх несучу здатність, підвищити деформативність та надійність конструкцій в цілому.

Панель з поперечно-клеєної деревини армована композитними стрічками є новим конструктивним елементом, що потребує подальшого детального вивчення роботи з позиції напружено-деформованого стану та

розробки методики розрахунку як окремих елементів, що працюють на згин, так і цілих будівель з їх застосуванням як системи «основа-фундамент-наземна конструкція».

1. Д. В. Михайловський, М. А. Комар. Інженерна методика розрахунку елементів з клеєної деревини, армованої композитною арматурою / Михайловський Д. В., Комар М. А. // Будівельні конструкції, теорія і практика №7 КНУБА, 2020. DOI: 10.32347/2522-4182.6.2020.93-100 - С. 93 - 100. – 128 с.
2. Д. В. Михайловський, А. А. Комар. Аналіз існуючих методик розрахунку панелей з перехресно-клеєної деревини за другим граничним станом / Михайловський Д. В., Комар А. А. // Будівельні конструкції, теорія і практика №5 КНУБА, 2019. ISSN: 2522-4182 - С. 24 - 31.

The panel from cross-laminated timber is reinforced with composite tapes

D. Mykhailovskiy, of Doctor of Philosophy, Professor of the Department of Metal and Wooden Structures

M. Komar, postgraduate

Kyiv National University of Construction and Architecture

High-rise buildings of modern structures based on wood are becoming increasingly common around the world. The structures from which such buildings and structures are erected are the subject of scientific tests, research, which shows that they are competitive, environmentally friendly and economical. Wood has always been a popular building material due to its technological characteristics and natural aesthetic qualities. A promising direction in the design of wooden buildings is to increase the efficiency and reliability of structures by reinforcing panels of cross-laminated timber with composite tapes and the effective use of their load-bearing capacity.

The aim of the work is to develop a panel of cross-laminated timber reinforced with composite tapes, which have increased load-bearing capacity during their work on the bend using the method by analogy [1]. The panel from cross-laminated timber after its manufacturing is reinforced with composite tapes on the bottom external layer of boards. Reinforcement of panels from cross-laminated timber is offered to carry out tapes from polymers strengthened by carbon fibers pasted along fibers of external layers of boards, by separate calculation [2] (fig. 1). The tapes are glued to the structure as external reinforcement using epoxy glue. Reinforcement of panels from cross-laminated timber by composite tapes allows to increase their bearing capacity, at preservation of the geometrical sizes of cross-sections. The use of cross-laminated timber panels reinforced with composite tapes has no analogues in the world. This design solution allows you to: increase the load-bearing capacity of the panels, reduce the geometric parameters, namely the height of the cross section, perform reinforcement of existing panels of cross-laminated timber with increasing design loads.

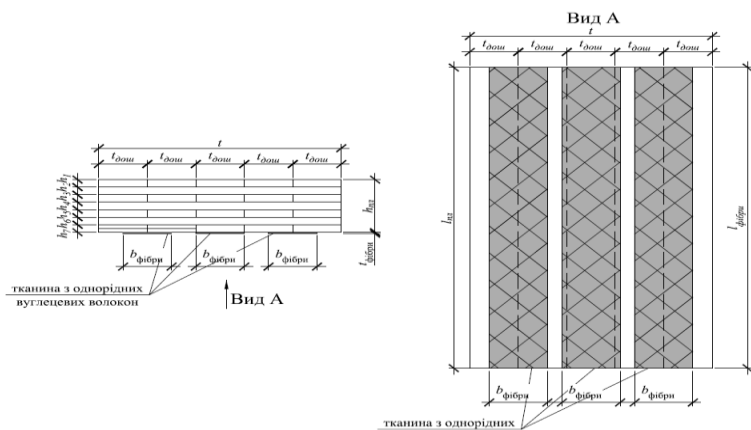


Fig.1. The panel from cross laminated timber is reinforced with composite tapes on the outer layers of the boards.

The obtained research results show that the panel from cross-laminated timber reinforced with composite tapes allows to increase their bearing capacity, to increase deformability and reliability of designs as a whole.

The panel from cross-laminated timber reinforced with composite tapes is a new constructive element that requires further detailed study of the work from the position of stress-strain state and the development of methods for calculating both individual elements working on the bend and entire buildings using their system "foundation-foundation-ground construction".

1. D. V. Mykhailovskiy, M. A. Komar. Ingenerna metodika rozrahunku elementiv z kleanoi derevini, armovanoi kompozitovoi armaturou / Mykhailovskiy D. V., Komar M. A. // Budivelni konstukchii, teoria i praktika №7 KNUBA, 2020. DOI: 10.32347/2522-4182.6.2020.93-100 - S. 93 - 100. – 128 S.
2. D. V. Mykhailovskiy, A. A. Komar. Analiz isnuuchih metodik rozrahunku paneley z perehresno-kleanoi derevini za drugim granichnim stanom / Mykhailovskiy D. V., Komar A. A. // Budivelni konstukchii, teoria i praktika №5 KNUBA, 2019. ISSN: 2522-4182 - S. 24 - 31.

Теоретичні параметри сталевих гофрованих балок оптимальної висоти

Людмила Лавріненко, канд.техн.наук, доцент кафедри металевих і деревних конструкцій

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Показано, що деякі геометричні параметри балки з поперечно гофрованою стінкою можуть бути призначені як оптимальні з урахуванням обмежень за міцністю за нормальними та дотичними напруженнями, стійкістю гофрованої стінки та конструктивними обмеженнями. Для бісиметричного перерізу найпростішим є критерій мінімуму. Класична задача розглянута з урахуванням роботи гофрованої стінки в складі балки. Математична модель побудована як задача мінімізації цільової функції (маси балки) з урахуванням конструктивних коефіцієнтів. Враховані обмеження за міцністю стінки на зріз та втратою стійкості стінки за загальної формою. Розглянуті значення мінімальної висоти балки за умовою неперевикнення допустимого прогину з урахуванням деформацій зсуву тонкої стінки. Уточнені обмеження за деформативністю. Обмеження не є активними та використовуються як такі, що обмежують область розглядуваних параметрів [1]. Отримані залежності, що дозволяють аналізувати оптимальні за висотою балки, виявити області ефективних рішень та встановити раціональні конструктивні рішення покриттів та перекриттів із застосуванням балок з гофрованими стінками. Уточнення впливу конструктивних коефіцієнтів можливе паралельно з аналізом таких конструктивних рішень, що призводять до зменшення цих коефіцієнтів, наприклад, передача навантажень від суміжних конструкцій без включення стінки у роботу [2].

Дослідження уточнює межі застосування тонкостінних гофрованих балок за умов реконструкції будівель із збільшенням навантаження на перекриття з повною заміною перекриття або його підсилення шляхом встановлення додаткових балок, де висувають вимоги. утворення перекриттів пониженої висоти. Досліджується та проходить апробацію

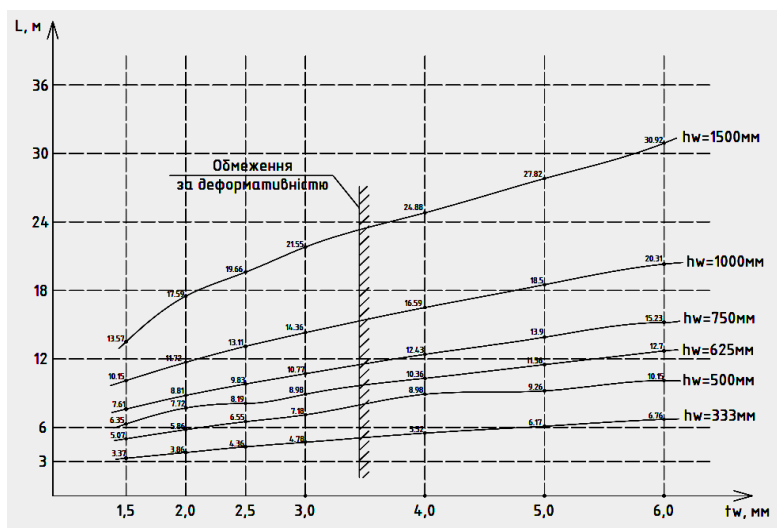


Рис. 1. Теоретичні граничні прольоти гофрованих балок, запроєктованих з оптимальною висотою (лінійне навантаження 16,2 кН/м, область допустимих рішень розміщена нижче відповідної кривої)

1. Лавріненко Л.І., Олійник Д.Ю. Область оптимальних параметрів сталевих гофрованих балок // Будівельні конструкції. Теорія і практика. Вип. 7 (2020) – с.45 – 56. DOI:10.32347/2522-4182.7.2020.45-56
2. Вузол спряження сталевих балок з поперечно гофрованими хвилястими стінками: патент на корисну модель Україна: МРК Е04С 3/07 (2006.01). №120477 / Нілов О.О., Лавріненко Л.І., Семчук І.Ю., Нілова Т.О. – заявл. 01.03.2017; опубл. 10.11.2017, Бюл. № 21. 4 с.
3. Лавріненко Л.І., Зотіна А.С. Ефективні параметри малоелементних шпренгельних ферм із застосуванням двотаврових елементів з гофрованими стінками // Будівельні конструкції. Теорія і практика. Вип. 4 (2019) – с. 56 – 69. DOI: <https://doi.org/10.32347/2522-4182.4.2019>

застосування таких балок в комбінованих конструкціях покриттів [3].

Показані області раціональних рішень. Чисельні дослідження проведені для балкових конструкцій з хвилястою гофрованою стінкою, в якості обмежень проектування використовуються нерівності/рівняння умов забезпечення несучої здатності за ДБН В.2.6-198. Отримані оптимальні значення висоти балки та пов'язані з ними значення параметрів за критерієм мінімуму маси в діапазоні застосовуваних прольотів та навантажень (рис.1).

Theoretical parameters for steel corrugated web beams with optimal height

L. Lavrinenko, candidate of technical Sciences, Associate Professor, Department of Metal and Wooden Structures,

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture

The optimal height of the beams with a given moment of resistance is calculated and the spans for such beams are determined. The task takes into account the features of the actual operation of the corrugated cloth. The mathematical model is considered as the task of minimizing the objective function (beam mass), taking into account design factors. Structural coefficients and their influence on the target function are considered. Both the limitation of the shear strength and the limitation of the overall stability of the wall shape are taken into account. Deflections are determined taking into account the shear deformations of a thin web.

The minimum values of the beam height are considered when the permissible deflection is not exceeded. It is shown that the introduction of the conditions of shear strength and wall stability into the resolving equation indicates the lower limit of the value of the calculated variable. The limitation does not apply in the area of possible solutions. Areas of rational decisions are shown. Numerical studies were carried out for corrugated beam structures. Design requirements according to design standards are used as method constraints. The optimal values of the beam height were obtained according to the criterion of the minimum mass in the range of applied spans and loads.

The effective values of spans and loads for beams with corrugated walls in the range of optimal parameters and technological limitations have been determined [1]. Further research is needed to find design solutions that minimize the values of design factors, taking into account specific effects such as local stress and the actual environment of use [2].

Dependencies are obtained and a simple method is constructed that allows one to analyze the

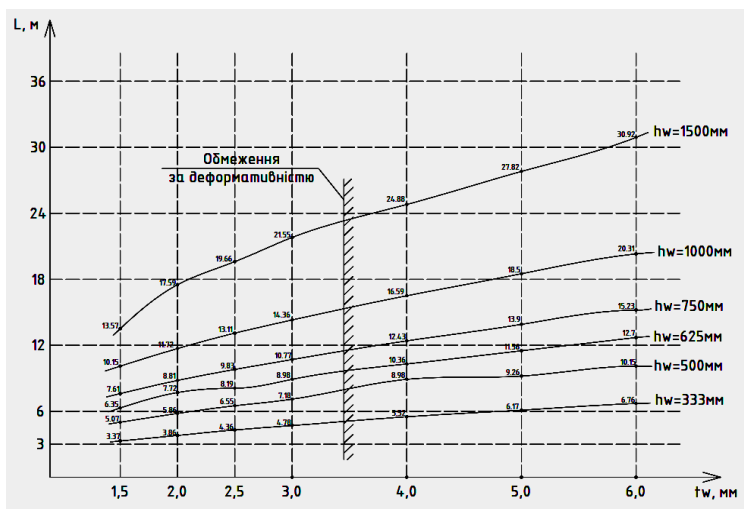


Fig. 1. Theoretical limit spans of corrugated beams designed with optimal height (linear load 16.2 kN / m, the range of permissible solutions is located below the corresponding curve)

optimal parameters of the beam height and effective design parameters. The method makes it possible to establish rational solutions for the planning of coverings and floors made of corrugated board, taking into account the real conditions of operation and reconstruction, providing technological requirements and fire resistance requirements. The possibility of effective use of beams in combined structures is shown [3]. An example of determining the range of optimal parameters is shown; the area of optimal parameters is within the area of stiffness and technological limitations (Fig. 1).

1. L.I. Lavrinenko, D.Yu. Okeynik, "Oblast' optimalnykh parametriv stalevykh hofrovanykh balok", *Budivelni konstruksii. Teoriia i praktyka*, vol. 7, pp.45–56, 2020. DOI:10.32347/2522-4182.7.2020.45-56
2. Vuzol spriazhennia stalevykh balok z poperechno hofrovanymy khylyasty my stinkamy: Patent na korysnu model UA: MPK E04S3/07 (2006.01). №120477 / O.O. Nilov, L.I. Lavrinenko, T.O. Nilova, I.Y. Semchuk – zaiavl. 01.03.2017, publ. 10.11.2017, Biul. no. 21, 4 p., 2017.
3. L.I. Lavrinenko, A.S. Zotina, "Efektyvni parametry maloelementnykh shprengelnykh ferm iz zastosuvanniam dvotavrovnykh elementyv z gofrovanymy stinkamy", *Budivelni konstruksii. Teoriia i praktyka*, vol. 4, pp. 56–59, 2020. doi.org/10.32347/2522-4182.4.2019.56-69.

Особливості багатошарових конструкцій зовнішніх стін

Андрій Мазурак, канд.техн.наук., доцент,

Віталій Кальченко, аспірант кафедри ТОБ,

Оксана Мазурак, канд.техн.наук доцент кафедри екології

Львівський національний аграрний університет (м.Львів)

У зв'язку із зміною нормативних вимог до теплового опору зовнішніх огорожень, в сучасній практиці будівництва використовується велика кількість систем утеплення, які особливо широко застосовуються у багатошарових конструкціях стін. Зрозуміло, що кожна з цих систем має свої переваги та недоліки, і відповідно, раціональну сферу застосування.

В будівельній практиці використовуються такі багатошарові системи огорожень стін: система з суцільною теплоізоляцією без порожнин (утеплення стін за методом скріпленої теплоізоляції та торкретування по шару теплоізоляційного матеріалу); система з захисним декоративним екраном та вентиляційним повітряним прошарком; система «теплих» штукатурок (виконаних мокрим процесом); система з облицюванням цеглою, дрібноштучними елементами та прошарком із утеплювача; система із утеплювача, зміцнена захисними шарами. Конструктивне вирішення стін, в яких шар теплової ізоляції кріпиться до несучої частини стіни за допомогою клейових розчинів та механічних засобів кріплення з нанесенням захисного покриття, чи торкретбетону на шар теплової ізоляції із опорядженням поверхні є найбільш поширеним, проте має ряд обмежень. Як варіант «сухого» виконання, в якому шар теплової ізоляції кріпиться до несучої частини стіни механічно, за рахунок кріпильних елементів каркасу, на який навішуються опоряджувальні елементи з утворенням фіксованого щодо товщини повітряного прошарку, є вдалим конструктивним вирішенням, проте з підвищеною вартістю. Ця конструктивна система дозволяє не лише утеплити фасад висотних будинків у різну пору року, але і застосовувати просто для облицювання і захисту огорожувальних конструкцій, а також надає архітектурну виразність будівлі.

Двостороннє нанесення ефективної теплоізоляційної штукатурки (2х50мм) із облегшених наповнювачів (наприклад, мікросфери) потребує високих технологічних навиків в процесі виконання. Їх можна наносити на круглу, арочну поверхню, виконувати різноманітні декоративні елементи, утеплювати викривлені ділянки фасаду і всередині приміщень. Загалом скорочується матеріаломісткість і вартість самих робіт.

Багатошарова стіна із кам'яних штучних елементів з утеплювачем всередині стіни використовується найчастіше в новому будівництві і належить до традиційних способів зведення. Це в певній мірі можна віднести і до колодязної кладки. Тришарова конструкція стіни із утеплювача зміцненого захисними шарами є МДМ-система, в якій пінополістирольні плити знаходяться в середній зоні, між двома плоскими сітками, які з'єднані діагональними розкосами арматури, захищені з обох боків армованими шарами розчину чи дрібнозернистого бетону і торкретбетону (товщиною по 40-60 мм). В результаті утворюється відносно легка, трьохмірна стержнева система підвищеної жорсткості. Недоліком такої конструкції можна вважати відносно велику вартість панелей та використання мокрих процесів при виконанні робіт. На основі проведених власних експериментальних досліджень пропонуємо конструкцію і технологію влаштування багатошарової стіни із соломи, зміцненої торкретбетоном. Технологія передбачає нанесення армованого торкретбетону на солом'яні тюки, які після набирання міцності будуть виступати в якості компонента захисту поверхні соломи, а також каркасом багатошарової стіни. Запропонована технологія пропонується для сільськогосподарських, виробничих, громадських і цивільних малоповерхових будівель і споруд. Конструкцію стіни із солом'яних блоків, зміцненої торкретом, захищено патентом на корисну модель UA № 83691 U.

1. Мазурак А.В. Сучасні технологічні вирішення при влаштуванні теплоізоляції фасадів / Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Вінниця: УНІВЕРСУМ -Вінниця. 2009. – №2.-с.75-81.

Features of multilayer constructions of external walls

A. Mazurak, candidate of technical Sciences, Associate Professor,
V. Kalchenkoy, postgraduate, Department of Technology and Organization of Construction,
O. Mazurak, candidate of technical Sciences, Associate Professor, Department of Ecology,
Lviv National Agrarian University (Lviv)

Due to the changing regulatory requirements for thermal resistance of external fences, in modern construction practice, a large number of insulation systems are used, which are especially widely used in multilayer wall structures. It is clear that each of these systems has its advantages and disadvantages and, accordingly, a rational scope. The following multilayer wall fencing systems are used in construction practice: system with continuous thermal insulation without cavities (wall insulation by the method of bonded thermal insulation and shotcreting on a layer of thermal insulation material); system with a protective decorative screen and ventilation air layer; system of "warm" plasters (made by wet process); system with brick facing, small-piece elements and a layer of insulation; the system from a heater is strengthened by protective layers. The design of walls in which a layer of thermal insulation is attached to the load-bearing part of the wall by means of adhesive solutions and mechanical fasteners with protective coating or shotcrete on the layer of thermal insulation with surface finishing is the most common, but has a number of limitations. As a variant of "dry" design, in which the layer of thermal insulation is attached to the load-bearing part of the wall mechanically, due to the fastening elements of the frame on which the finishing elements are hung with the formation of a fixed thickness of the air layer, is a successful design solution. This constructive system allows not only to insulate the facade of high-rise buildings at different times of the year, but also to use it simply for cladding and protection of enclosing structures, as well as provides architectural expressiveness of the building.

Bilateral application of effective heat-insulating plaster (2x50 mm) from the facilitated fillers (for example, microspheres) demands high technological skills in the course of performance. They can be applied to a round, arched surface, perform a variety of decorative elements, insulate curved areas of the facade and indoors. In general, the material consumption and cost of the works themselves are reduced.

A multilayer wall made of artificial stone elements with insulation inside the wall is most often used in new construction and belongs to the traditional methods of construction. In a three-layer system to ensure the load-bearing capacity of the wall, the joint work of the layers of structure and thermal resistance, an important role is played by the culture of production, because many works are hidden. This to some extent can be attributed to the well masonry.

The three-layer wall structure of insulation reinforced with protective layers is a MDM system in which expanded polystyrene slabs are in the middle zone, between two flat grids, which are connected by diagonal struts of reinforcement, protected on both sides by reinforced layers of mortar or fine-grained concrete and shotcrete (40-60 mm thick). The result is a relatively light, three-dimensional rod system of high rigidity. The disadvantage of this design can be considered the relatively high cost of panels and the use of wet processes in the performance of works.

Based on the study of experience in construction, operation and our own experimental research, we offer the design and technology of a multilayer wall of straw, reinforced with shotcrete.

The technology involves the application of reinforced shotcrete on straw bales, which after gaining strength will act as a component of protection of the straw surface, as well as the frame of the multilayer wall. In the process of applying shotcrete, straw will play the role of a formwork element of the mixture, and during the operation of the building will be an effective insulation.

The proposed technology is offered for agricultural, industrial, public and civil low-rise buildings and structures. The construction of the wall made of straw blocks, reinforced with shotcrete, is protected by a utility model patent UA № 83691 U.

1. Mazurak A.V. Modern technological solvings when arranging heat insulation fasades/ Modern technologies materials and structures in civil engineering: Vinnitsia: UNIVERSUM.- Vinnytsa, 2009 -№2, -p.75-81.

Технологічні аспекти реконструкції при підсиленні залізобетонних конструкцій композитними матеріалами

Яна Лисюк, магістрантка

Ганна Шпакова, доктор. економ. наук, професор кафедри будівельних технологій

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Під час реконструкції будівель і споруд найбільш популярними способами підсилення конструкцій є збільшення їх поперечного перерізу за рахунок приєднання нових додаткових елементів, застосування затяжок та шпренгелів, які утворюють попереднє напруження в конструкціях, влаштування дублюючих елементів для перерозподілу навантаження і, як слідство, розвантаження конструкцій.

Традиційно для підсилення вертикальних конструкцій – колон використовуються додаткові елементи: обойми (залізобетонні або сталеві), двосторонні або односторонні розпірки, тощо. Проте такі рішення мають ряд недоліків: зменшується внутрішня геометрія будівлі, збільшується вага конструкцій після реконструкції, тощо [1]. В таких умовах область застосування запропонованих проєктів буде обмежена. Слід відзначити і технологічні недоліки, пов'язані зі значною трудомісткістю робіт в складних стиснених (обмежених в просторі) умовах із залученням як високовартісного обладнання, так і додаткових висококваліфікованих фахівців [2].

Більш ефективним інноваційним методом підсилення колон є спосіб посилення за допомогою композитного матеріалу – вуглеволокна, оскільки ґрунтується на обмеженні поперечного деформування елемента через високу міцність на розтягнення матеріалу волокна. На відміну від сталі, що створює постійний радіальний тиск на підсилюваний елемент після досягнення пластичності, вуглеволокно пружно деформується аж до руйнування і надає зростаючий пасивний радіальний тиск на бетон, що знаходиться під осьовим навантаженням (рис. 1).

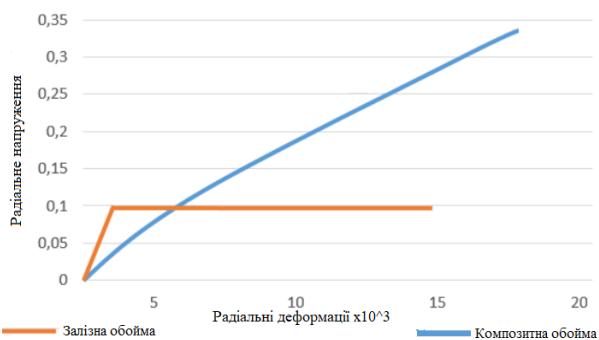


Рис. 1. Порівняльний графік деформування при підсиленні обоймами з різних матеріалів.



Рис. 2. Фрагмент виконання робіт з підсилення колон вуглеволокном

З точки зору технологічних переваг виокремлюються наступні: відсутність потреби в складному технічному обладнанні (машини та механізми); роботи не потребують спеціальної (вузької) кваліфікації, оскільки за технологічними операціями відповідають процесу влаштування рулонної наклеюваної гідроізоляції (рис. 2); мають широкий спектр застосування - відсутність розмірних обмежень за довжиною до 250 м. Все це призводить в свою чергу до зменшення тривалості виконання робіт і спрощення вимог до матеріально-технічної бази та чисельно-кваліфікаційного складу виконавців.

1. О.І. Валовой. Эффективные методы реконструкции промышленных зданий та инженерных сооружений. – Кривий Ріг: Мінерал, 2003. – 270 с.
2. Молодед, А. С. Экспериментальные исследования технологии усиления железобетонных колонн углеродными волокнами / А. С. Молодед // Наука и техника. 2020. Т. 19, № 5. С. 395–399. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-5-395-399>.

Technological aspects of reconstruction when reinforcing reinforced concrete structures with composite materials

Yana Lysyuk, master

Hanna Shpakova, Doctor (Econ.), Professor of the Department of Building Technologies

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kyiv)

During the reconstruction of buildings and structures, the most popular ways to strengthen structures are to increase their cross-section by attaching new additional elements, the use of puffs and trusses that form pre-stress in structures, the device of duplicating elements to redistribute the load and, as a result, to unload structures.

Traditionally, to strengthen vertical elements - columns, additional structures are used: clips (reinforced concrete or steel), double-sided or one-sided struts, and the like. However, such solutions have a number of disadvantages: the internal geometry of the building decreases, the weight of structures increases after reconstruction, etc. [one]. In such conditions, the scope of the proposed projects will be limited. It should be noted and technological shortcomings associated with the significant laboriousness of work in difficult cramped (limited in space) conditions with the involvement of both expensive equipment and additional highly qualified specialists [2].

A more effective innovative method of reinforcing columns is a method of reinforcement using a composite material - carbon fiber, since it is based on limiting the lateral deformation of the element due to the high tensile strength of the fiber material. Unlike steel, which creates constant radial pressure on the element being reinforced after plasticity has been achieved, carbon fiber deforms elastically until fracture and gives an increasing passive radial pressure on concrete under axial load (Fig. 1).

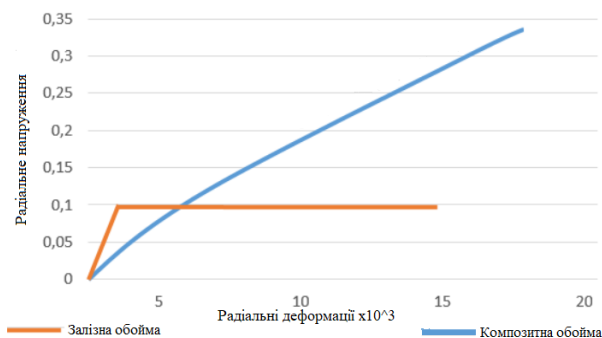


Fig. 1. Comparative graph of deformation when reinforced with clips of different



Fig. 2. Fragment of work on the reinforcement of columns with

From the point of view of technological advantages, the following stand out: no need for complex technical equipment (machines and mechanisms); the work does not require special (narrow) qualifications, since in terms of the composition of technological operations they correspond to the process of installing roll-on glued waterproofing (Fig. 2); have a wide range of applications - there are no dimensional restrictions on the length of up to 250 m. All this, in turn, leads to a decrease in the duration of work and simplification of the requirements for the material and technical base and the number of qualifications of the performers.

1. O.I. Valovoy. *Efektivni melody rekonstrucii promuslovuch budivel ta ingenemuch sporud*. Krivuy Rig 2003 y. st.5.

2. Molodid O. S. (2020) Experimental Research of Technology for Strengthening Reinforced Concrete Columns with Carbon Fibers. *Science and Technique*. 19 (5), 395–399. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-5-395-399> (in Russian).

Перспективи наукових досліджень з можливістю використання бішофіту для будівельних матеріалів.

Наталія Журавська, канд.техн.наук, доцент кафедри охорона праці та навколишнього середовища.

Київський національний університет будівництва та архітектури, (м.Київ).

Старіння і біопшкодження матеріалів і конструкцій при експлуатації будівель та споруд, в тому числі спеціального призначення, може ускладнювати період їх використання, аж до повної її неможливості [1]. Це пов'язане з корозією матеріалів, найчастіше багаторазово збільшуючи її швидкість і ступінь пошкодження споруд. Всі ці процеси об'єднує те, що біопшкодження виникають як наслідок еколого-технологічних факторів, типових для кожного водного середовища, в тому числі.

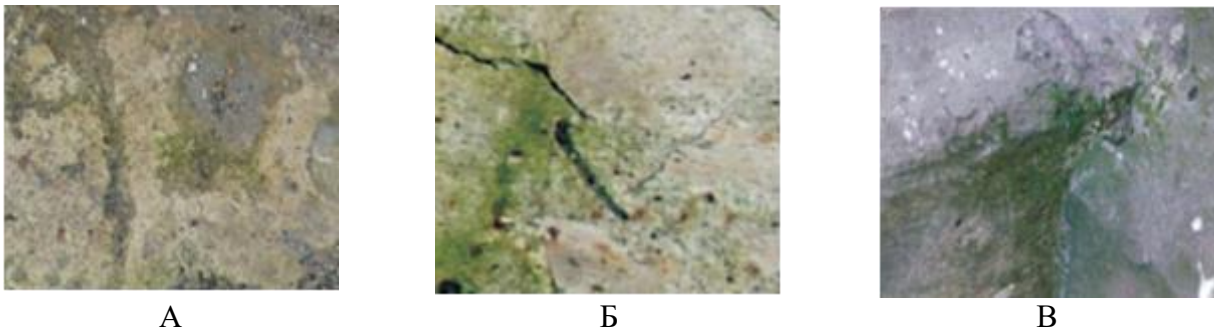


Рис. 1. Біообростання бетонних поверхонь: А, Б - видалення верхнього шару; В - розтріскування залізобетонної плити

Втрати від корозії і біопшкодження за деякими даними перевищують десятки млрд. доларів США в рік [2], способи захисту і боротьби з ними актуальні ще з початку ХХ ст. В цей період було розпочато пошук захисту матеріалів і сировини, технічних пристроїв та споруд від біообростання. Боротьба з біопшкодженнями обумовлено: скороченням запасів природних ресурсів; зростанням виробництва, споживання різних матеріалів і виробів, зниженням часу (строків) експлуатації; необхідністю економії дефіцитних матеріалів.

Метою роботи є: класифікація існуючих методів захисту від біопшкоджень напряму з властивостями об'єкту та його використання (технічного призначення), від природи живого організму, від екоотоксикологічної дії на біоценози (селективне використання засобів захисту в залежності від таксономічного положення виду). Були вирішені задачі: аналіз даних науково-технічної літератури, де найбільш широко використовуються методи: механічний; хімічний; фізико-хімічний; фізичний тощо. Ця класифікація умовна, тому що більшість методів захисту використовуються для різних груп матеріалів. Засоби захисту від біообростання, біоциди, різні, які застосовують для захисту технічних матеріалів (будівельні матеріали, масло-емульсійні матеріали, каналізаційні труби тощо) неможливо застосовувати для захисту внутрішньої поверхні водопровідних труб, у кожному випадку при виборі методів захисту враховують фізико-хімічні властивості матеріалу, сам технологічний процес, де цей матеріал використовують.

У лабораторії університету були виготовлені дослідні зразки з бішофітом, з якими проводився порівняльний аналіз в лабораторії Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України. Експеримент підтвердив ефективність використання запропонованого матеріалу, перспективність випробувань по захисту матеріалів та споруд від біопшкоджень. В подальшому заплановано серії експериментів в цьому напрямку.

1. Мананков А.В. Биокоррозия силикатных материалов / А.В. Мананков // Экология и промышленное производство, 2007, № 1. - 16-22 с.
2. Усачев И.Н. Борьба с обрастанием на электростанциях / И.Н. Усачев, А.Р. Якубенко. – Гидротехн. стр-во, 2002, № 7. - с. 16-21.

Prospects for research with the possibility of using bischofite for building materials.

Natalia Zhuravska, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Labor Protection and Environment.

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, (Kyiv, Ukraine).

Aging and biodamage of materials and structures during the operation of buildings and structures, including special purposes, can complicate the period of their use, up to its complete impossibility [1]. This is due to corrosion of materials, often increasing its speed and the degree of damage to structures. All these processes are united by the fact that bio-damage occurs as a result of environmental and technological factors typical of each aquatic environment, including.

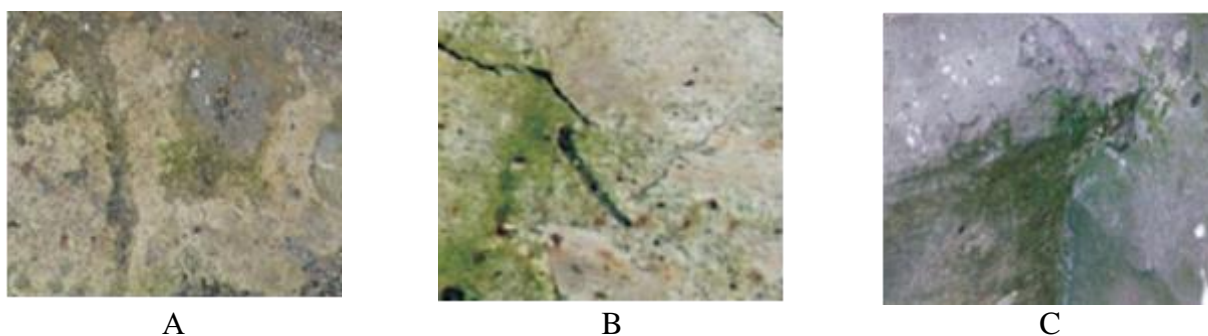


Fig. 1. Biofouling of concrete surfaces: A, Б - removal of the top layer; B - cracking of the reinforced concrete slab

Losses from corrosion and biodamage according to some data exceed tens of billions of Udollars a year [2], methods of protection and combating them are relevant since the early twentieth century. During this period, the search for protection of materials and raw materials, technical devices and structures from biofouling was started. Control of bio-damage is due to the following: reduction of natural resources; growth of production and consumption of various materials and products from them; reduction of time (terms) of operation of materials and technical products; the need to save many scarce materials.

The aim of the work is: classification of existing methods of protection against bio damage directly with the properties of the object and its use (technical purpose), from the nature of the living organism, from eco toxicological action on biocenoses (selective use of protection depending on the taxonomic position of the species). Tasks were solved for this purpose: analysis of data of scientific and technical literature, where the following methods are most widely used: mechanical; chemical; physico-chemical; physical, etc. This classification is conditional because most protection methods are used for different groups of materials. Means of protection against biofouling, biocides, various used to protect technical materials (building materials, oil-emulsion materials, sewer pipes, etc.) cannot be used to protect the inner surface of water pipes, in each case when choosing protection methods take into account the physicochemical properties of the material, the technological process itself, where this material is used.

In the laboratory of the university were made prototypes with bischofite, with which a comparative analysis was conducted in the laboratory of the Institute of Microbiology and Virology. D.K. Zabolotny NAS of Ukraine. The experiment confirmed the effectiveness of the proposed material, the viability of tests to protect materials and structures from bio-damage. A series of experiments in this direction is planned in the future.

1. Manankov A.V. Byokorrozyia sylykatnykh materyalov / A.V. Manankov // Экологія у промисленое проyzvodstvo, 2007, № 1. - 16-22 s.
2. Usachev Y.N. Borba s obrastanyem na elektrostantsyiakh / Y.N. Usachev, A.R. Yakubenko. – Hydrotekhn. strovo, 2002, № 7. - s. 16-21.

Геодезичний моніторинг деформацій конструкцій огороження котловану та перекриттів при розробці котловану методом «up down»

Михайло Яковенко, аспірант, кафедри геоінформатики і фотограмметрії,

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ).

Мета дослідження – визначення змін геометричних параметрів конструкцій огороження та перекриття котловану при заборі ґрунту методом up down на відмітку -11,800 м. Термін геодезичного моніторингу тривав 1 рік протягом 2018-2019 років.

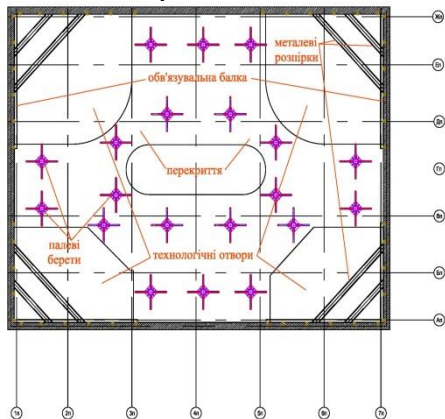


Рис.1 – Ситуаційна схема розташування системи огорожувальних конструкцій

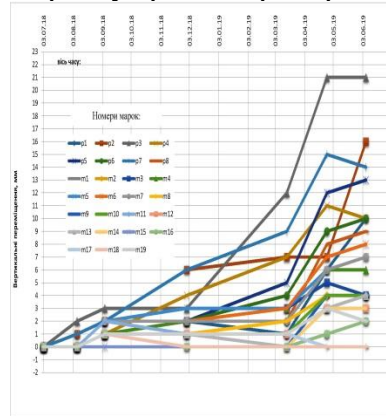


Рис.2 – Графік розвитку в часі вертикальних переміщень (підйому)

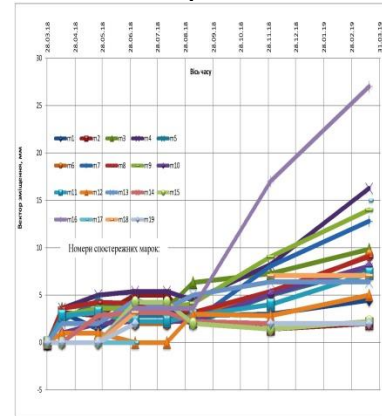


Рис.3 - Графік розвитку в часі величини вектора горизонтальних зміщень

Вимірювання проводилися класичними методами моніторингу деформацій, а саме: моніторинг вертикальних переміщень виконувався за допомогою геометричного нівелювання II класу, моніторинг горизонтальних переміщень виконувався за допомогою три штативної полігонометрії IV класу. Переваги та недоліки даних методів приведено у публікаціях [1-2].

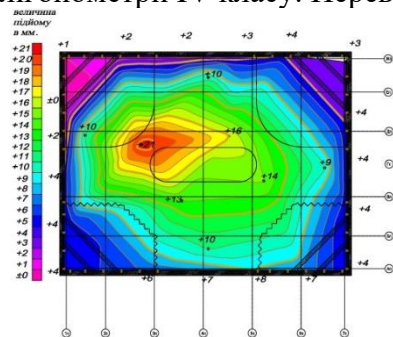


Рис.4 – Ізополя деформованого стану перекриття та об'язувальної балки

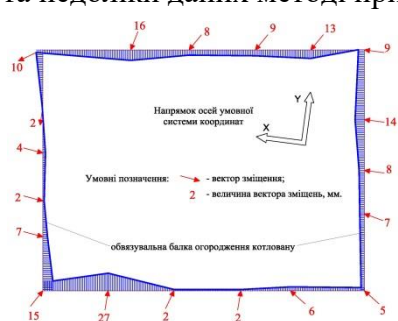


Рис.5 – Епюри горизонтальних переміщень що відбулися при підйомі

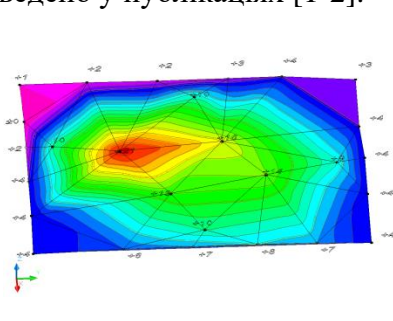


Рис.6 – Графічна 3D модель деформованого стану перекриття та балки

За результатами нівелювання на протязі 1 року було зафіксовано підйом перекриття до 21 мм, підйом об'язувальної балки до 8 мм (рис.2). За результатами побудовано ізолінії через 1 мм (рис. 4). За результатами полігонометрії зафіксовано до 27 мм горизонтальних переміщень, переміщення зосередженні переважно в напрямку котловану (рис. 5). Основних деформацій зазнала плита перекриття між цокольным та -1 поверхом. Перекриття між -1 та -4 зазнали менших деформацій, оскільки влаштовувалися по мірі забору ґрунту.

Зазначені деформації ймовірно викликані стрімким розвантаженням ґрунту при ескавації ґрунту, що знаходиться в котловані.

1. Yakovenko, M., & Nesterenko, E. (2019). Огляд видів геодезичного моніторингу деформацій будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах. Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування, (55), 341–350. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2019.55.341-350>
2. Yakovenko, M., & Nesterenko, E. (2020). Аналіз методів геодезичного моніторингу деформацій інженерних споруд та зсувних процесів ґрунтових масивів. Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування, (56), 345–363. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.56.345-363>

Geodetic monitoring of deformations of pit fence structures and floors during pit development «up down» method

M. Yakovenko, PhD student Department of Geoinformatics and Photogrammetry

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv.

The purpose of the study is to determine the changes in the geometric parameters of the structures of the fence and the floor of the pit during soil sampling by the method of "up down" at -11,800 m. The term of geodetic monitoring lasted 1 year during 2018-2019.

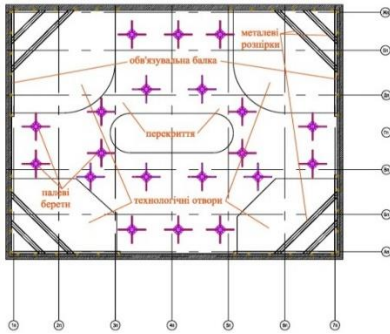


Fig.1 – Situational diagram of the location of the system of enclosing structures

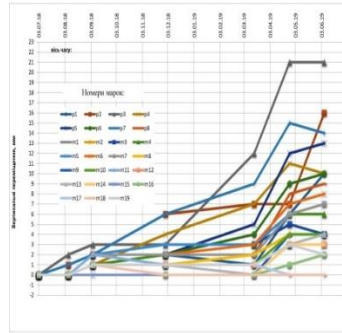


Fig.2 – Schedule of development in time of vertical movements (rise)

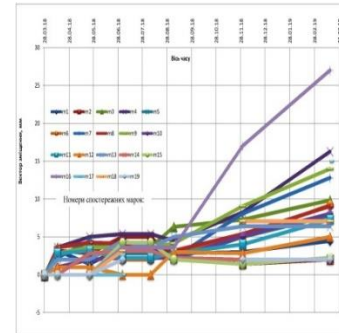


Fig.3 - Graph of development in time of the magnitude of the vector of horizontal displacements

Measurements were performed by classical methods of deformation monitoring, namely: monitoring of vertical displacements was performed using geometric leveling of class II, monitoring of horizontal displacements was performed using three-post polygonometry of IV class. The advantages and disadvantages of this method are given in publications [1-2].

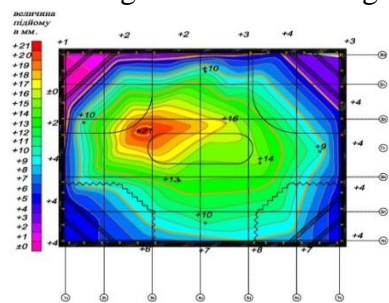


Fig.4 – Isopoly of the deformed state of the floor and the binding beam



Fig.5 – Curve of horizontal movements that occurred during lifting

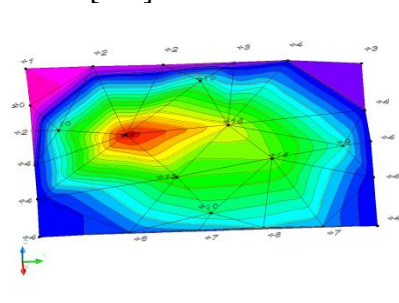


Fig.6 – Graphic 3D model of the deformed state of the floor and beams

According to the results of leveling for 1 year, the rise of the floor to 21 mm, the rise of the binding beam to 8 mm was recorded (Fig. 2). According to the results, isolines of 1 mm were constructed (Fig. 4). According to the results of polygonometry, up to 27 mm of horizontal displacements were recorded, the displacements are concentrated mainly in the direction of the pit (Fig. 5). The main deformations were recorded on the floor slab between the basement and -1 floor. The floor between -1 and -4 underwent less deformation, as they were arranged as the soil was taken.

These deformations are probably caused by the rapid unloading of the soil during the excavation of the soil in the pit.

1. Yakovenko, M., & Nesterenko, E. (2019). Review of types of geodesic monitoring of deformations of buildings and structures under difficult engineering-geological conditions. *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, (55), 341–350. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2019.55.341-350>
2. Yakovenko, M., & Nesterenko, E. (2020). Analysis of methods of geodetic monitoring of deformations of engineering structures and landslide processes of soil mass. *Current Problems of Architecture and Urban Planning*, (56), 345–363. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.56.345-363>

Аспекти управління змінами при реалізації біоміметичних будівельних проєктів

Андрій Шпаков, канд. техн. наук, доцент кафедри менеджменту в будівництві

Ганна Шпакова, доктор. економ. наук, професор кафедри будівельних технологій

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Біомімікрія – це термін, який ввела до інженерного лексикону Джанін Бенюс у своїй книзі «Біомімікрія – інновації, натхненні природою». В архітектурі він означає наслідування живих організмів для вирішення проблем проєктування та будівництва. Прикладна біомімікрія може бути використана в напрямку імітації природних форм для створення легких конструкцій, імітація матеріалами процесів фотосинтезу для захоплення сонячної енергії та створення будівельних систем, які імітують гомеостаз в організмах – дихаючі будівельні стіни, що регулюють параметри внутрішнього середовища будівлі [1].

Найяскравішими прикладами біоміметичних споруд є храм Саграда Фамілія А.Гауді (рис. 1), британська мерія «корнішон» Н.Фостера (рис. 2), театр Еспланада DP Architects (рис. 3), які своїми незвичними формами та експлуатаційними властивостями завдячують природним прототипам – лісу, огірку та дуріану.



Рис. 1. Храм Святого Сімейства в Барселоні.



Рис. 2. Хмарочос Мері-Екс в Лондоні.



Рис. 3. Театр Еспланада в Сінгапурі.

Немає сумнівів, що такі об'єкти є туристичною принадою будь-якого міста, проте реалізація проєктів такого класу пов'язана з низкою складностей. В першу чергу це математичне моделювання на етапі архітектурного проєктування, яке спрямоване на багатоваріантність початкових рішень. По-друге, розробка цифрових моделей, які враховують вплив як окремих факторів, так і їх груп, функціональний і природно-кліматичні цикли для окремої будівлі або фрагмента просторового середовища, що можуть використати значну частину часу та ресурсів, виділених для реалізації всього проєкту. По-третє, зведення унікальних об'єктів найчастіше потребує й унікальних технологій. Фактично в інвестиційному проєкті весь час враховується збільшуючий «коефіцієнт унікальності». Баланс між перспективною привабливістю та початковими фінансовими витратами для девелоперської компанії полягатиме в ітерації експлуатаційних витрат до мінімальних позначок, зокрема за рахунок застосування різних біоміметичних технологій в проєктуванні, зведенні та експлуатації будівель і споруд [2].

В діяльності девелоперських компаній ключовим аспектом їх розвитку, а інколи і виживання, стає впровадження стратегії адаптації до імперативів сталого розвитку, спрямованої на складні та комплексні процеси формування нових компетентностей в усіх залучених до проєкту учасників, формування систем оцінки еколого-економічних ефектів нових будівельних технологій протягом всього життєвого циклу девелоперського проєкту.

1. С.О. Aigbavboa, О.А. Oguntona. Promoting biomimetic materials for a sustainable construction industry (2016). Bioinspired Biomimetic and Nanobiomaterials, 6(3):1-1. DOI: 10.1680/jbibn.16.00014.
2. Г. В. Шпакова. Еколого-економічний механізм розвитку біосферосумісного будівництва в Україні: теорія, методологія, практика: Монографія – К. : Видавничий дім «АртЕк», 2019. – 340 с.

Aspects of change management in the implementation of biomimetic construction projects

A. Shpakov, Candidate of Sciences (Techn.), Associate Professor of the Department of Management in Construction

H. Shpakova, Doctor (Econ.), Professor of the Department of Building Technologies

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kyiv)

Biomimicry is a term coined into the engineering lexicon by Janine Benus in her book «Biomimicry – innovation inspired by nature». In architecture, it means imitating living organisms to solve design and construction problems. Applied biomimicry can be used to simulate natural forms to create lightweight structures, imitate photosynthesis processes with materials to capture solar energy and create building systems that simulate homeostasis in organisms – breathing building walls that regulate the parameters of the internal environment of a building [1].

The most striking examples of biomimetic structures are the Sagrada Familia A. Gaudi (Fig. 1), the British City Hall «Gherkin» N. Foster (Fig. 2), the Esplanade DP Architects (Fig. 3), which owe their unusual shapes and performance properties natural prototypes – forest, cucumber and durian.



Fig. 1. Temple of the Sagrada Familia in Barcelona.



Fig. 2. Skyscraper Mary Axe in London.



Fig. 3. Theater Esplanade in Singapore.

There is no doubt that such objects are tourist attractions of any city, however, the implementation of projects of this class is associated with a number of difficulties. First of all, this is mathematical modeling at the stage of architectural design, which is aimed at the multivariance of initial solutions. Secondly, the development of digital models that take into account the influence of both individual factors and their groups, functional and natural-climatic cycles for a separate building or a fragment of the spatial environment, which can use a significant part of the time and resources allocated for the implementation of the entire project. Thirdly, the construction of unique facilities often requires unique technologies. In fact, an increasing "uniqueness coefficient" is always taken into account in an investment project. The balance between promising attractiveness and initial financial costs for a development company will be to iterate operating costs to minimum levels, in particular through the use of various biomimetic technologies in the design, construction and operation of buildings and structures [2].

In the activities of development companies, a key aspect of their development, and sometimes survival, is the introduction of an adaptation strategy to the imperatives of sustainable development, aimed at complex and complex processes of forming new competencies among all participants involved in the project, the formation of systems for assessing the environmental and economic effects of new construction technologies in throughout the life cycle of a development project.

1. C.O. Aigbavboa, O.A. Oguntona. Promoting biomimetic materials for a sustainable construction industry (2016). *Bioinspired Biomimetic and Nanobiomaterials*, 6(3):1-1. DOI: 10.1680/jbibn.16.00014.
2. H. V. Shpakova. *Ekologo-ekonomichnij mekhanizm rozvitku biosferosumisnogo budivnicztva v Ukraini: teoriya, metodologiya, praktika: Monografiya – K. : Vidavnicij dim «ArtEk», 2019. – 340 s.*

Врахування реальних деформацій фундаментних конструкцій висотного будинку при числовому моделюванні його взаємодії з ґрунтовою основою

Віктор Носенко, канд.техн.наук, доцент кафедри геотехніки
Остан Кашоїда, аспірант кафедри геотехніки

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження – моделювання зміни напружено-деформованого стану системи «основа – фундаменти – надземні конструкції» в процесі будівництва при врахуванні реальних деформацій фундаментних конструкцій. Загальний вигляд розрахункової моделі і деформації ростверку наведено на рис. 1 та 2.

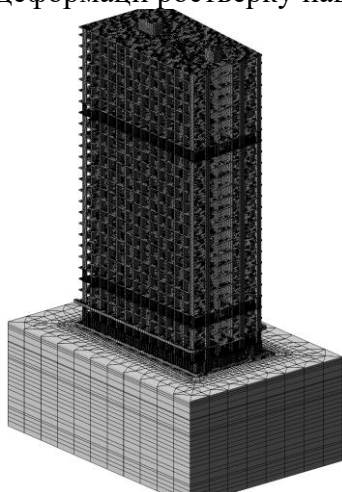


Рис. 1 – Загальний вигляд розрахункової моделі

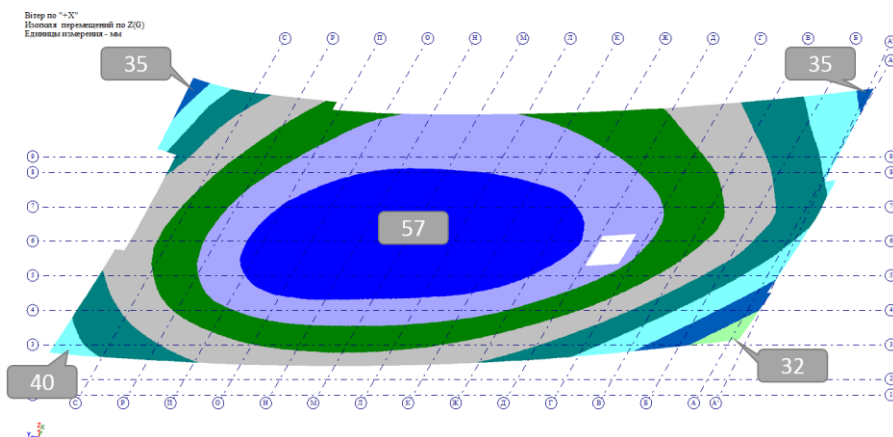


Рис. 2 – Деформована плита ростверку

Дослідження виконано на прикладі реального об'єкту: монолітно-каркасного 25-ти поверхового житлового будинку в м. Києві, що запроектовано на пальовому фундаменті із буроін'єкційних паль діаметром 820мм та довжиною 21м, які об'єднані монолітним залізобетонним ростверком висотою 1м. Ґрунти основи – алювіальні піски. Розрахункова модель включає в себе фізично-нелінійні елементи залізобетонних конструкцій та пружні об'ємні скінченні елементи якими моделюється основа.

Основний акцент дослідження присвячений врахуванню реальних деформацій фундаментної плити, що були заміряні точними геодезичними методами та ідентифікації розрахункових параметрів ґрунтового середовища, щоб при заданому рівні навантажень розрахункові деформації наближувалися до реально визначених.

Для оцінки достатності армування було застосовано скінченні елементи, що описують процес фізично-нелінійного деформування залізобетону та враховано реальне армування конструкцій з використанням інструментарію типу заданого армування (ТЗА), що реалізовані в ПК «Ліра-САПР». Найбільші деформації ростверку спостерігались у середній частині (в межах ядер жорсткості) і складали близько 50...57мм. Наближаючись до країв (периферії) деформації зменшувались до 30...37мм.

Такий підхід дозволяє проектувальнику прогнозувати роботу конструкцій із урахуванням появи тріщин, їх глибини, ширини розкриття та відстані між ними, що в свою чергу дозволяє ефективно підібрати армування конструкції.

1. Носенко В.С., Кашоїда О.О. Числове моделювання напружено-деформованого стану пальового фундаменту будинку з використанням різних моделей ґрунтової основи / В.С. Носенко, О.О. Кашоїда // Науково-технічний збірник «Основи та фундаменти» КНУБА. – 2019. – Вип. 38. – С. 34-43.

2. Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций / А.С. Городецкий, И. Д. Евзеров//Київ: ФАКТ – 2007 – 392с.

Taking into account the real deformations of the foundation structures of a high-rise building in the numerical modeling of its interaction with the base

V. Nosenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Geotechnics

O. Kashoida, PhD student, Department of Geotechnics

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

The purpose of the research is to simulate the change in the stress-strain state of the system "base - foundation - superstructures" during the construction process, taking into account the real deformations of the foundation structures. The general view of the design model and the deformation of the raft are shown in Fig. 1 and Fig. 2.

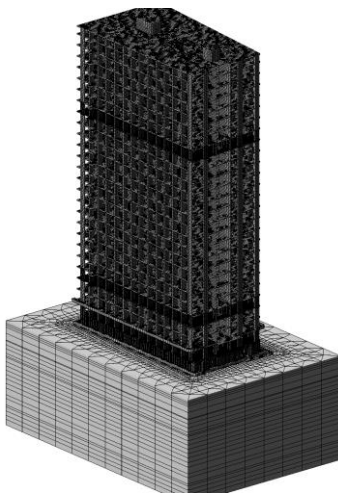


Fig. 1 - General view of the design model

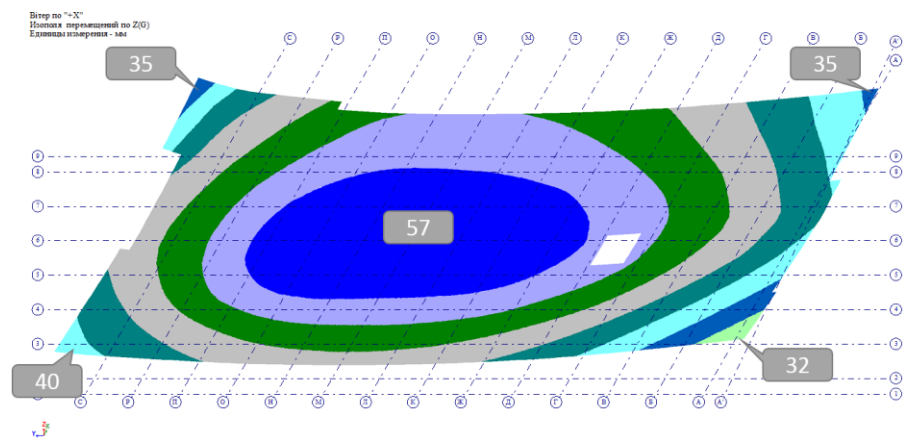


Fig. 2 - The raft plate is deformed

The research was carried out on the example of a real object: a monolithic-frame 25-storey building in Kyiv, which is designed on a pile foundation with bored piles with a diameter of 820mm and a length of 21m, united by a monolithic reinforced concrete raft 1m high. Base soils are alluvial sands. The design model includes physically nonlinear elements of reinforced concrete structures and elastic volumetric finite elements with which the base is modeled.

The main focus of the research is devoted to taking into account the real deformations of the foundation slab, which were measured by accurate geodetic methods and identifying the calculated parameters of the soil environment, so that, at a given level of loads, the calculated deformations approach the actually determined ones.

To assess the sufficiency of reinforcement, finite elements were used that describe the process of physically nonlinear deformation of reinforced concrete and the real reinforcement of structures was taken into account using tools such as a types of specific reinforcement, implemented in the Lira-SAPR software package. The greatest deformations of the raft were observed in the middle part (within the stiffness cores) and amounted to about 50...57 mm. Approaching the corner (periphery), the deformations decreased to 30...37 mm.

This approach allows the designer to predict the operation of structures, taking into account the appearance of cracks, their depth, opening width and the distance between them, which in turn makes it possible to effectively select the reinforcement of the structure.

1. Nosenko V.S., Kashoida A.A. Chyslove modeliuвання napruzhenno-deformovanoho stanu palovoho fundamentu budynku z vykorystanniam riznykh modelei gruntovoi osnovy/ V.S. Nosenko, A.A. Kashoida // Scientific and technical journal "Bases and foundations" of KNUCA. - 2019. - Issue. 38. -- S. 34-43.

2. Gorodetsky A.S. Kompiuterni modeli konstruktiv / A.S. Gorodetsky, I. D. Evzerov // Kyiv: FACT - 2007 - 392p.

Зміна напружень у залізобетонних фундаментах зерносушильних комплексів при врахуванні параметрів ґрунтів

Василь Підлуцький, канд.техн.наук, доцент кафедри геотехніки
Олександр Литвин, асистент кафедри геотехніки

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження – дослідити формування напружено-деформованого стану (НДС) у фундаментних конструкціях зерносушильних комплексів при зміні параметрів ґрунтів за допомогою числового моделювання.

Дослідження виконано на прикладі реального об'єкту: металевий зерносушильний комплекс (силос) діаметром 22,0 м та вагою 600 кН, який вміщує зерно вагою до 50 000 кН. Для створення умов зберігання зерна передбачено аероднище товщиною 500 мм з вентиляційними каналами для подачі повітря. Для обслуговування силосу та розвантаження зерна проектом передбачено по центру силосу галерею висотою 1,8 м та шириною 1,6 м. Фундаментом для даного силосу обрано залізобетонну фундаментну плиту товщиною 500 мм на пальному фундаменті. Палі виконано за буроін'єкційною технологією діаметром 620 мм довжиною 8,0 м; кількість палей 180 шт. Ґрунти ділянки дослідження: глинисті ґрунти твердої та напівтвердої консистенції лесоподібні, просідаючі. В основі палей залягають супіски тверді. Розрахункова модель включає в себе всі елементи силосу та фундаментів, навантаження від силосу прикладене як лінійно-розподілене по периметру, а від зерна - як рівномірно-розподілене. Ґрунтова основа задавалася як суцільне батошарове об'ємне середовище.

Загальний вигляд зерносушильних комплексів та їх фундаментів наведено на рис. 1 та рис. 2 відповідно.



Рис. 1 – Загальний вигляд зерносушильних комплексів

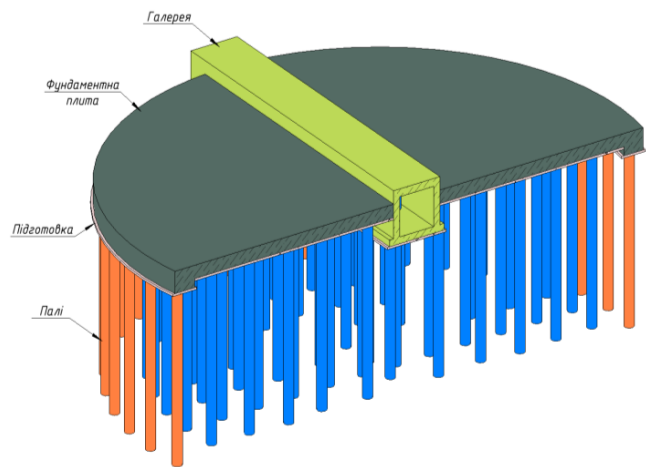


Рис. 2 – Загальний вид фундаментів зерносушильного комплексу

Результати розрахунків показали, що при врахуванні різних параметрів ґрунтів, які отримані на основі лабораторних та польових досліджень (зондуванням), одержано принципово різні НДС у фундаментній плиті. Армування нижньої зони плити відрізнялося вдвічі: при модулі деформації ґрунту основи 18 МПа (лабораторний метод визначення) – площа арматури становила 18...20 см², а при модулі деформації 32 МПа (за даними зондування) – площа арматури становила 7,2...9,8 см². Переміщення плити при цьому склали відповідно 45...50 мм та 16...22 мм. Конструкція галереї спрацювала як ферма (балка Віренделя): низ розтягнений пояс, верх стиснутий.

1. Бартоломей А.А. Прогноз осадок свайних фундаментов [под ред. А.А. Бартоломея] / А.А.Бартоломей, И.М.Омельчак, Б.С.Юшков. – М.: Стройиздат, 1994. – 384 с.
2. Бойко І.П. Особливості взаємодії палючих фундаментів під висотними будинками з їх основою / І.П.Бойко // Основи і фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.: КНУБА. – 2006. – Вип. 30. – С. 3-8с.

Change stresses in reinforced concrete foundations grain drying systems taking into account parameters of soils

V. Pidlutskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Geotechnics

O. Lytvyn, assistant of the Department of Geotechnics

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

The purpose of the study - to investigate the formation of stress-strain state (SSS) in the foundation structures of grain dryers when changing soil parameters using numerical simulations.

The research was performed on the example of a real object: a metal grain drying complex (silo) with a diameter of 22.0 m and a weight of 600 kN, which contains grain weighing up to 50,000 kN. To create conditions for grain storage, an airfield 500 mm thick with ventilation ducts for air supply is provided. For the maintenance of the silo and unloading of grain, the project envisages a gallery 1.8 m high and 1.6 m wide in the center of the silo. The foundation for this silo is a reinforced concrete foundation slab 500 mm thick on a pile foundation. Piles are made by drilling injection technology with a diameter of 620 mm and a length of 8.0 m; number of piles 180 pcs. Soils of the study area: clay soils of solid and semi-solid consistency are subsidence. At the base of the piles are solid sandstones. The design model includes all elements of silage and foundations, the load from the silage is applied as linearly distributed around the perimeter, and from the grain - as evenly distributed. The soil base was defined as a continuous three-layer volumetric medium.

The general view of grain drying complexes and their foundations is shown in Fig. 1 and Fig. 2 respectively.



Fig. 1 – General view of grain drying complexes

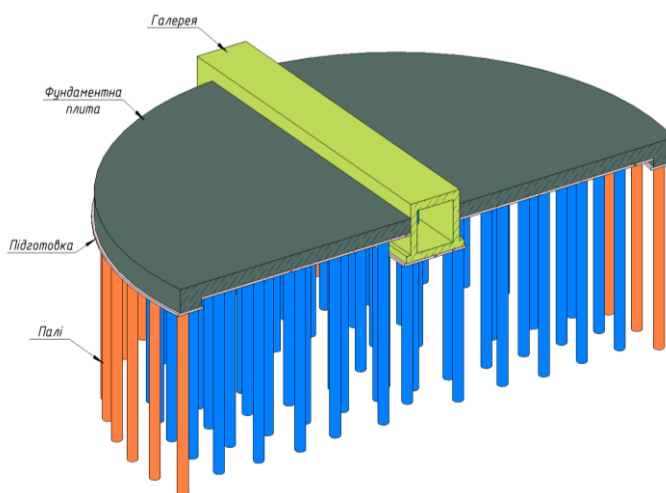


Fig. 2 – General view of the foundations of the grain drying complex

The results of calculations showed that taking into account the different parameters of soils, which were obtained on the basis of laboratory and field studies (probing), fundamentally different SSS was obtained in the foundation slab. Reinforcement of the lower zone of the slab differed twice: with the module of soil deformation of the base 18 MPa (laboratory method of determination) - the area of reinforcement was 18... 20 cm², and with the module of deformation 32 MPa (according to probing) - the area of reinforcement was 7.2... 9.8 cm². The displacement of the plate was 45... 50 mm and 16... 22 mm, respectively. The design of the gallery worked as a farm (Virendel beam): the bottom is stretched belt, the top is compressed

1. Bartolomey A.A., Omelchak I.M., Yushkov B.S. (1994). Prognoz osadok svaynykh fundamentov [Forecast sediment pile foundation]. Moskva: Strojizdat, 384.

2. Boyko I.P. (2006). Osoblyvosti vzaiemodii palovykh fundamentiv pid vysotnymy budynkamy z yikh osnovoiu [Features of the interaction of pile foundations under high-rise buildings with their foundation]. Osnovu i fundamente: Mizhvidomchyj naukovy-tekhnichnyj zbirnyk. Kyiv: KNUBA, 30, 3-8.

Напружено-деформований стан несучих конструкцій цегляної будівлі з сталевібробетонними плитами перекриття

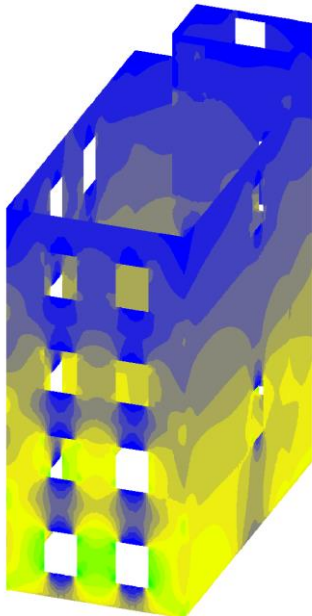
Олег Скорук, асистент кафедри залізобетонних і кам'яних конструкцій

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Задачі, що вирішувалися в процесі виконання чисельного дослідження

1. Побудова скінчено-елементної моделі будівлі.
2. Збір статичних навантажень та навантажень від маси обладнання.
3. Статичний розрахунок скінчено-елементної моделі від власної ваги конструкцій та маси влаштованого обладнання на перекриттях.
4. Висновки щодо несучої здатності елементів будівлі.

Побудова скінчено-елементної моделі будівлі виконана в обчислювальному комплексі Scad Office. Стіни та плит перекриття змодельовані 44 типом СЕ "4-кутною оболонкою", балки - 5-им типом СЕ " просторовими стержнем". Робота ґрунтової основи апроксимована за допомогою коефіцієнтів пастелі для стержневого елемента, обчислених на основі наданих результатів інженерно-геологічних вишукувань.



Напруження σ_x (Па)

-98.444	-92.057
-92.057	-85.669
-85.669	-79.281
-79.281	-72.894

-72.894	-66.506
-66.506	-60.118
-60.118	-53.73
-53.73	-47.343

-47.343	-40.955
-40.955	-34.567
-34.567	-28.179
-28.179	-21.792

-40.955	-34.567
-34.567	-28.179
-28.179	-21.792
-21.792	-15.404

-34.567	-28.179
-28.179	-21.792
-21.792	-15.404
-15.404	-9.016

-28.179	-21.792
-21.792	-15.404
-15.404	-9.016
-9.016	-2.628

-21.792	-15.404
-15.404	-9.016
-9.016	-2.628
-2.628	3.760

-15.404	-9.016
-9.016	-2.628
-2.628	3.760
3.760	9.948

-9.016	-2.628
-2.628	3.760
3.760	9.948
9.948	16.136

-2.628	3.760
3.760	9.948
9.948	16.136
16.136	22.324

3.760	9.948
9.948	16.136
16.136	22.324
22.324	28.512

9.948	16.136
16.136	22.324
22.324	28.512
28.512	34.700

Рис. 1. Розподіл напружень в цегляних стінах від сумарної дії статичних навантажень

Рис. 2. Розрахункові значення вертикальних переміщень вузлів будівлі

За результатом статичного розрахунку обчислені значення напружень в цегляних стінах будівлі (рис. 1), балках перекриття та покриття, де можна зробити висновок, що граничні значення напружень в цегляних стінах сталевібробетонних перекриття не перевищують нормативно допустимі. Розрахункові переміщення теж перебувають в межах допустимих значень (рис. 2).

1. Скорук О.М. Дослідження динамічного впливу від технологічного обладнання на роботу сталевібробетонних плит перекриття // Будівельні конструкції. Теорія і практика. Вип. 7 (2020) – с. 121 – 128. DOI: [10.32347/2522-4182.7.2020.121-128](https://doi.org/10.32347/2522-4182.7.2020.121-128)
2. Скорук О.М., Чорний І.В., Татарченко Г.О. Прогини тонких сталевібробетонних плит опертих по контуру. Наукові вісті Далівського університету № 12, 2017.
3. Скорук О.М. Декоративність сталевібробетонних плит опертих по контуру при повторних навантаженнях. Підводні технології № 1, 2015.

Stress-strain state of load-bearing structures of a brick building with reinforced concrete slabs

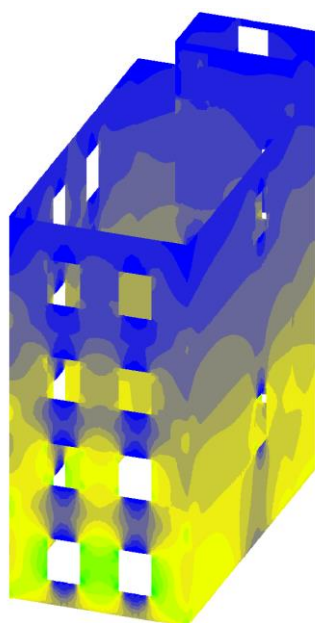
O.Skoruk, assistant, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture

Problems to be solved in the process of performing a numerical study

1. Construction of a finite-element model of the building.
2. Collection of static loads and loads from the mass of equipment.
3. Static calculation of the finite element model from the own weight of structures and the mass of the arranged equipment on the floors.
4. Conclusions on the load-bearing capacity of building elements.

The construction of a finite element model of the building is made in the Scad Office computer system. Walls and slabs of floors are modeled by 44 types of CE "quadrangular shell", beams - by the 5th type of CE "spatial rod". The work of the soil base is approximated by pastel coefficients for the rod element, calculated on the basis of the provided results of engineering and geological surveys.



напряжения σ_x (МПа)				
-98.444	-92.057	-72.894	-66.506	-47.343
-92.057	-85.669	-66.506	-40.955	-34.567
-85.669	-79.281	-60.118	-34.567	-28.179
-79.281	-72.894	-53.73	-28.179	-21.792

Fig. 1. Stress distribution in brick walls from the total action of static loads



Смещения Z_{max} (мм)									
-30.838	-29.721	-26.372	-25.256	-21.906	-20.79	-17.44	-16.324	-15.207	-14.091
-29.721	-28.605	-25.256	-24.139	-20.79	-19.673	-18.557	-17.44	-16.324	-15.207
-28.605	-27.488	-24.139	-23.023	-19.673	-18.557	-17.44	-16.324	-15.207	-14.091
-27.488	-26.372	-23.023	-21.906	-18.557	-17.44	-16.324	-15.207	-14.091	-12.974

Fig. 2. Estimated values of vertical displacements of building components

As a result of static calculation, the values of stresses in the brick walls of the building (Fig. 1), beams and floors, where we can conclude that the limit values of stresses in the brick walls of reinforced concrete floors do not exceed the norm. The calculated displacements are also within the allowable values (Fig. 2).

1. Skoruk O.M. Doslidzhennia dynamichnoho vplyvu vid tekhnolohichnoho obladnannia na robotu stalefibrobetonnykh plyt perekryttia // Budivelni konstruksii. Teoriia i praktyka. Vyp. 7 (2020) – s. 121 – 128. DOI: 10.32347/2522-4182.7.2020.121-128
2. Skoruk O.M., Chornyi I.V., Tatarchenko H.O. Prohyny tonkykh stalefibrobetonnykh plyt opertykh po konturu. Naukovi visti Dalivskoho universytetu № 12, 2017.
3. Skoruk O.M. Dekoratyvnist stalefibrobetonnykh plyt opertykh po konturu pry povtornykh navantazhenniakh. Pidvodni tekhnolohii № 1, 2015.

Положисті рки з клеєної деревини армовані композитними стрічками

Денис Михайловський, д.т.н., професор кафедри металевих та дерев'яних конструкцій

Тетяна Склярова, асистент кафедри металевих та дерев'яних конструкцій

Київський національний університет будівництва і архітектури

Основними проблемами будівель з несучими конструкціями у вигляді арок з клеєної деревини є масивність поперечного перерізу для нових об'єктів та подовження терміну нормальної експлуатації для вже існуючих. Ці недоліки можливо усунути шляхом підсилення їх окремих частин. Існує безліч способів підсилення дерев'яних конструкцій, однак майже всі вони суттєво впливають на їх зовнішній вигляд. Вирішення даного питання має суттєве значення, адже великопрольотні конструкції, в основному, використовуються в архітектурно виразних спорудах.

Метою досліджень є можливість підсилення вузлів і елементів дерев'яних конструкцій шляхом наклеювання в проблемних ділянках (в зонах появи тріщин та/або можливої появи максимальних сколюючих та нормальних напружень поперек волокон) повздовжніх стрічок з полімерів підсилених вуглецевими волокнами (див. рис. 1). Додатково до наклеювання повздовжніх стрічок, у випадку необхідності за спеціальним розрахунком, можна використовувати наклеєні бандажі з таких само стрічок з полімерів підсилених вуглецевими волокнами.

Також даний вид зовнішнього армування поперечних перерізів арок стрічками з полімерів підсилених вуглецевими волокнами на епоксидному клеї можливо використовувати на етапі розрахунку нових конструкцій, що значно зменшує їх матеріалоємність та трудомісткість виготовлення.

Ідея арок з клеєної деревини армованих стрічками з полімерів може застосовуватись для положистих дво- та тришарнірних арок прольотом від 20м до 100м, зі стрілою підйому $f=1/4L - 1/7L$. Стрічки розміщуються вздовж осі конструкції і поверх них влаштовуються бандажі перпендикулярно до напрямку повздовжньої стрічки. З'єднання бандажу в один замкнутий контур виконується за допомогою напуску, з розбіжкою по довжини зони армування конструкції (див. рис. 1).

Місця влаштування, крок та кількість шарів стрічок і бандажів визначається на підставі розрахунку. Стрічки та бандажі наклеюються на конструкцію в якості зовнішнього армування використовуючи епоксидний клей.

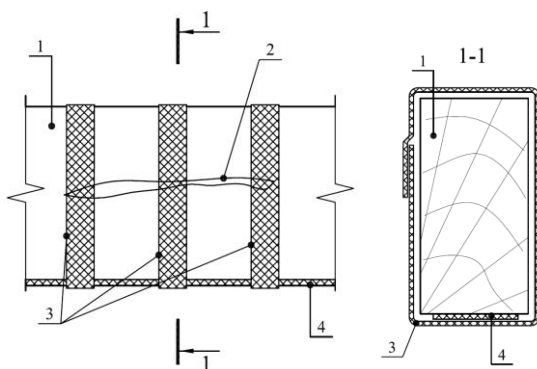


Рис. 1

- 1 – існуючий дерев'яний елемент;
- 2 – тріщина;
- 3 – повздовжня стрічка з композитного матеріалу;
- 4 – стрічковий бандаж з композитного матеріалу

1. ДБН В.2.6-161:2017 «Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення» - К. "Укрархбудінформ" 2017. – 111с.

2. Шмидт А.Б., Дмитриев П.А., Атлас строительных конструкций из клееной древесины и водостойкой фанеры; Учебное пособие./ М.; Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2001г – 292с.

Застосування запропонованого варіанту зовнішнього армування дозволяє вирішити наступні задачі: підвищення несучої здатності вузлів та елементів існуючих дерев'яних конструкцій, відновлення проектного ресурсу експлуатації; зменшення витрат деревини на виготовлення нових арок з клеєної деревини.

Striped arches made of glued laminated timber are reinforced with composite tapes

D. Mikhailovsky, of Doctor of Philosophy, Professor of the Department of Metal and Wooden Structures

T. Sklyarova, Assistant Professor, Department of Metal and Wooden Structures

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture

The main problems of buildings with load-bearing structures in the form of arches made of glued laminated timber are the massiveness of the cross section for new objects and the extension of the normal life for existing ones. These disadvantages can be eliminated by strengthening their individual parts. There are many ways to strengthen timber structures, but almost all of them significantly affect their appearance. Solving this issue is essential, because large-span structures are mainly used in architecturally expressive structures.

The purpose of the research is the possibility of strengthening the nodes and elements of timber structures by sticking in problem areas (in areas of the appearance of cracks and / or the possible appearance of maximum pedaling and normal stresses across the fibers) longitudinal tapes of polymers strengthened by carbon fibers (see Figure 1). In addition to pasting longitudinal tapes, if necessary, according to a special calculation, you can use pasted bandages from the same tapes of polymers strengthened with carbon fibers. Also, this type of external reinforcement of cross-section arches with polymer tapes reinforced with carbon fibers on epoxy glue can be used at the stage of calculation of new structures, which significantly reduces their material intensity and complexity of production.

The idea of arches made of glued timber reinforced with polymer tapes can be used for flat two- and three-layer arches with a span of 20m to 100m, with a lift arrow $f = 1/4L - 1/7L$. Tapes are placed along the axis of the structure and bandages are arranged on top of them perpendicular to the direction of the lengthening tape. The connection of the bandage into one closed path is carried out by means of an overhang, with a discrepancy in the length of the reinforcement zone of the structure (see Figure 1). Places of device, step and number of layers of ribbons and bandages are determined on the basis of calculation. Tapes and bandages are glued to the structure as external reinforcement using epoxy glue.

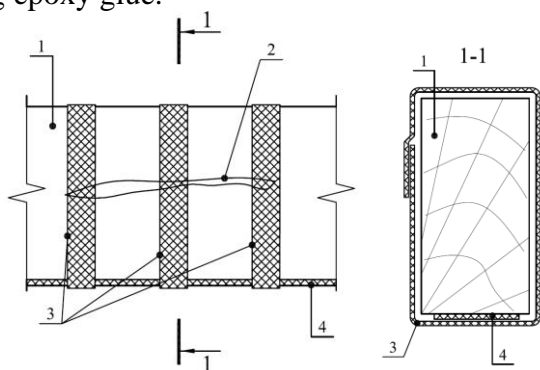


Fig. 1.

- 1 – existing timber element;
- 2 – crack;
- 3 – longitudinal tape made of composite material;
- 4 – tape bandage made of composite material.

The use of the proposed external reinforcement option allows solving the following tasks: increasing the bearing capacity of components and elements of existing timber structures, restoring the design life of operation; reducing the consumption of wood for the manufacture of new arches of glued wood.

1. DBN V.2.6-1612017 «Konstruktsii Budynkiv I Sporud. Dereviani Konstruktsii. Osnovni Polozhennia» - K. Ukrarkhbudininform 2017. – 111s.
2. Shmydt A.B. Dmytryev P.A. Atlas Stroytelnykh Konstruktsiy Yz Kleanoi Drevesyny Y Vodostoikoi Fanery Uchebnoe Posobyе. M. Yzd-Vo Assotsyatsyy Stroytelnykh Vuzov 2001h – 292s.

Тріщиностійкість похилих перерізів нерозрізних балок з арматурою напруженою на бетон

Олександр Козак, кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій

Київський Національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Згідно [1] виділяють два характерних типи похилих тріщин. Тріщини першого типу розвиваються нормально до поздовжньої осі елемента, відхиляючись зі збільшенням зовнішнього навантаження у бік прольоту. Похилі тріщини другого типу утворюються у середній частині висоти поперечного перерізу чи біля розтягнутої грані елемента та розвиваються на значну довжину у напрямку від опори до вантажу практично без збільшення зовнішнього навантаження.

Розрахунок за утворенням похилих тріщин виконується з умови:

$$M_r \leq M_{crc} \quad (1)$$

M_r – момент зовнішніх сил, розташованих по один бік похилого перерізу, що розглядається, відносно осі, паралельної нульовій лінії, яка проходить через точку прикладення рівнодіючої зусилля у бетоні стиснутої зони над похилою тріщиною;

M_{crc} – момент, який сприймає похилий переріз при утворенні похилої тріщини:

$$M_{crc} = M_b + M_s \quad (2)$$

M_b – момент, який створює зусилля у бетоні розтягнутої зони;

M_s – момент, який створює зусилля у поздовжній арматурі розтягнутої зони.

Запропонована розрахункова модель граничної рівноваги попередньо-напруженого елемента (із криволінійною напружуваною арматурою без зчеплення з бетоном) на стадії утворення похилих тріщин наведена на рис. 1.

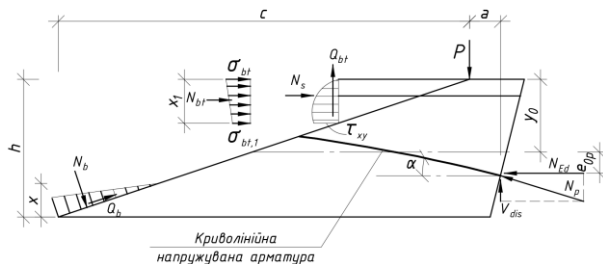


Рис. 1. Розрахункова модель граничного стану на стадії утворення похилих тріщин в елементах із криволінійною напружуваною арматурою без зчеплення з бетоном

За результатами проведення експериментальних досліджень вузлів монолітних рам та нерозрізних балок з арматурою напруженою на бетон [2] пропонується виконувати розрахунок на основі рівняння рівноваги згинаючих моментів зовнішніх сил відносно точки, у якій прикладена рівнодіюча зусилля у бетоні стиснутої зони над похилою тріщиною, із врахуванням розвантажувального моменту від складової напружуваної арматури:

$$M_r \leq M_{crc} + M_{rp1} + M_{rp2} \quad (3)$$

M_{rp1} – згинальний момент, що створює зусилля попереднього обтиску:

$$M_{rp1} = P(h - y_0 - x/3 - e_{op}) \quad (4)$$

M_{rp2} – згинальний момент, що створює розвантажувальна сила V_{dis} :

$$M_{rp2} = V_{dis}(c + a) \quad (5)$$

Результати теоретичних розрахунків, відповідно до запропонованої методики, дають добру збіжність із значенням моменту тріщиноутворення, отриманим під час виконання експериментальних досліджень.

1. Клімов Ю.А. Сучасні методи розрахунку залізобетонних конструкцій за граничними станами другої групи. Навчальний посібник. –К.: КНУБА, 2001, -46 с.

2. Kozak O. Effect of the pre-stressed reinforcement curvature on the bearing capacity of inclined sections of monolithic beams / O. Kozak, O. Zhuravskiy, M. Delyavskyy // Cite as: AIP Conference Proceedings 2077, 020027 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5091888> Published Online: 21 February 2019.

Crack resistance of inclined sections of continuous beams with reinforcement tensioned on concrete

O. Kozak, Candidate of Technical Sciences, Docent of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

According to [1] there are two characteristic types of inclined cracks. Cracks of the first type develop normally to the longitudinal axis of the element, deviating with increasing external load towards the span. Inclined cracks of the second type are formed in the middle part of the height of the cross section or near the stretched face of the element and develop for a considerable length in the direction from the support to the load with almost no increase in external load.

The calculation for the formation of inclined cracks is performed on the condition:

$$M_r \leq M_{crc} \quad (1)$$

M_r – the moment of external forces located on one side of the inclined section under consideration, relative to the axis parallel to the zero line, which passes through the point of application of an equivalent force in the concrete of the compressed zone over the inclined crack;

M_{crc} – the moment which perceives an inclined section at formation of an inclined crack:

$$M_{crc} = M_b + M_s \quad (2)$$

M_b – the moment that creates the force in the concrete of the stretched zone;

M_s – a moment that creates a force in the longitudinal reinforcement of the stretched zone.

The proposed calculation model of the limit equilibrium of the prestressed element (with curved prestressed reinforcement without adhesion to concrete) at the stage of formation of inclined cracks is shown in Fig. 1.

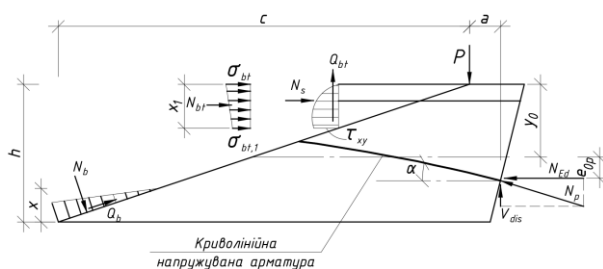


Fig. 1. Calculated model of the limit state at the stage of formation of inclined cracks in elements with curved tensioned reinforcement without adhesion to concrete

According to the results of experimental studies of nodes of monolithic frames and continuous beams with reinforcement stressed on concrete [2], it is proposed to perform a calculation based on the equation of equilibrium of bending moments of external forces relative to the point at which the equivalent force is applied in concrete. from the component of prestressed fittings:

$$M_r \leq M_{crc} + M_{rp1} + M_{rp2} \quad (3)$$

M_{rp1} – bending moment, which creates the force of pre-compression:

$$M_{rp1} = P(h - y_0 - x/3 - e_{op}) \quad (4)$$

M_{rp2} – bending moment, which creates the unloading force V_{dis} :

$$M_{rp2} = V_{dis}(c + a) \quad (5)$$

The results of theoretical calculations, in accordance with the proposed method, give a good agreement with the value of the fracture moment obtained during the experimental studies.

1. Klimov Y. Modern methods of calculation of reinforced concrete structures according to the boundary conditions of the second group. Tutorial. –K. : KNUCA, 2001, -46 p.
2. Kozak O. Effect of the pre-stressed reinforcement curvature on the bearing capacity of inclined sections of monolithic beams / O. Kozak, O. Zhuravskiy, M. Delyavskyy // Cite as: AIP Conference Proceedings 2077, 020027 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5091888> Published Online: 21 February 2019.

Дослідження процесу розділення осаду промислових стічних вод з вилученням нікелю.

**Олена Зоря, к.т.н., доцент кафедри водопостачання та водовідведення,
Олексій Терновцев, к.т.н., доцент кафедри водопостачання та водовідведення.**

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Практично на всіх гальванічних підприємствах очищення стічних вод, що містять сполуки нікелю, здійснюється реагентним методом. При цьому іони нікелю перетворюються на гідроксиди і осаджуються, після чого їх вивозять на звалища. Згушені сирі осади шламів скидають у відвали. Зазвичай вони містять значну кількість токсичних речовин, які створюють серйозну небезпеку для навколишнього середовища. З іншого боку, цінні компоненти, що входять до їх складу, назавжди втрачаються.

Метою наших досліджень є вилучення нікелю з осадів, які утворюються в процесі хімічного очищення стічних вод щоб запобігти забрудненню навколишнього середовища і повторно використати нікель у виробництві. Досліджували такі методи: оброблення аміачною водою з метою вилуджування нікелю; підкислення осаду сірчаною кислотою з наступною його обробкою аміачною водою; оброблення осаду солями амонію; виділення нікелю з осаду дією на нього відпрацьованим електролітом, що заздалегідь оброблений аміачною водою. У першому випадку розглядалася залежність процентного виходу нікелю з осаду від кількості аміачної води, що додається. Результати експериментів показують, що під час зростання дози аміачної води від 0,29 до 1,79 мл на 1 мг вмісту в осаді нікелю, вихід солі нікелю в осад зростає. Подальше збільшення дози аміачної води призводить до зниження виходу нікелю. За іншим методом, пробу осаду обробляли соляною або сірчаною кислотою до рН 4.4...5.0, а потім аміачною водою. Однак, при додаванні кислоти утворюється також і розчин гідроксидів заліза. Подальше додавання аміачної води призводить до утворення аміакатів нікелю та осадження гідроксидів заліза. У цьому випадку ефект виділення з нього нікелю сягає 95 - 98% при використанні сірчаної кислоти і 96% - 99% - соляної. Оброблення осаду солями амонію NH_2Cl або $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ дозволяє виділити з осаду нікель, уникнувши при цьому перехід в розчин сполук заліза. Такий спосіб дає можливість вилучити 96% - 99% нікелю з осаду. Одночасно здійснюється очищення електролітів від домішок, що дозволяє використовувати даний метод для очищення концентрованих розчинів, які містять сполуки нікелю. При застосуванні для оброблення осаду соляної кислоти або хлориду амонію, при розкладі аміакатів нікелю типу $[\text{Ni}(\text{NH}_4)\text{Cl}]$, що утворюються, крім газоподібного аміаку виділяється соляна кислота. При взаємодії з NH_4 вона утворює хлорид амонію NH_4Cl , який знову використовується для оброблення розчинів осадів. Ступінь вилучення нікелю з розчинів становить 98% - 99%. При використанні для регенерації нікелю сірчаної кислоти або сульфату амонію в процесі розкладу комплексу нікелю утворюється гідроксид нікелю та сірчана кислота. З розчину виділяється газоподібний аміак, який при взаємодії з водою утворює гідроксид амонію, що знову використовується при регенерації металу. В ході накопичення сірчаної кислоти відбувається розчинення гідроксиду нікелю, що випав в осад. В результаті утворюється розчин сульфату нікелю, придатний для подальшого використання в процесі нікелювання. Процес вилучення з осаду хлористим амонієм при рН 11.83...12.0 є оптимальним з погляду розділення нікелю та заліза. При даних значеннях рН не відбувається виділення у розчин гідроксидів заліза, що присутні в осаді.

Отримані результати свідчать про можливість регенерації нікелю з осадів і його повторному використанні у виробничому циклі. З погляду зручності експлуатації найбільш перспективним слід вважати метод регенерації, який ґрунтується на використанні солей амонію.

1. Зоря О.В. Ресурсоощадна технологія очистки промислових стічних вод від нікелю /О.В. Зоря, О.В. Терновцев, Д.І. Зоря // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Зб.наук.праць.Вип.39, Част.2. КНУБА. 2019, - С.123-130.

Study of the process of sludge separation of industrial wastewater with the extraction of nickel.

*O. Zorya, Associate Professor of the Department of Water Supply and Sewerage,
O. Ternovtsev, Associate Professor of the Department of Water Supply and Sewerage.*

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kyiv)

In almost all galvanic plants, wastewater treatment containing Nickel compounds is carried out by the reagent method. In this case, Nickel ions are converted into hydroxides and precipitated, after which they are taken to landfills. Condensed raw sludge is dumped in dumps. They usually contain a significant amount of toxic substances that pose a serious danger to the environment. On the other side, valuable components that are part of them are lost forever.

The aim of our research is to extract nickel from sludge that is formed in the process of chemical wastewater treatment to prevent environmental pollution and reuse nickel in production. The following methods were investigated: treatment with ammonia water to leach nickel; acidification of the precipitate with sulfuric acid, followed by treatment with ammonia water; treatment of sludge with ammonium salts; the release of nickel from the sediment by the action of spent electrolyte, pre-treated with ammonia water. In the first case, the dependence of the percentage yield of Nickel from the sludge on the amount of ammonia water added was considered. The results of the experiments show that during the increase of the dose of ammonia water from 0.29 to 1.79 ml per 1 mg of the content in the precipitate of Nickel, the yield of Nickel salt in the precipitate increases. A further increase in the dose of ammonia water leads to a decrease in the yield of Nickel. According to another method, the precipitate sample was treated with hydrochloric or sulfuric acid to pH 4.4... 5.0, and then with ammonia water. However, with the addition of acid, a solution of iron hydroxides is also formed. Subsequent addition of ammonia water leads to the formation of nickel ammonia and precipitation of iron hydroxides. In this case, the effect of nickel release from it reaches 95 - 98% when using sulfuric acid and 96% - 99% - hydrochloric acid. Treatment of the precipitate with ammonium salts NH_2Cl or $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ allows to isolate Nickel from the precipitate, while avoiding the transition to a solution of iron compounds. This method makes it possible to remove 96% - 99% of Nickel from the sediment. At the same time, the electrolytes are purified from impurities, which allows the use of this method for the purification of concentrated solutions containing Nickel compounds. When used for treatment of sludge hydrochloric acid or ammonium chloride, decomposition Ammoniate type nickel $[\text{Ni}(\text{NH}_4)_4]\text{Cl}$, formed except gaseous ammonia released hydrochloric acid. Upon interaction with NH_4 , it forms ammonium chloride NH_4Cl , which is again used to treat sediment solutions. The degree of extraction of Nickel from solutions is 98% - 99%. When sulfuric acid or ammonium sulfate is used to regenerate Nickel, nickel hydroxide and sulfuric acid are formed during the decomposition of the Nickel complex. Gaseous ammonia is released from the solution, which upon interaction with water forms ammonium hydroxide, which is again used in metal regeneration. During the accumulation of sulfuric acid is the dissolution of nickel hydroxide, precipitated. The result is a solution of Nickel sulfate, suitable for further use in the nickel plating process.

The process of extraction from the precipitate with ammonium chloride at pH 11.83... 12.0 is optimal in terms of separation of Nickel and iron. The obtained results indicate the possibility of regeneration of Nickel from sludge and its reuse in the production cycle. From the point of view of ease of operation, the most promising method should be considered regeneration, which is based on the use of ammonium salts.

1. Zoria O.V. Resursooshadna tekhnologiya ochistki promislovich stichnich vod vid nikelu /O.V. Zoria, O.V.Ternovtsev, D.I. Zoria //Shlyachi pidvishennya efektyvnosti budivnistva v umovach formuvannya rinkovych vidnosin. Zb.nauk.prats.Vip.39.Chast2 K.: KNUBA, 2019-C.123-130.

Комбіновані металодерев'яні двотаврові балки

Ігор Склярів, канд.техн.наук, доцент кафедри металевих та дерев'яних конструкцій,

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

В сучасних несучих конструкціях каркасів широко застосовуються тонкостінні сталеві профілі та конструкції з клеєної деревини. Кожен з цих матеріалів має свої переваги та недоліки у питаннях несучої здатності, жорсткості, теплотехнічних та інших фізичних характеристик. У цьому контексті доцільно розглянути можливість поєднання позитивних властивостей деревини та металу за рахунок їх оптимального конструктивного комбінування [1]. Слабким місцем у роботі клеєфанерних балок є виникнення складного напруженого стану у стінці балки, а також обмеження у несучій спроможності, яке приводить до необхідності застосування прямокутних перерізів, не завжди ефективних при роботі на згин. Зварні двотаврові балки застосовуються широко, але їх недоліком є підвищена вага та вартість.

Мета проведення досліджень полягає синтезі властивостей роботи гофрованої металевої стінки, яка добре сприймає поперечні зусилля у балках, та поясів з цільної чи клеєної деревини, які здатні сприймати значні нормальні напруження вздовж волокон та за рахунок масивності сприяють забезпеченню згинально-крутної стійкості балок.

Задача вирішується тим, що у поясах з дерев'яного бруса 1 (рис. 1) фрезерується поздовжній паз, у який вклеюється або запресовується сталевий профільований лист 2 (рис. 1) [2]. Ширина паза дорівнює висоті гофри профільованого листа. Товщину стінки, висоту гофри сталевих листів та габарити дерев'яного бруса поясів слід визначати за розрахунком. Як стінка, у першому наближенні, може застосовуватись профільований сталевий лист типу С10-С44 за ДСТУ Б В.2.6-9:2008 з трапецевидною формою гофрів. Для надійного склеювання сталевих профільованих листів та дерев'яних поясів можна використати двокомпонентний епоксидний клей, що має добру адгезію як з металевими, так і з дерев'яними поверхнями. Внаслідок застосування металевої профільованої стінки у дерев'яних двотаврових балках відбувається підвищення несучої здатності, жорсткості профілю, зменшується необхідна висота перерізу та власна вага балок. Все це суттєво збільшує діапазон використання двотаврових балок з поясами з деревини та підвищує їх ефективність.

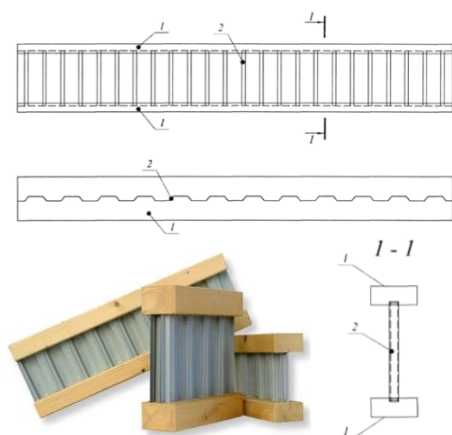


Рис. 1. Конструкція металодерев'яної балки

Для забезпечення високої корозійної стійкості, використовуються оцинковані металеві стінки зі сталі S550 GD + Z згідно DIN EN 10147 1995. За рахунок меншої густини деревини та застосуванню тонкої гофрованої стінки, власна вага комбінованих балок у 2-3 рази менша за аналогічну металеву, що знижую витрати на зведення будівель. Застосування комбінованих металодерев'яних балок є перспективним напрямом подальшого підвищення ефективності конструкцій несучих каркасів будівель, поєднуючи у собі позитивні властивості двох матеріалів.

1. Устойчивость выштампованных гофров различной формы тонкостенных металлодеревянных балок / А. А. Актуганов, А. Н. Актуганов, О. Н. Актуганов // Труды Поволжского государственного технологического университета. Серия Технологическая / - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2015. - Вып. 3. - С. 159-163
2. Патент на корисну модель № 130893 Україна, МПК E04C 3/07 (2006.01). Комбінована металодерев'яна двотаврова балка з поясами із деревини та стінкою з профільованого сталевих листів / Склярів І. О.; заявники і власники Склярів І.О., Київський національний університет будівництва і архітектури; – № u201807815; заяв. 12.07.2018 ; опубл. 26.12.2018, Бюл. № 24.

Combined metal-wood i-beams

I. Skliarov, Ph.D., Associate Professor of the Department of Metal and Timber

Kyiv National University of Construction and Architecture

Thin-walled steel profiles and structures made of glued laminated timber are widely used in modern bearing frame structures. Each of these materials has its advantages and disadvantages in matters of bearing capacity, rigidity, heat engineering and other physical characteristics. In this context, it is advisable to consider the possibility of combining the positive properties of timber and metal due to their optimal design combination [1]. There are known designs of welded metal beams with a thin corrugated wall and timber I-beams with plywood walls. A weak point in the work of glued laminated timber beams is the occurrence of a complex stress state in the wall of the beam, as well as restrictions in bearing capacity, which leads to the need for the use of rectangular cross section, which are not effective for bending. Welded I-beams are used widely, but their disadvantage is increased weight and cost.

The purpose of the research is to synthesize the properties of the corrugated metal wall, which well perceives shear efforts in beams, and folds made of whole or glued laminated timber, which are able to perceive significant normal tensions along the fibers and due to the massiveness contribute to the bending and torque stability of the beams.

The problem is solved by the fact that in the belts of a timber beam 1 (Fig. 1) a longitudinal groove is milled into which the steel profiled sheet 2 is pasted or pressed (Fig. 1) [2]. The groove width is equal to the height of the corrover of the profiled sheet. The thickness of the wall, the height of the corrugated steel sheet and the dimensions of the wooden beam of the belts should be determined according to the calculation. As a wall, in the first approximal, profiled steel sheet of type C10-C44 can be used according to DSTU B V.2.6-9:2008 with a trapezoidal form of corruffs. For reliable gluing of steel profiled sheet and wooden belts, you can use two-component epoxy glue, which has good adhesion to both metal and wooden surfaces.

Due the use of a metal profiled wall in timber I-beams, bearing capacity, profile rigidity increase, the required cross-sectional height and the own weight of the beams decrease. All this significantly increases the range of I-beams with timber belts and increases their efficiency.

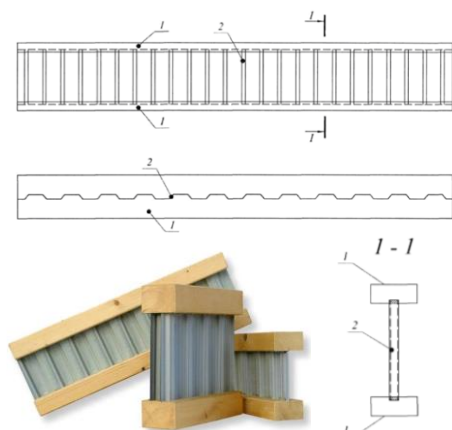


Fig. 1. Construction of combined beam

Galvanized metal walls made of steel S550 GD + Z according to DIN EN 10147 1995 are used to ensure high corrosion resistance. Due to the lower density of timber and the use of a thin corrugated wall, the own weight of the combined beams is 2-3 times less than the similar metal, which reduce the cost of building construction. In addition, such structures, due to the natural texture of wood, are aesthetically attractive. The use of combined metal beams is a promising direction for further increasing the efficiency of structures of bearing frames of buildings, combining the positive properties of two materials.

1. Ustojchivost vyshtampovannykh gofrov razlichnoj formy tonkostennykh metalloderevyannykh balok / A. A. Aktuganov, A. N. Aktuganov, O. N. Aktuganov // Trudy Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya Tekhnologicheskaya / - Yoshkar-Ola : PGTU, 2015. - Vyp. 3. - S. 159-163
2. Patent na korisnu model № 130893 Ukrayina, MPK E04S 3/07 (2006.01). Kombinovana metaloderevyana dvotavrova balka z pojasami iz derevini ta stinkoyu z profilovanogo metalevogo lista / Sklyarov I. O.; zayavniki i vlasniki Sklyarov I.O., Kiyivskij naczionalnij universitet budivnicztva i arkhitekturi; – № u201807815; zayav. 12.07.2018 ; opubl. 26.12.2018, Byul. № 24.

Напіваналітичний метод скінчених елементів в лінійних і нелінійних задачах деформування, руйнування та формозмінення просторових тіл з урахуванням неканонічності форми та складної структури

Юрій Максим'юк, докт. техн. наук, професор, кафедра будівельної механіки

Іван Мартинюк, канд. техн. наук, докторант, кафедра будівельної механіки

Олександр Максим'юк, аспірант, кафедра будівельної механіки

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Серед різноманіття просторових конструкцій найбільш поширеним в різних галузях техніки є клас об'єктів тіла яких, утворені рухом деякої поверхні уздовж направляючої. Це, перш за все канонічні (вісесиметричні і прямолінійні призматичні) тіла і, крім того, більш складні (циклічно симетричні і криволінійні призматичні) об'єкти, одержувані з канонічних рівнянь, шляхом не вироджених тривимірних перетворень. Відмінна особливість перших – недеформованість в процесі руху утворюваної поверхні і сталість кривизни напрямної, яка у других може змінюватися, а утворювану поверхню деформувати без розривів. При довільному характері розподілу зовнішніх впливів достовірна картина напружено-деформованого стану навіть вісесиметричних і прямолінійних призматичних тіл не може бути отримана на основі розв'язання двовимірних задач.

Прагнення до зниження матеріаломісткості та підвищення надійності, технологічності та економічності інженерних рішень призводить до ускладнення форми і структури просторових об'єктів, нерідко поєднують істотно тривимірні і оболонкові елементи з різними по всіх координатах механічними характеристиками. Як правило, в процесі експлуатації вони піддаються дії силових і теплових навантажень причому, вплив неоднорідних температурних полів проявляється як при виникненні теплових деформацій, так і при, зміні властивостей матеріалів. Тенденція до інтенсифікації використання обладнання поряд із зниженням матеріаломісткості призводить до необхідності застосування конструктивних рішень, що допускають наявність незворотніх деформацій, що супроводжуються для деяких елементів істотною зміною первісної форми. Розвиток великих пластичних деформацій характерно для ущільнюючих кільцевих прокладок, заклепок в з'єднувальних операціях, заготовок при обробці металів тиском (витяжці, осаді, протяжці) та ін. Розрахунок конструкцій при наявності теплообміну з зовнішнім середовищем, пластичних деформацій, істотної зміни початкової форми, магістральних тріщин і зміни з іншими об'єктами призводить до необхідності розв'язання складних просторових задач нестационарної теплопровідності, теорії пружності і пластичності для навантажених статичними і динамічними термосиловими впливами тіл неканонічною форми з урахуванням контактної взаємодії і великих пластичних деформацій, а також задач механіки руйнування. Тому розробка на основі МСЕ ефективних методів розрахунку, вісесиметричних, циклічно симетричних і призматичних просторових конструкцій, що забезпечують істотне уточнення розрахункових схем об'єктів і вдосконалення методів їх аналізу - актуальна проблема будівельної механіки, в області комп'ютерного моделювання конструкцій будівель і споруд спеціального призначення.

З урахуванням істотно тривимірного характеру напружено-деформованого стану, дослідження виділеного класу об'єктів необхідно проводити в просторовій постановці. Найбільш універсальний чисельний метод, що дозволяє виконувати розрахунки конструкцій з урахуванням фізичної і геометричної нелінійності, а також з позицій механіки руйнування, - це МСЕ. Однак його можливості при вирішенні просторових задач дуже обмежені. Тому їх рішення здійснюється, як правило, в рамках вісесиметричної і плоскої постановок. Істотно підвищити ефективність МСЕ, особливо для розглянутих в даній роботі класу об'єктів, дозволяє його поєднання з методом розділення перемінних. Цей підхід отримав назву напіваналітичного методу скінчених елементів НМСЕ [1].

1. Баженов В. А. Напіваналітичний метод скінчених елементів в задачах континуального руйнування просторових тіл: Монографія / В.А. Баженов, О.І. Гуляр, С.О. Пискунов, О.С. Сахаров – К. : «Каравела», 2014. – 236 с.

Semi-analytical method of finite elements in linear and nonlinear problems of deformation, destruction and shape change of spatial bodies taking into account non-canonical form and complex structure

Y. Maksymyuk, Ph.D. tech. Sciences, Professor, Department of Structural Mechanics

I. Martyniuk, Ph.D. tech. Sciences, PhD student, Department of Structural Mechanics

O. Maksymyuk, graduate student, Department of Structural Mechanics

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kyiv)

Among the variety of spatial structures, the most common in various fields of technology is a class of objects of the body which are formed by the movement of some surface along the guide. These are, first of all, canonical (axisymmetric and rectilinear prismatic) bodies and, in addition, more complex (cyclically symmetric and curvilinear prismatic) objects obtained from canonical equations by non-degenerate three-dimensional transformations. A distinctive feature of the former is the non-deformation in the process of movement of the formed surface and the constancy of the curvature of the guide, which in the latter can change, and the formed surface is deformed without breaks. Given the arbitrary nature of the distribution of external influences, a reliable picture of the stress-strain state of even axisymmetric and rectilinear prismatic bodies cannot be obtained on the basis of solving two-dimensional problems.

The desire to reduce material consumption and increase the reliability, manufacturability and cost-effectiveness of engineering solutions leads to a complication of the shape and structure of spatial objects, often combining significantly three-dimensional and shell elements with different mechanical characteristics in all coordinates. As a rule, in the course of operation they are exposed to force and thermal loadings and, influence of inhomogeneous temperature fields is shown both at emergence of thermal deformations, and at, change of properties of materials. The tendency to intensify the use of equipment along with the reduction of material consumption leads to the need for the use of structural solutions that allow the presence of irreversible deformations, accompanied for some elements by a significant change in the original form. The development of large plastic deformations is characteristic of sealing ring gaskets, rivets in connecting operations, workpieces in the processing of metals by pressure (hood, sediment, broach), etc. For the same reason, the operation of critical parts often occurs in the presence of cracks that occur during processing, manufacture or transportation. Their spread can lead to catastrophic destruction and is a decisive factor in assessing the load-bearing capacity of structures.

Calculation of structures in the presence of heat exchange with the environment, plastic deformations, significant changes in the initial shape, main cracks and changes with other objects leads to the need to solve complex spatial problems of nonstationary thermal conductivity, elasticity and plasticity for bodies loaded with static and dynamic thermopower non-canonical form, taking into account the contact interaction and large plastic deformations, as well as the problems of fracture mechanics. Therefore, the development on the basis of FEM effective calculation methods, axisymmetric, cyclically symmetric and prismatic spatial structures that provide significant refinement of design schemes of objects and improve methods of their analysis - an urgent problem of structural mechanics in the field of computer modeling of buildings and structures. appointment.

Taking into account the essentially three-dimensional nature of the stress-strain state, the study of a selected class of objects must be carried out in a spatial setting. The most universal numerical method that allows calculations of structures taking into account physical and geometric nonlinearity, as well as from the standpoint of fracture mechanics, is FEM. However, its capabilities in solving spatial problems are very limited. Therefore, their solution is usually carried out in an axisymmetric and flat formations. Significantly increase the efficiency of the FEM, especially for the object class considered in this paper, allows its combination with the method of separation of variables. This approach is called the semi-analytical finite element method SFEM [1].

I. Bazhenov V.A. Napivanalitichnyi metod skinchennykh elementiv v zadachakh kontynualnoho ruinuvannia prostorovykh til: Monohrafiia / V.A. Bazhenov, O.I. Huliar, S.O. Pyskunov, O.S. Sakharov – K. : «Karavela», 2014. – 236 s.

Використання місцевих будівельних матеріалів при будівництві доступного малоповерхового житла

Вікторія Титок, канд. екон. наук, доцент кафедри економіки будівництва

Олена Ємельянова, канд. наук з держ. упр. доцент кафедри організації та управління будівництвом

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Будівництво житлового будинку – це достатньо дороге задоволення, яке можуть собі дозволити тільки заможні люди. За допомогою сучасних технологій в будівництві можна побудувати такий малоповерховий житловий будинок, щоб у малозабезпеченій родині виявилось не тільки бажання мати свій дім, але й можливість його купити.

Сьогодні існують економічні принципи, дотримання яких може суттєво знизити витрати при будівництві малоповерхового житлового будинку: використання при будівництві житла місцевих матеріалів; застосування типових уніфікованих схем планування; виконання будівельних робіт кваліфікованими кадрами, які працюють якісно з високою продуктивністю праці; застосування сучасних будівельних технологій, які дозволяють будувати будинок в коротші строки.

Всі ці перераховані основні принципи повинні бути взаємопов'язані між собою. Застосування місцевих матеріалів скорочують витрати на їх навантаження, перевезення, розвантаження, складування та ін. Уніфікована схема виробництва дозволяє формалізувати виробничий процес і значно знизити собівартість і скоротити тривалість зведення об'єкта.

Окрім аспектів довговічності житла повинна забезпечуватися гармонізація і раціоналізація відносин людини з природою, сталий та еколого-безпечний соціально-економічний розвиток, а саме захист навколишнього середовища, клімату та природних ресурсів. Часто метою (урядів, а іноді і місцевих громад) є те, щоб житло не сприяло зміні клімату або викидам парникових газів – зокрема, газу CO₂.

Саман – це глиняні цеглини, основою яких є глина середньої жирності, а в якості наповнювача служить дрібно нарізана солома, різні волокнисті рослини або навіть гній. Сьогодні житло з глиняних цеглин знову набирає популярність серед наших співвітчизників, з використанням комбінованого каркасу [1].

Очеретові плити застосовують для заповнення каркасів будинків, які укладають як накат по балках міжповерхового і горищного перекриття; очеретові плити застосовуються як теплоізоляційні матеріали і в капітальному будівництві. Вони можуть бути укладені під паркет або лінолеум та ін. [2]. Очерет також використовується як покрівельний матеріал, оскільки він є легкодоступним. Це означає, що це і дешево, і легко транспортувати.

Костриця льону і коноплі використовується в будівництві для виготовлення теплоізоляційних матеріалів або як наповнювач для матеріалів з теплотехнічними показниками. Є цікаві дані, що при товщині стін 400 мм з використанням утеплювача з костриці, для обігріву приміщення площею 100 м² необхідно в зиму року всього 3 кВт/год електроенергії. Найбільш широко костриця застосовується для будівництва індивідуальних будинків. Також вона використовується для виготовлення підлог.

Будівельні матеріали, демонструють деякі нові, а іноді й експериментальні особливості, але у всіх випадках необхідна професійна увага для подальшого розвитку (іноді) традиційних будівельних матеріалів та технологій. При цьому технологічний розвиток вимагає інституційної підтримки та нових пілотних проектів. Уряд повинен ретельно переглядати будівельні норми та стандарти, щоб уникнути перешкоджання використанню відповідних матеріалів і технологій у житловому будівництві, особливо для груп з низьким рівнем доходу.

1. Preservation of Historic Adobe Buildings. URL: <https://www.nps.gov/tps/how-to-preserve/briefs/5-adobe-buildings.htm>

2. Очерет як матеріал для будівництва: вигідний бізнес http://melnicabiz.com.ua/ideas_new2/469_business_kamysh-kak-stroitelny-material.html

The use of local building materials in the construction of affordable low-rise housing

V. Tytok, Ph.D., Associate Professor of the Department of Construction Economics

O. Emelianova, Ph.D., Associate Professor of the Department of Organization and Construction Management

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture (Kyiv)

Building a house is a rather expensive pleasure that only wealthy people can afford. With the help of modern technologies in construction, you can build such a low-rise apartment building, so that a low-income family has not only a desire to have a home, but also the opportunity to buy it.

Today, there are economic principles, compliance with which can significantly reduce costs in the construction of low-rise housing: the use of local materials in housing construction; application of standard unified planning schemes; execution of construction works by qualified personnel who work qualitatively with high productivity; application of modern construction technologies that allow you to build a house in a shorter time.

All these basic principles should be interconnected. The use of local materials reduces the cost of loading, transportation, unloading, warehousing, etc. The unified scheme of production allows to formalize the production process and significantly reduce the cost and the duration of construction.

In addition to aspects of housing longevity, harmonization and rationalization of human relations with nature, sustainable and environmentally friendly socio-economic development, namely the protection of the environment, climate and natural resources must be ensured. Often the goal (of governments and sometimes local communities) is to ensure that housing does not contribute to climate change or greenhouse gas emissions, in particular CO₂.

Adobe is a clay brick based on medium-fat clay, and the filler is finely chopped straw, various fibrous plants or even manure. Today, housing made of clay bricks is again gaining popularity among our compatriots, using a combined frame [1].

Reed slabs are used to fill the frames of houses, which are laid as a roll on the beams of the mezzanine and attic floors; reed slabs are used as thermal insulation materials and in capital construction. They can be laid under parquet or linoleum, etc. [2]. Reed is also used as a roofing material because it is easily accessible. This means that it is both cheap and easy to transport.

Flax and hemp firewood is used in construction for the manufacture of thermal insulation materials or as a filler for materials with thermal performance.

There is interesting data that with a wall thickness of 400 mm using fire insulation, to heat a room with an area of 100 m² requires only 3 kW/h of electricity in winter. The most widely used bonfire is used for the construction of individual houses. It is also used to make floors.

Building materials demonstrate some new and sometimes experimental features, but in all cases professional attention is needed for the further development (sometimes) of traditional building materials and technologies.

At the same time, technological development requires institutional support and new pilot projects. The government should carefully review building codes and standards to avoid impeding the use of appropriate materials and technologies in housing construction, especially for low-income groups.

1. Preservation of Historic Adobe Buildings. URL: <https://www.nps.gov/tps/how-to-preserve/briefs/5-adobe-buildings.htm>

2. Ocheret yak material dlya budivnytstva: vyhidnyy biznes http://melnicabiz.com.ua/ideas_new2/469_business_kamysh-kak-stroitelny-material.html

Аналіз рамних вузлів трубобетонної колони та сталеві балки в аспекті прогресуючого руйнування.

Олексій Лавський, аспірант кафедри металевих і дерев'яних конструкцій

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

При проектуванні будівель і споруд спеціального призначення особливу роль необхідно приділяти розрахунку на прогресуюче руйнування, це процес розповсюдження початкових локальних пошкоджень у вигляді ланцюгової реакції від одного елемента до інших, що призводить до руйнування всієї будівлі або її частини. До прогресуючого руйнування можуть призвести пошкодження основних несучих елементів будівлі, найчастіше – колон першого поверху, внаслідок вибуху або тарану транспортним засобом. Дані аварійні ситуації розглядаються інженером-проектувальником шляхом прикладання еквівалентних навантажень до одного конструктивного елемента або повне його видалення із розрахункової моделі [1].

Трубобетонні колони мають ряд переваг в порівнянні з металевими і залізобетонними колонами у аспекті опору на прогресуюче руйнування. По-перше, більша механічна міцність трубобетонної колони у порівнянні з еквівалентними перерізами залізобетонних або металевих колон на 50-80%. Це є результатом роботи сталеві труби як обойми для бетонної серцевини, а також розкріплення бетоном сталеві труби із середини [1]. По-друге, більша вогнестійкість у порівнянні із металевими колонами. По-третє, пластичний характер руйнування у порівнянні із залізобетонними конструкціями, що не допускає моментального руйнування споруди, а дає час на евакуацію людей. По-четверте, висока сейсмостійкість даних конструкцій. Для протидії прогресуючому руйнуванню рекомендується використовувати рамні вузли в несучих будівельних конструкціях. Це дозволяє розраховувати на перерозподіл зусиль на сусідні несучі елементи внаслідок виключення з роботи однієї конструкції.

У рамній конструкції з трубобетонної колони та сталеві балки при розрахунку на прогресуюче руйнування вирішальне значення має вузол з'єднання балки та колони. Згідно експериментальних досліджень, виникає чотири стадії роботи вузла в даному випадку. Перша стадія, «балковий механізм», присутня до початку руйнування несучого елемента і характерна наявністю напружень стиску у верхній частині балки, розтягуючих – у нижній. Нейтральна вісь проходить близько до середини перерізу елемента. Друга стадія, «змішаний механізм», починається із моменту аварійного впливу на конструктивний елемент і характерна різким збільшенням розтягуючих напружень у нижній зоні балки. Нейтральна вісь зміщується вгору по перерізу елемента, зона розтягуючих зусиль збільшується, зона стискаючих зменшується до мінімальних значень. Третя стадія, «ланцюговий механізм», характерна повною відсутністю стискаючих напружень в перерізі балки. Нейтральна вісь відсутня, весь елемент працює на розтяг. Четверта стадія, «руйнування», починається з руйнування нижньої частини балки внаслідок розтягуючих зусиль. Напруження в цих місцях дорівнює нулю, проте верхня частина балки ще продовжує сприймати розтягуючі зусилля доки не відбувається остаточного розриву.

Експериментально доведено, що ефективним способом влаштування вузлу стику трубобетонної колони та сталеві балки є використання круглих або прямокутних (для колон квадратного перерізу) накладних пластин, які об'єднують всі балки одного рівня по нижнім та верхнім волокнам [2]. Це сприяє кращому перерозподілу напружень між елементами при виключенні колони із роботи несучого каркаса.

1. ДСТУ-Н Б EN 1994-1-1:2010. Єврокод 4. Проектування сталезалізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1994-1-1:2004, IDT) – Чинний від 01.01.2014. – Київ: ДП «ДНДІБК», 2012. – 159 с.

2. Wenda Wang, Huawei Li, Jingxuan Wang. Progressive Collapse Analysis of Concrete-filled Steel Tubular Column to Steel Beam Connections Using Multi-scale Model. Structures, Volume 9, February 2017, p 123-133.

Frame joints analysis of a concrete-filled steel tube column and a steel beam in the aspect of progressive collapse.

*O. Lavskiy, postgraduate student of the Department of Metal and Wooden Structures
Kyiv National University of Civil Construction and Architecture (Kyiv)*

In design special purpose buildings and structures, a special attention should be given to the calculation of progressive collapse, it is the process of spreading the initial local damage in the form of a chain reaction from one element to another, which leads to the destruction of whole or part of the building. Progressive collapse can be caused by damage to the main load-bearing elements of the building, most often - the columns of the first floor, due to an explosion or ramming by a vehicle. These emergencies are considered by the design engineer by applying equivalent loads to one structural element or its complete elimination from the analytic model [1].

Concrete-filled steel tubes (CFST) columns have some advantages over steel and reinforced concrete columns in terms of resistance to progressive collapse. First, bigger mechanical strength of the CFST column compared to the equivalent cross sections of reinforced concrete or steel columns by 50-80%. This is the result of the action of the steel tube as a holder for the concrete core, as well as the concrete fastening of the steel pipe from the middle of the column [1]. Secondly, greater fire resistance compared to steel columns. Third, the plastic nature of the destruction in comparison with reinforced concrete structures, which prevents the immediate destruction of the building, and gives time to evacuate people. Fourth, high seismic resistance of these structures.

To counteract the progressive collapse, it is recommended to use frame joints in load-bearing building structures. It allows you to count on the redistribution of effort to neighboring load-bearing elements when one structure is kept out.

In a frame structure made of a CFST column and a steel beam, the joint between the beam and the column is crucial when calculating the progressive collapse. According to experimental studies, there are four stages of the joint in this case. The first stage, called the "beam mechanism", is present before the destruction of the load-bearing element and is characterized by the presence of compressive stresses in the upper part of the beam and the tensile stresses in the lower part of the beam. The neutral axis is near to the middle of the cross section of the element. The second stage, called the "mixed mechanism", begins from the moment of emergency impact to the structural element and is characterized by a sharp increase in tensile stresses in the lower zone of the beam. The neutral axis is shifted upward along the cross section of the element, the zone of tensile stresses increases, the zone of compressive stresses decreases to minimum values. The third stage, called the "catenary mechanism", is characterized by the complete absence of compressive stresses in the cross section of the beam. There is no neutral axis, there are only tension stresses in element. The fourth stage, called "failure", begins from the destruction of the lower part of the beam due to tensile forces. The stress in these places is zero, but the upper part of the beam still continues to carry tensile forces until there is a final break.

It has been experimentally proven that an effective way to arrange the frame joint of a CFST column and a steel beam is to use round or rectangular (for columns of square cross-section) overhead plates that connect all beams of the same level on the lower and upper fibers [2]. This contributes to a better redistribution of stresses between the elements when the column is excluded from the work of the supporting frame.

1. DSTU-N B EN 1994-1-1:2010. Yevrokod 4. Proektuvannia stalezalizobetonnykh konstruksii. Chastyna 1-1. Zahalni pravyla i pravyla dlia sporud (EN 1994-1-1:2004, IDT) – Chynnyi vid 01.01.2014. – Kyiv: DP «DNDIBK», 2012. – 159 p.
2. Wenda Wang, Huawei Li, Jingxuan Wang. Progressive Collapse Analysis of Concrete-filled Steel Tubular Column to Steel Beam Connections Using Multi-scale Model. Structures, Volume 9, February 2017, p 123-133.

Особливості проектування вертодромного майданчика на даху будівлі

Валерій Першаков, д.т.н., професор

Андрій Белятинський, д.т.н., професор

Олександра Акмалдінова, к.ф.н., професор

Національний авіаційний університет, (м. Київ)

Виходячи з конструктивних особливостей вертолітного майданчиків на даху будівлі можна сформулювати основні вимоги до них [1,2]: інженерне рішення конструкції плити покриття вертолітного майданчика у вигляді балочної кліті із незйомною опалубкою та ребристою плитою покриття, стійкість та міцність конструкції; невелика вага; якомога більша механізація робіт.

Розрахунковим для вертолітного майданчика на даху будівлі обрано Мі-8 як найбільш поширений вертоліт в межах України. Розрахункова модель просторової схеми конструкцій каркасу висотного житлового будинку виконана в підсистемі (ПС) «КОМПОНОВКА» програмного комплексу (ПК) «Мономах-САПР» і експортована в програмний комплекс ПК «ЛИРА-САПР» [1,2], (рис.1,2).

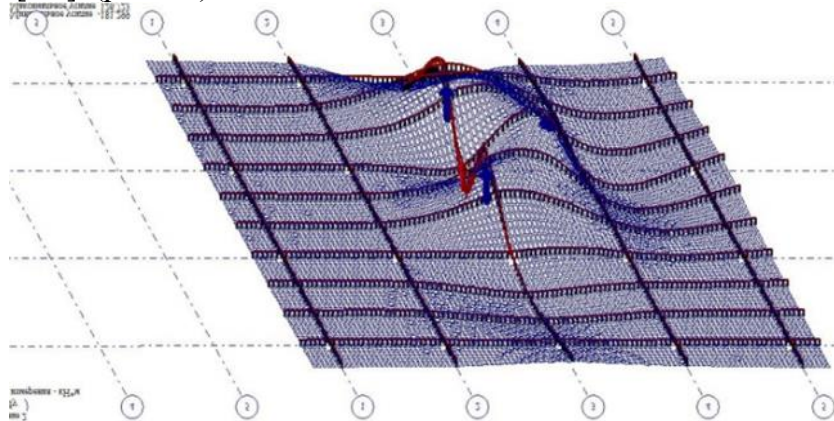


Рис. 1. Результати розрахунку вертолітного майданчика в ПК ЛИРА САПР

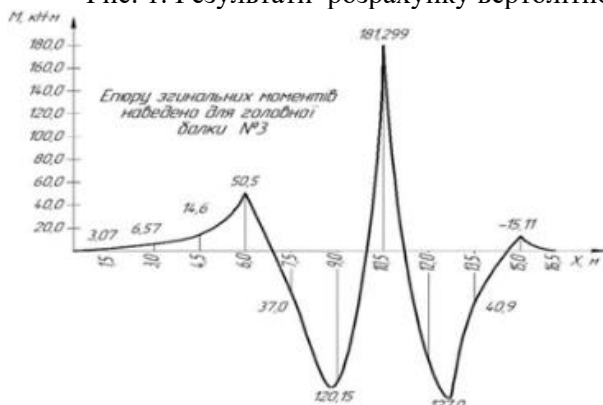


Рис. 2. Епюра згинальних моментів для головної балки

Запропоновано конструкцію вертолітного майданчику із використанням профнастилу в якості незйомною опалубки для посадки вертольоту на дах будівлі. Коефіцієнт запасу міцності головної балки становить 1,20.

Встановлено, що при сумісній роботі вертолітного майданчика та багатоповерхової будівлі вертоліт не завдає значного впливу на напружено деформований стан споруди

Аналіз напружено-деформованого стану споруди під власною вагою та із урахуванням впливу вертолітного навантаження показує, що максимальне переміщення споруди під впливом власної ваги становить 6,87 см, а прогин самої плити вертолітного майданчика – під власною вагою та впливом вертольоту – лише 0,18 см.

1. Першаков В. М. Вертодроми: Монографія / В. М. Першаков, А. О. Белятинський, Т.В. Близнюк, Н.Г. Семироз. – К.: Вид-во НАУ, 2014.–370 с.
2. Першаков В. М. Проектування аеродромних покриттів. Монографія. /В. М. Першаков, Хе Юйлін, А. О. Белятинський, Т. В. Близнюк, за ред. д.т.н., проф. В. М. Першакова. 2-е вид. – К. : ТОВ НВФ «Славутич-Дельфін», 2019. – 140 с.

Helipad on the building roof design features

V.Pershakov, Doctor of Engineering, professor
A.Bieliatynskiy, Doctor of Engineering, professor
O.Akmaldinova, PhD (Philology), professor

National Aviation University, (Kyiv)

Based on the design features of the sites on the roof of a building, we can formulate the main requirements for them [1,2]: engineering solution for the helicopter platform slab in the form of a beam cage with fixed formwork and ribbed slab, stability and strength of the structure; light weight; as much work mechanization as possible.

The Mi-8 was chosen as the most common helicopter within Ukraine for calculating the helipad on the building roof. The calculated model of the spatial scheme of a high-rise residential building frame structures is made in the "COMPONENT subsystem of the software package (SP) "Monomakh-CAD" and exported to the SP "LIRA-CAD" software package [1,2], (Fig.1, 2).

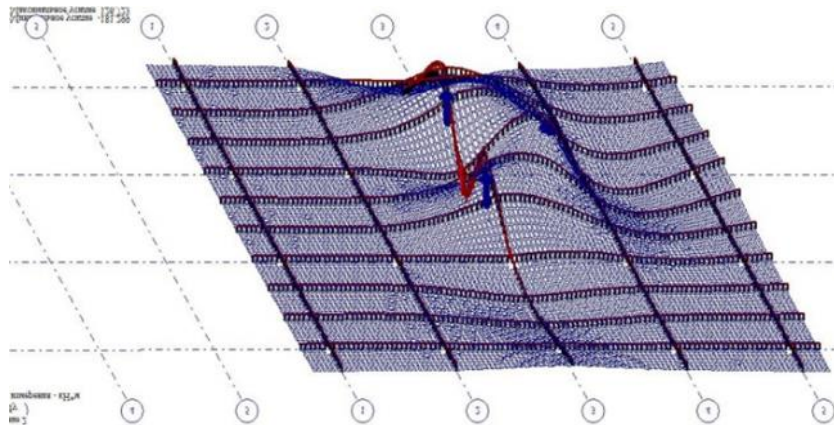


Fig. 1. The results of the helipad calculation in the "LIRA CAD" SP

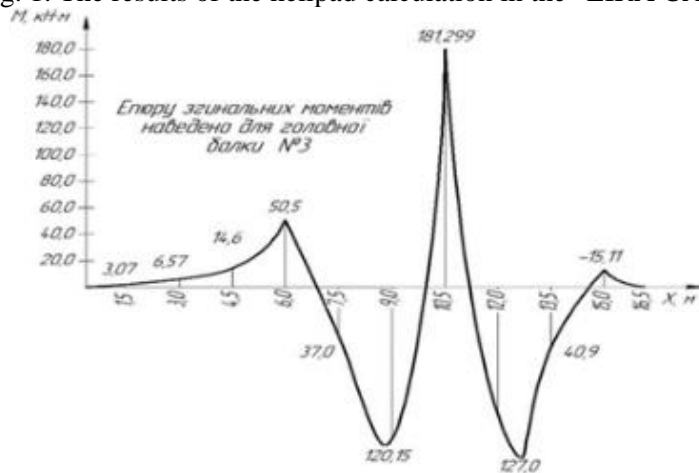


Fig. 2. Bending moments diagram for the main beam

The helipad design with the use of corrugated flooring as a fixed formwork for landing a helicopter on the building roof is proposed. The main beam safety factor is 1.20.

It has been found out that with the helicopter pad and the multi-storey building operating together, the helicopter does not have a significant impact on the stress-strain state of the structure

The analysis of the structure stress-strain state under its own weight and taking into account the impact of helicopter load shows that the maximum displacement of the structure under its own weight is 6.87 cm, and the deflection of the helipad slab - under its own weight and helicopter impact - only 0.18 cm.

1. V.M. Pershakov, A.O. Bieliatynskiy, T.V. Blyzniuk, N.G. Semyroz, 2014. Vertodromy: Monographia. Kyiv, NAU, 370 (in Ukrainian)
2. V.M. Pershakov, He Yulin, A.O. Bieliatynskiy, T.V. Blyzniuk, 2019. Proektuvannia aerodromnykh pokryttiv: Monographia za red. doctor technichnykh nauk, prof. V.M. Pershakov. 2-e vyd. Kyiv, NVF «Slavutych-Delfin», 140 (in Ukrainian)

Розрахунок залізобетонного сходового маршу на вогнестійкість із застосуванням уточнених методів

Христина Байтала, аспірантка

Тарас Донець, інженер 3-ї категорії

Олег Фесенко, канд. техн. наук, завідувач сектору вогнестійкості будівельних конструкцій

*Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»
(м. Київ)*

Уточнені методи розрахунку на вогнестійкість будівельних конструкцій відображають закономірності їх роботи за умов вогневого впливу пожежі [1, 2]. Уточнені методи розглядають розрахункові моделі для визначення зростання і розподілення температури в конструкції (теплофізичний розрахунок), а також механічної роботи конструкції (статичний розрахунок). Статичний розрахунок виконується для такої ж тривалості, що і теплофізичний.

Практичне застосування уточнених методів розглянуто на прикладі розрахунку на вогнестійкість збірного залізобетонного сходового маршу. Теплофізичний розрахунок сходового маршу було виконано методами теорії теплопровідності, що реалізовані у програмному комплексі Ansys Workbench; статичний розрахунок – зональним методом [1].

За результатами теплофізичного розрахунку при вогневому впливі за стандартним температурним режимом пожежі протягом 60-ти хв було визначено розподіл температури в конструкції сходовому марші, див. рис. 1.

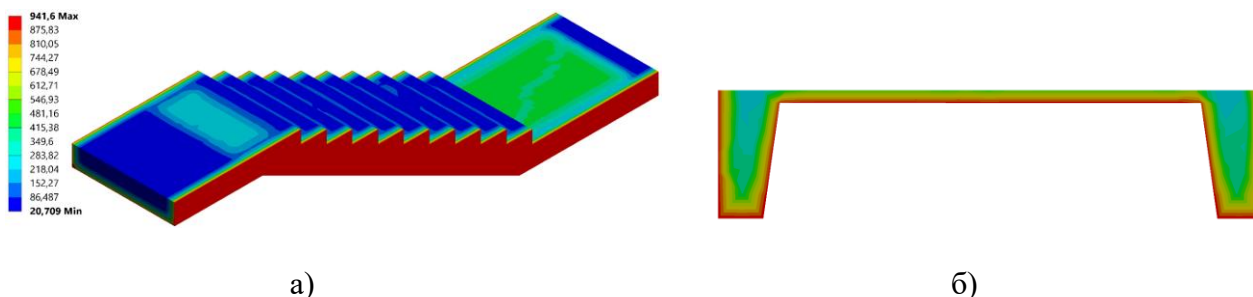


Рис. 1. Розподіл температури у сходовому марші: а) загальний вигляд; б) поперечний переріз

Статичний розрахунок сходового маршу було виконано зональним методом за таким алгоритмом: розподіл половини перерізу на паралельні зони; визначення розмірів приведенного перерізу; зниження механічних характеристик арматури внаслідок впливу підвищених температур; визначення залишкової несучої здатності приведенного перерізу; визначення розрахункового зусилля від аварійного сполучення навантажень під час пожежі; перевірка умови забезпечення несучої здатності.

За результатами статичного розрахунку зональним методом несуча здатність приведенного перерізу сходового маршу становить $M_{u,fi}=11,81$ кН·м, що перевищує розрахункове значення згинального моменту під час пожежі – $M_{Ed,fi}=7,54$ кН·м. Таким чином, вогнестійкість залізобетонного сходового маршу забезпечена.

1. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT): ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 – [Чинні 2013-07-01]. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 87с. – (Національний стандарт України)

2. Розрахунок залізобетонних конструкцій на вогнестійкість відповідно до Єврокоду 2. Практичний посібник [Текст]: / В.Г. Поклонський, О.А. Фесенко, В.Г. Тарасюк та ін. – Київ: Інтертехнологія, 2016 – 83 с.

Fire resistance analysis of reinforced concrete stair using advanced methods

K. Baytala, postgraduate student

T. Donets, 3rd category engineer

O. Fesenko, PhD (Tech.), head of the sector for the fire resistance of building constructions

The State enterprise “The State research institute of building constructions” (Kyiv)

Advanced calculation methods for the fire resistance of building structures reflect the patterns of the behaviour of structural members under fire conditions [1, 2]. Advanced methods consider computational models to determine the growth and temperature distribution within the structural members (thermal response calculation), and also mechanical behaviour of the structural members (mechanical response calculation). Mechanical calculation is performed for the same duration, as thermal.

The practical application of the advanced methods is considered on an example of the fire resistance calculation of a prefabricated reinforced concrete stair. Thermal response calculation of the stair was performed by methods of thermal conductivity theory, implemented in the Ansys Workbench software; mechanical calculation – by the zone method.

The temperature distribution within the stair construction was determined as the result of thermal response calculation for 60 minutes in standard fire exposure, see Fig. 1.

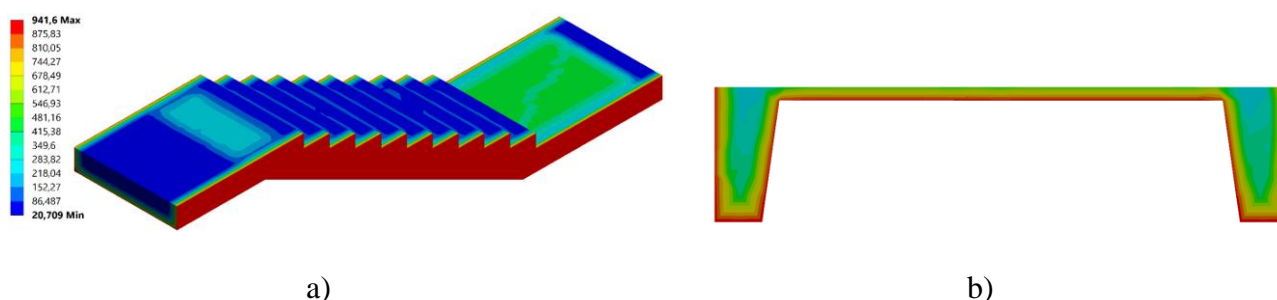


Figure 1. The temperature distribution within the stair construction: a) general view; b) cross section

Mechanical response calculation of the stair was performed with the zone method by the following algorithm: to divide the half of the cross section into parallel zones; to determine the sizes of the residual cross section; to reduce the characteristic strength of reinforcing steel at elevated temperature; to determine the reduced load-bearing capacity of the residual cross-section; to calculate load combination in the fire situation; to compare the ultimate load-bearing capacity with the design load effect in the fire situation.

The ultimate load-bearing capacity of the reduced cross-section of the stair is $M_{u,fi}=11,81$ kNm, which exceeds the design value in fire situation of the bending moment $M_{Ed,fi}=7,54$ kNm. Thus the fire resistance of the reinforced concrete stair is satisfied.

1. Yevrokod 2. Proektuvannia zalizobetonnykh konstruksii. Chastyna 1-2. Zahalni polozhennia. Rozrakhunok konstruksii na vohnestiikist (EN 1992-1-2:2004, IDT): DSTU-N B EN 1992-1-2:2012 – [Chynni 2013-07-01]. – K.: Minrehion Ukrainy, 2012. – 87s. – (Natsionalnyi standart Ukrainy)
2. Rozrakhunok zalizobetonnykh konstruksii 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.

Особливості проектування сталезалізобетонних конструкцій згідно ДСТУ-Н Б EN 1994-1

*Михайло Постернак, доцент кафедри Залізобетонних та кам'яних конструкцій
Олексій Постернак, асистент кафедри Залізобетонних та кам'яних конструкцій*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Метою дослідження є аналіз застосування ДСТУ-Н Б EN 1994-1-1 до розрахунку та проектування сталезалізобетонних конструкцій і визначення ефективного вибору конструктивних елементів.

Стрімкий розвиток бізнесу в нашій країні потребує швидкого будівництва та відкриття нових бізнес-центрів торговельних та спортивних комплексів по обслуговуванню населення. Будівництво логістичних центрів, промислових та агропромислових споруд для вирощування сільськогосподарської продукції її переробки та зберігання потребує скороченого терміну будівництва та можливості переобладнання існуючих будівель під інші технології виробництва. Тому застосування легких та ефективних елементів для нестандартних прольотів в будівлях та спорудах дає можливість значно скоротити терміни будівництва та збільшити економічний ефект. Наявна тенденція приносить в нашу практику сталезалізобетонні конструкції, які дозволяються за рахунок сумісної роботи отримати ефективні конструкції зі зменшенням матеріалоємності, забезпечуючи всі нормативні вимоги до проектування та виготовлення будівельних конструкцій. Такі нові конструктивні елементи виконані зі сталезалізобетону дозволяють доповнити позитивні якості матеріалів як сталі так і залізобетону. Так влаштування каркасу будівлі з застосуванням сталезалізобетону наведено на рис.1 підвищує вогнестійкість та жорсткість будівлі. А влаштування перекриття з застосуванням сталезалізобетону наведено на рис.2 підвищує сейсмостійкість та вогнестійкість будівлі



Рис.1 – Приклад влаштування каркасу будівлі із застосування сталезалізобетонних конструкцій.

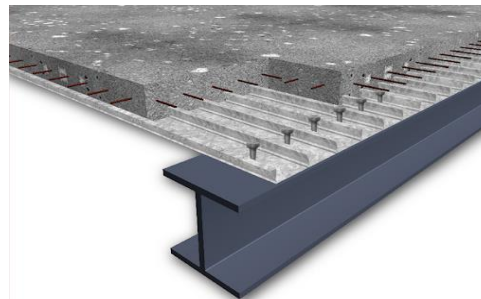


Рис.2 – Приклад влаштування перекриття з сталезалізобетонних конструкцій

Базовим документом для проектування сталезалізобетонних конструкцій в Україні є ДБН В.2.6-160:2010 «Сталезалізобетонні конструкції», котрий має лише основні положення до розрахунку та проектування. Більш повну інформацію наведено в ДСТУ-Н Б EN 1994-1-1 «Проектування сталезалізобетонних конструкцій. Загальні правила і правила для споруд», котрий з 2018 року набрав чинності, як будівельні норми, що гармонізовані з нормативними документами ЄС. Саме використання цих будівельних норм дає можливість в повній мірі розраховувати і проектувати сталезалізобетонні конструкції та отримувати досвід в зазначеній сфері проектування.

Отже використання сталезалізобетонних конструкцій є перспективним напрямом в будівництві і потребує додаткових наукових досліджень.

1. ДСТУ-Н Б EN 1994-1-1:2010 Єврокод 4. Проектування сталезалізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд. Зміна № 1 (EN 1994-1-1:2004, IDT)
2. ДБН В.2.6-160:2010 Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення.

Features of design of composite steel and concrete structures according to DSTU-N B EN 1994-1

M. Posternak, Associate Professor of Reinforced Concrete and Stone Structures

O. Posternak, Assistant of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures

Kyiv National University of Construction and Architecture

The purpose of the research is to analyze the application of DSTU-N B EN 1994-1-1 to the calculation and design of composite steel and concrete structures and determine the effective choice of structural elements.

The rapid development of business in our country requires the rapid construction and opening of new business centers, shopping and sports complexes to serve the population. The construction of logistics centers, industrial and agro-industrial constructions for growing agricultural products for processing and storage requires a reduced construction period and the possibility of converting existing buildings to other production technologies. Therefore, the use of light and efficient elements for non-standard spans in buildings and structures makes it possible to significantly reduce construction time and increase the economic effect. The current trend brings to our practice composite steel and concrete structures, which are allowing us by working together to obtain efficient structures with reduced material consumption, providing all regulatory requirements for the design and manufacturing of building structures. Such new structural elements made of steel and concrete allow to supplement the positive qualities of both steel and reinforced concrete materials. Thus, the constitution of the frame of the building with the use of reinforced concrete shown in Fig.1 increases the fire resistance and rigidity of the building. And the device of overlapping with use of reinforced concrete shown in Fig.2 increases seismic resistance and fire resistance of the building.



Fig.1 - Example of the device of the building frame using composite steel and concrete structures.

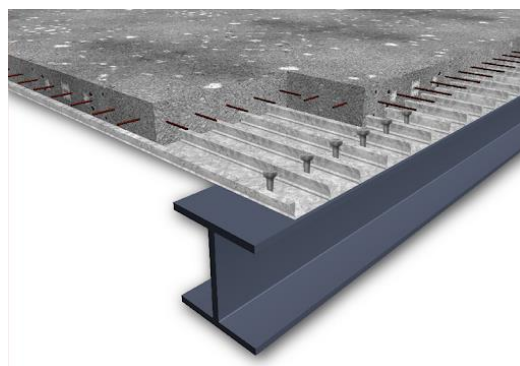


Fig.2 - Example of the device of the floor of composite steel and concrete structures

The basic document for the design of reinforced concrete structures in Ukraine is DBN B.2.6-160: 2010 " Composite steel and concrete structures ", which has only the basic provisions for the calculation and design. More detailed information is given in DSTU-N B EN 1994-1-1 " Design of composite steel and concrete structures. General rules and regulations for buildings ", which came into force in 2018 as building codes that are harmonized with EU regulations. Using of these building standards exactly codes makes it possible to fully calculate and design composite steel and concrete structures and gain experience in this field of design.

Therefore, the use of composite steel and concrete structures is a promising area in construction and requires additional research.

1. DSTU-N B EN 1994-1-1:2010 Yevrokod 4. Proektuvannya stalezalizobetonnykh konstruktsiy. Chastyna 1-1. Zahal'ni pravyla i pravyla dlya sporud. Zmina № 1 (EN 1994-1-1:2004, IDT)
2. DBN V.2.6-160:2010 Konstruktsiya budynkiv i sporud. Stalezalizobetonni konstruktsiyi. Osnovni polozhennya.

Особливості розрахунку будівель і споруд з урахуванням стадій зведення

Леонід Скорук, канд.техн.наук, доцент кафедри Залізобетонних та кам'яних конструкцій

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Для сучасних складних будівель і споруд, як правило, конструктивна схема обумовлюється не тільки експлуатаційною стадією, а й стадією зведення.

У процесі зведення конструктивна схема споруди може багаторазово змінюватися: відбувається установка або видалення елементів; введення або зняття зовнішніх, або внутрішніх зв'язків; прикладання або зняття навантажень; зміна характеристик жорсткості вже встановлених елементів (при зведенні залізобетонних конструкцій, як правило, опалубка знімається значно раніше досягнення бетоном проектної міцності і бетон добирає міцність під час зведення).

Остаточна схема збудованої конструкції пам'ятає історію зведення і, як правило, в ній є локальні зусилля і напруги, які були б відсутні, якби конструкція була б зведена одномоментно. Все це можна врахувати при розрахунку будівель за допомогою сучасних розрахункових комплексів.

Тому процес зведення будівлі або споруди при розрахунку розбивається на певні стадії. При цьому на кожній стадії зведення необхідно враховувати умови закріплення, жорсткість елементів, умови з'єднання елементів між собою (шарнірно або жорстко), умови опирання на ґрунт і т.д., що в кінцевому рахунку впливає на напружено-деформований стан (НДС) будівлі як на окремо взятому етапі так і на НДС будівлі в цілому. Для кожної стадії зведення задається навантаження (власна вага, монтажні навантаження), які діють на даній стадії. Кожній стадії зведення повинно відповідати своє монтажне навантаження.

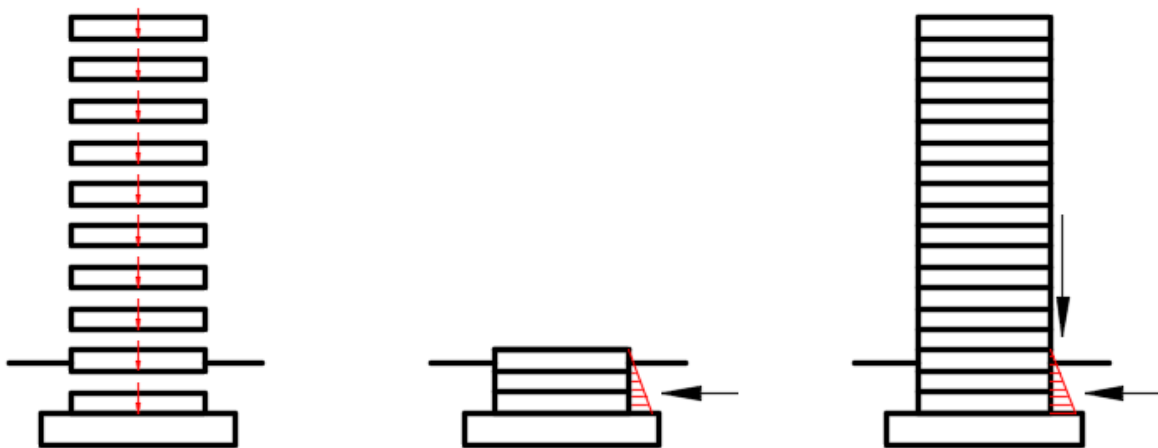


Рис. 1. Ілюстрація режиму «Монтаж» при визначенні НДС для підземної стіни.

За допомогою режиму «Монтаж» можна «зловити», наприклад, ситуацію (рис. 1), коли для підземної стіни найгірша ситуація з НДС буде на ранніх етапах зведення (тільки при вигині від тиску ґрунту), ніж при повністю зведеному будинку, коли стіна напружена навантаженням від вище розташованих поверхів (стиснення з вигином).

Також за допомогою режиму «Монтаж» можна коректно змодельовати поведінку ґрунту при тривалих і короткочасних навантаженнях на будівлю, що позначається на визначенні коефіцієнта постелі C_1 .

Тому розрахунок будівель і споруд за допомогою режиму «Монтаж» є більш наближеним до реальної роботи конструкцій.

1. ДБН В.2.2-41:2019 Висотні будівлі. Основні положення. Мінрегіон України, 2019.-53с.

Features of calculation of buildings and constructions taking into account stages of construction

L. Skoruk , candidate of technical sciences, Associate Professor, Department of Reinforced Concrete and Stone Structures

Kyiv National University of Construction and Architecture

For modern complex buildings and structures, as a rule, the structural scheme is determined not only by the operational stage, but also the stage of construction.

In the course of construction the constructive scheme of a construction can change many times: there is an installation or removal of elements; introduction or removal of external or internal connections; application or removal of loads; change of characteristics of rigidity of already established elements (at erection of reinforced concrete designs, as a rule, the timbering is removed much earlier than achievement by concrete of design durability and concrete selects durability during erection).

The final scheme of the constructed structure remembers the history of construction and, as a rule, it has local efforts and stresses which would be absent if the design would be erected simultaneously. All this can be taken into account when calculating the buildings with the help of modern calculation systems.

Therefore, the process of erection of a building or structure in the calculation is divided into certain stages. At each stage of construction it is necessary to take into account the conditions of fastening, rigidity of elements, conditions of connection of elements among themselves (hinged or rigid), conditions of leaning on the ground, etc. that ultimately affects the stress-strain state (SSS) buildings both at the individual stage and on the VAT of the building as a whole. For each stage of construction the load (own weight, assembly loadings) operating at this stage is set. Each stage of construction must correspond to its montage load.

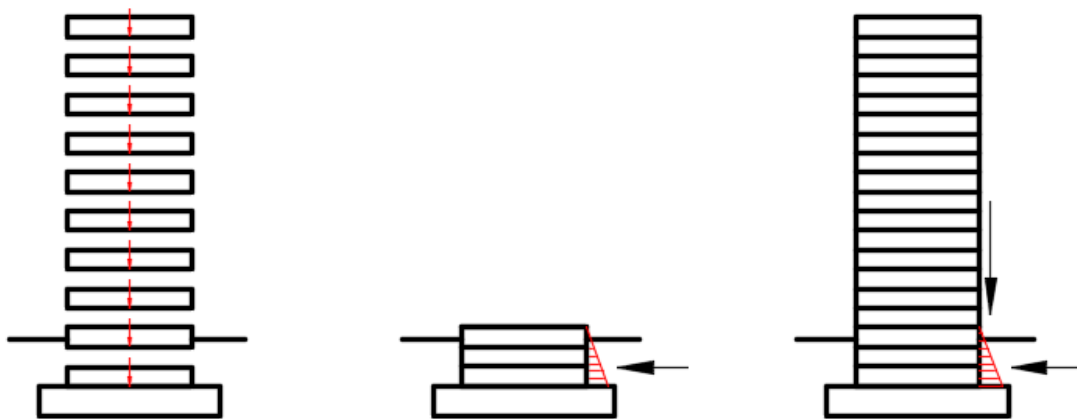


Fig. 1. Illustration of the "Montage" mode when determining the SSS for the underground wall.

With the help of the "Montage" mode you can "catch", for example, a situation (Fig. 1), when for the underground wall the worst situation with VAT will be in the early stages of construction (only when bending from soil pressure) than in a fully erected house when the wall strained by the load from the upper floors (compression with bending).

Also with the help of the "Montage" mode it is possible to correctly model the behavior of the soil under long-term and short-term loads on the building, which affects the determination of the coefficient of the bed C_1 .

Therefore, the calculation of buildings and structures using the "Montage" mode is closer to the actual operation of structures

Використання муфтових з'єднань збірно-монолітних стовпчастих фундаментів

*Геннадій Тонкачєєв, доктор техн. наук, професор кафедри будівельних технологій
Катерина Носач, аспірант*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Каркасні споруди, відведені в подальшому під потреби виробництва, адміністративних будівель, торгових площ, або логістики характеризуються високими темпами будівництва та вимогами до відносно невеликої собівартості будівельних робіт. Одним з факторів, що може ускладнити хід будівництва є наявність ґрунтових вод в котловані, де передбачається влаштування фундаменту. Якщо будівництво планується на ділянках, схильних до підтоплення ґрунтовими водами, то необхідно передбачати запобіжні заходи як на період будівельних робіт, так і на період експлуатації споруди. [1]. Заходи, що спрямовані на відведення води в котловані – голкофільтрові установки, насоси, шпунтова огорожа є вартісними, тож для таких умов найбільше підходить збірна та збірно-монолітна технологія влаштування фундаментів, що значно скоротить тривалість будівництва та зменшить витрати трудомісткості.

Монтаж плитної частини фундаменту виконується з попередньою гідроізоляцією нижньої та бокових поверхонь, наприклад вкриттям бітумними мастиками. Верхня частина плити може бути вкрита гідроізоляційними розчинами типу «пенетрон». Монолітна частина фундаменту влаштовується після монтажу колони. Для цього до монтажу колони слід встановити кондуктор-опалубку (розробка авторів), який функціонально призначається як для тимчасового закріплення і вивірення колони, так і для бетонування верхньої частини фундаменту. Кондуктор-опалубка щільно прилягає до поверхні плити і дозволяє за допомогою простого насоса відкачувати воду. Проблемне питання полягає у тому, що наявність кондуктора-опалубки і потреба у поєднанні старого (збірного) бетону з новим ускладнює з'єднання арматурних стрижнів монолітної та збірної частини фундаменту. Застосування муфтових з'єднань вирішує цю проблему. При виготовленні збірної плити фундаменту на заводі в опалубку закладаються вертикальні муфти. Арматування верхньої частини фундаменту виконують стрижнями з різьбою на кінцях шляхом закручування їх у муфти. Після монтажу збірних елементів фундаментної плити та стакану та влаштування з'єднань необхідно виконати обов'язкову гідроізоляцію елементів.

Висновки:

1. Запропонована технологія влаштування стовпчастих фундаментів збірно-монолітної конструкції зі з'єднанням арматурного каркасу верхньої монолітної частини з різьбовими муфтами нижньої збірної частини після її монтажу і монтажу колони в кондукторі-опалубці, яка дозволяє не тільки тимчасово тримати і вивіряти колону, але й відкачувати воду і бетонувати в опалубці верхню частину фундаменту.

2. Технологія монтажу конструкцій каркасної будівлі з використанням стовпчастих збірно-монолітних фундаментів прискорює процес зведення завдяки тому, що бетонування верхньої частини фундаменту виконується після монтажу колон, ригелів і плит перекриття. При цьому бетонування і витримка бетону не знаходяться на критичному шляху. Зменшуються витрати праці та вартість влаштування каркасу будівель в умовах присутності води в котлованах, де передбачається влаштування фундаменту.

3. У збірному варіанті за використання муфт забезпечується більш точне [2] з'єднання елементів фундаменту, а також подальша ізоляція металевих деталей бетонним розчином, що відповідає конструктивним вимогам фундаментів.

1. ДБН В.1.1 -25-2009. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. [Чинний від 2011-01-01] Видан. Офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 52 с.

2. Лепська Л.А. Стикові з'єднання збірних конструкцій та проблеми забезпечення точності монтажу каркасів будинків. Містобудування та територіальне планування. 2015. - Вип. 55. - С. 249-257.

Couplings in precast and precast-monolithic column foundations

G. Tonkacheev Doctor of Technical Science, professor of the Department of Building technologies

K. Nosach, Postgraduate

Kyiv National University of Construction and Architecture

Frame structures set aside for the needs of production, office buildings, retail space, or logistics are characterized by high construction rates and requirements for relatively low cost of construction work. One of the factors that can complicate the course of construction is the presence of groundwater in the pit, where the foundation is planned. If construction is planned in areas prone to groundwater flooding, it is necessary to provide precautions for both the construction period and the period of operation of the structure. [1]. Measures aimed at drainage of water in the pit - needle filters, pumps, sheet piling are expensive, so for such conditions are best suited prefabricated and prefabricated monolithic technology of foundations, which will significantly reduce the duration of construction and reduce labor costs.

Installation of the slab part of the foundation is performed with preliminary waterproofing of the lower and side surfaces, such as bituminous mastic. The upper part of the plate can be covered with waterproofing solutions such as "penetron". The monolithic part of the foundation is arranged after the installation of the column. To do this, before the installation of the column should be installed conductor-formwork (developed by the authors), which is functionally intended for temporary fixing and calibration of the column, and for concreting the upper part of the foundation. The conductor-formwork closely adjoins a plate surface and allows to pump out water by means of the simple pump. The problem is that the presence of a formwork conductor and the need to combine the precast concrete with the new complicates the connection of the reinforcing bars of the monolithic and prefabricated part of the foundation. The use of couplings solves this problem. In the production of prefabricated foundation at the factory in the formwork laid vertical couplings. Reinforcement of the upper part of the foundation is performed by threaded rods at the ends by screwing them into couplings. After installation of prefabricated elements of a base plate and a glass and the device of connections it is necessary to execute obligatory waterproofing of elements.

Conclusions:

1. The proposed technology of installation of columnar foundations of prefabricated monolithic structure with the connection of the reinforcing frame of the upper monolithic part with threaded couplings of the lower prefabricated part after its installation and installation of the column in the conductor-formwork, which allows not only to temporarily hold and to pump out water and to concrete in a timbering the top part of the base.

2. The technology of installation of frame building structures using columnar prefabricated monolithic foundations accelerates the erection process due to the fact that the concreting of the upper part of the foundation is performed after the installation of columns, crossbars and slabs. At the same time concreting and endurance of concrete are not on a critical way. Labor costs and the cost of installing the frame of buildings in the presence of water in the pits, where the installation of the foundation.

3. In the prefabricated version of foundation, the use of couplings provides a more accurate [2] connection of the foundation elements, as well as further insulation of metal parts with concrete mortar, which meets the design requirements of the foundations.

1. *Inzhenernyj zakhyst terytorij ta sporud vid pidtoplennia ta zatoplennia*. [Engineering protection of territories and buildings from flooding and inundation] - 2010 - DBN V.1.1-25-2009 from 01 Jan 2011. Minrehionbud Ukrainy. Kyiv. Ukraine.

2. Lepska L. A. *Stykovi z'iednannia zbirnykh konstruksij ta problemy zabezpechennia tochnosti montazhu karkasiv budynkiv* – 2015 - *Mistobuduvannia ta terytorial'ne planuvannia*, Issue 55, pp. 249-257.

Сучасні енергоефективні технології в будівництві

Іван Назаренко.^{1,2}, докт. техн. наук, проф., зав. кафедри машин і обладнання технологічних процесів, президент АБУ

Іван Перегінець², к.т.н., директор науково-технічного центру АБУ

В. Слюсар³, викладач інституту інноваційної освіти

¹Київський національний університет будівництва та архітектури,

²Академія будівництва України

³ІНО Київського національного університету будівництва та архітектури

Будівельна галузь потребує широкого застосування сучасних енергоефективних, інноваційних технологій, які мають вирішувати проблеми економії енергетичних витрат, забезпечення якості виконуваних робіт, ефективного, енергоощадного процесу. Серед найбільш ефективних технологій сучасності є інформаційне моделювання будівель (ВІМ), що являє собою цифрове представлення фізичних і функціональних характеристик об'єкта. ВІМ - це загальний ресурс знань для отримання інформації про об'єкт, який служить надійною основою для прийняття рішень протягом його життєвого циклу, який визначається як існуючий від самої ранньої концепції до знесення. Основними принципами ВІМ є: корисності інформації в моделі; процесної єдності; повноти життєвого циклу активів; історичності; спадкування; системності; інформаційної доступності; достатності; інтегрованості; інформаційної безпеки та відкритості даних. Інформаційне моделювання будівель розширює це за межі 3D, збільшуючи три основних просторових виміри (ширину, висоту і глибину) за допомогою показника часу в якості четвертого виміру (4D) і вартістю в якості п'ятого (5D). Зовсім недавно стало практикуватися введення шостого виміру (6D), що представляє аспекти навколишнього середовища і стійкості будівель, і сьомого вимірювання (7D) для управління об'єктами протягом всього терміну служби, хоча існують суперечливі визначення для цих вимірювань. Тому ВІМ охоплює більше, ніж просто геометрію. Він враховує безліч факторів, наприклад, просторові відносини, аналіз висвітлення, географічну інформацію, а також кількість і властивості компонентів будівлі (наприклад, деталі виробників).

Впровадження інформаційного моделювання (ВІМ) надає технічну можливість для переходу від традиційного процесу управління інформацією (умовно, від паперових носіїв інформації до цифрових) до створення експертних моделей задля оптимізації ключових показників на всіх етапах життєвого циклу об'єктів. Застосування цифрової трансформації в будівельному секторі характеризується поєднанням передових технологій та інтеграцією фізичних та цифрових систем та їх впливом на навколишнє середовище та енергоефективність. Формуючи та використовуючи єдине інформаційне поле, впроваджуючи та застосовуючи технології та підходи ВІМ, будівництво отримує можливість суттєво зменшити негативні наслідки, викликані загальною фрагментацією галузі. Стандартизація, уніфікованість цифрових процесів та єдині "правила гри" дозволять більше та якісніше інтегрувати малі та середні підприємства до інвестиційно-будівельної діяльності, покращити їхню ефективність та взаємодію з замовником за рахунок створення більш прозорих та узгоджених механізмів обміну, а також керування інформацією протягом життєвого циклу об'єкта.

1. Назаренко І.І. Синергетичний ефект кластерних домобудівних стратегій житлового сектору України в умовах соціально-економічних трансформацій. Міжнародна науково-технічна конференція «Ефективні технології в будівництві». Тези доповідей. – Дніпропетровськ, 2016.

2. Назаренко І.І., Савицький М.В., Кірюхін М.М., Перегінець І.І., Куліченко Н.Європейський досвід впровадження ВІМ технологій в будівельній галузі. Нові технології в будівництві. ВІМ. Досвід та перспективи впровадження будівельних інформаційних технологій. Тези доповідей. – ДП НДІБВ, Київ. 9-10 грудня 2019 р.

Modern energy efficient technologies in construction

I. Nazarenko^{1,2} doctor. tech. Sciences, Prof., Head Department of Machinery and Equipment of Technological Processes, President of ABU

I. Pereginets², Ph.D., Director of the ABU Scientific and Technical Center

V. Sliusar³, lecturer at the Institute of Innovative Education

¹Kyiv National University of Construction and Architecture

²Academy of Civil Engineering of Ukraine

³Institute of Innovative Education of Kyiv National University of Construction and Architecture

The construction industry requires the widespread use of modern energy-efficient, innovative technologies that should solve the problems of saving energy costs, ensuring the quality of work performed, efficient, energy-saving process.

Among the most effective technologies of today is information modeling of buildings (BIM), which is a digital representation of the physical and functional characteristics of the object. BIM is a general knowledge resource for obtaining information about an object, which serves as a reliable basis for decision-making during its life cycle, which is defined as existing from the earliest concept to demolition.

The basic principles of BIM : correctness of information in the model; electronic; process unit; in the life cycle of actives; history; recession; systematic; information availability; sufficiency; integration; Information security and indications given. Building information modeling extends this beyond 3D, increasing the three main spatial dimensions (width, height and depth) with a time indicator as the fourth dimension (4D) and a value as the fifth (5D). More recently, the sixth dimension (6D), which represents the environmental and sustainability aspects of buildings, and the seventh dimension (7D) have been practiced to manage facilities throughout their life, although there are conflicting definitions for these measurements.

Therefore, BIM covers more than just geometry. It takes into account many factors, such as spatial relationships, lighting analysis, geographic information, and the number and properties of building components (such as manufacturer details).

The introduction of information modeling (ITM) provides a technical opportunity to move from the traditional process of information management (from paper to digital) to the creation of expert models to optimize key indicators at all stages of the life cycle of objects.

The application of digital transformation in the construction sector is characterized by a combination of advanced technologies and the integration of physical and digital systems and their impact on the environment and energy efficiency. The use of BIM will increase the transparency of investment and construction processes, predictability of results, create certain conditions for rethinking, improving or simplifying existing regulatory procedures, regulatory framework, the nature of contractual agreements.

By forming and using a single information field, implementing and applying BIM technologies and approaches, construction has the opportunity to significantly reduce the negative effects caused by the general fragmentation of the industry.

Standardization, unification of digital processes and uniform "rules of the game" will allow more and better integration of small and medium enterprises into investment and construction activities, improve their efficiency and interaction with the customer by creating more transparent and coherent exchange mechanisms and information management throughout the life cycle object.

1.Nazarenko I.I. Synerhetychnyi efekt klasternykh domobudivnykh stratehii zhytlovoho sektoru Ukrainy v umovakh sotsialno-ekonomichnykh transformatsii. Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia «Efektyvni tekhnolohii v budivnytstvi». Tezy dopovidei. – Dnipropetrovsk, 2016.

2. Nazarenko I.I, Savytskyi M.V., Kiriukhin M.M, Perehinets I.I., Kulichenko N.Ievropeiskyi dosvid vprovadzhenia VIM tekhnolohii v budivelnii haluzi. Novi tekhnolohii v budivnytstvi. BIM. Dosvid ta perspektyvy vprovadzhenia budivelnnykh informatsiinykh tekhnolohii. Tezy dopovidei. – DP NDIBV,Kyiv. 9-10 hrudnia 2019 r.

Перспективи сучасної фортифікації

Сергій Михальченко, доцент, директор,

*Науково-дослідний інститут історії та теорії архітектури, містобудування та дизайну,
Київського національного університету будівництва і архітектури.*

Фортифікація як галузь військово-інженерного мистецтва перебуває на порозі революційного прориву, діалектичного переходу в принципово нову якість. Реальна наявність штучного інтелекту, сучасні засоби комп'ютерного обладнання та засобів зв'язку дозволяють вивести людські ресурси з зони безпосереднього бойового зіткнення, і таким чином фортифікація зіткнеться із зникненням необхідності захисту людини на полі бою.

Науково-технічний прогрес пропонує новітні вогневі системи з автоматичним розпізнаванням і знищенням цілей.

Таким чином польова фортифікація набуде принципово нових рис, не пов'язаних з захистом людини від засобів ураження. Принципово новими стануть також прийоми маскування, забезпечення раптовості і ефективності застосування оборонних споруд і приладів.

На часі створення сучасної принципово нових спеціальних споруд, устаткованих сучасними роботизованими вогневими системами, що вразливі до фугасного та кумулятивного ворожого вогню, але не послаблюють оборону, і забезпечуватимуть безперебійне нормальне функціонування бойового знаряддя без участі людини. Ідея полягає в тому, що ці споруди матимуть дуже короткий термін життя в сучасному бою. Але людина, воїн – житиме!

Таким чином існує нагальна потреба в наукових вишукуваннях, що дадуть подальший розвиток фортифікації як галузі військово-інженерного мистецтва.

Цілком вірогідно, що такі вишукування здійснюються, але не афішуються, як це і годиться у військових справах, однак викликає тривогу стан справ в Україні. Ми перебуваємо в стані перманентного збройного конфлікту з ворогом, що набагато численніший за нас, практично захищаючи світ від агресивних імперських зазіхань путінського режиму.

Це виклик до побудови оборони, фортифікації в тому числі. Тим часом маємо тільки гучний конфуз з «стіною Яценюка».

1. Актуальні питання нормативно правового забезпечення технічного регулювання у будівельній галузі сфери національної безпеки України / Михальченко С.В, Гетун Г.В, Товбич В.В. / Сучасні проблеми технічного регулювання в будівництві, вип. № 2. – К.: КНУБА, 2016. - С. 48÷52

2. Михальченко С.В. Кластерний підхід до формування та розвиток спеціальних територій за умов наближення до стандартів розвинених країн / Містобудування та територіальне планування, вип. № 59. – К.: КНУБА? 2016 - С. 336÷340.

1. Михальченко С.В. Формування системи стратегічного планування і прогнозування у будівельній галузі сфери національної безпеки України / Містобудування та територіальне планування, вип. № 61. – К.: КНУБА, 2016. - С. 78÷83.

Prospects for Modern Fortification

S. Mykhalchenko Associate Professor, Director,

*Research Institute of History and Theory architecture, urban planning and design,
Kyiv National University of Construction and Architecture*

Fortification as a branch of military engineering art is on the verge of a revolutionary breakthrough, a dialectical transition into the fundamentally new quality. The presence of artificial intelligence, modern means of computer equipment and communications enables withdrawing human resources from the area of direct military clashes; and thus, fortification will face the disappearance of the need to protect a person on the battlefield.

Scientific and technological progress offers the latest firing systems with automatic target recognition and destruction.

Thus, field fortification will enter fundamentally new features that are not related to a person's protection from the means of destruction. Techniques for camouflage practising, ensuring suddenness and the effectiveness of the use of defensive structures and devices will also become fundamentally new.

Techniques for disguising, ensuring suddenness and the effectiveness of the use of defensive structures and devices will also become fundamentally new

It is urgently needed to create modern fundamentally new specialized structures equipped with modern robotized firing systems, vulnerable to high-explosive and cumulative enemy fire, but not weakening the defense.

These structures will ensure the uninterrupted normal functioning of a combat weapon without human participation. The key issue is that these structures will have a very short lifespan in modern combat.

But a man, a warrior - will live!

Thus, there is an urgent need for scientific research, which will give the further development of fortification as a field of military engineering.

Such investigations are likely to be carried out, but they are not advertised, as it should be in military affairs, but the state of affairs in Ukraine is alarming. We are in a state of permanent armed conflict with an enemy much more numerous than us, practically protecting the world from the aggressive imperial encroachments of the Putin regime.

It is a challenge for us: how to build defence, including fortifications. Meanwhile, there is only a loud embarrassment with so-called "Yatseniuk's wall".

1. Actual issues of normative legal support of technical regulation in the construction industry of the sphere of national security of Ukraine / Mikhalchenko SV, Getun GV, Tovbych VV / Modern problems of technical regulation in construction, vol. № 2. - K. : KHYBA, 2016. - P. 48 ÷ 52
2. Mikhalchenko SV Cluster approach to the formation and development of special territories in terms of approximation to the standards of developed countries / Urban Planning and Spatial Planning, vol. № 59. - K. : KHYBA? 2016 - P. 336 ÷ 340.
3. Mikhalchenko SV Formation of the system of strategic planning and forecasting in the construction industry of the sphere of national security of Ukraine / Urban planning and territorial planning, vol. № 61. - K. : KHYBA, 2016. - C. 78 ÷ 83.

Геодезичний контроль стійкості фундаментів при будівництві та експлуатації висотної будівлі за індивідуальним проектом

Євген Зорін², повідний інженер, лабораторії інструментальних досліджень деформацій будівель і споруд,

Михайло Яковенко^{1,2}, аспірант, кафедри геоінформатики і фотограмметрії, завідувач лабораторії, інструментальних досліджень деформацій будівель і споруд,

¹Київського національного університету будівництва і архітектури;

²Державного Науково-дослідного інституту будівельних конструкцій (м. Київ).

Мета дослідження – визначення розвитку деформацій фундаментів та зон їх поширення в часі за допомогою інженерно-геодезичних методів при будівництві та експлуатації висотної будівлі. Тривалість геодезичного моніторингу 10 років (72 цикли). Актуальність моніторингу з метою запобігання аварійних ситуацій та сигналізування небезпеки зазначена у публікації [1]. За період моніторингу було зафіксовано до 178 мм осідань, зосереджені на марках, що встановлені на «ядрі жорсткості» - ліфтова група та сходові клітки. Далі від ядра жорсткості до периферії величина осідань зменшується.

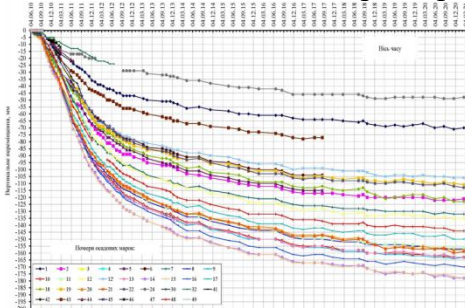


Рис. 1 – Графік розвитку в часі величин вертикальних переміщень осадкових марок протягом 10 років

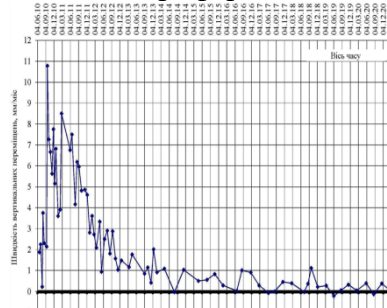


Рис. 2 – Графік швидкостей вертикальних переміщень осадкових марок протягом 10 років

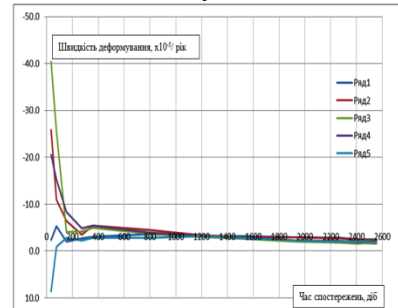


Рис. 3 – Середня швидкість деформування граней колон (10-б/міс) протягом року вимірювань

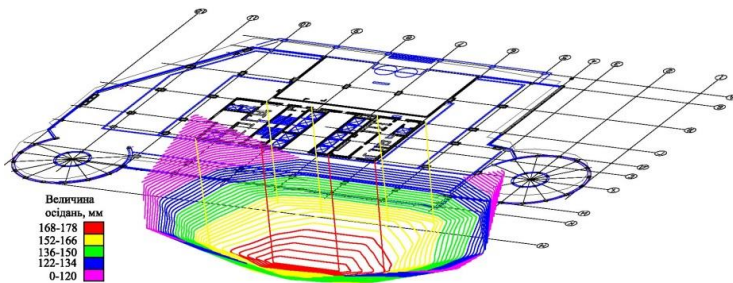


Рис. 4. – Ортогональна модель вертикальних переміщень фундаментів висотної будівлі за 10 років моніторингу

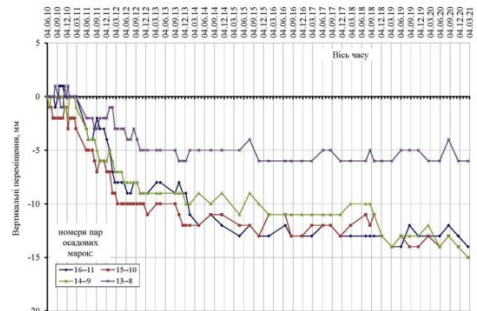


Рис. 5. - Графік розвитку в часі величин нерівномірності осідань (ΔS) пар осадкових марок

Для усіх колон, на яких проводились спостереження за деформуванням граней, середня швидкість деформування є близькою до швидкості деформування, яка обумовлюється деформаціями усадки та повзучості для бетону даного віку (рис. 1,2). Загальна швидкість деформування усіх граней постійно зменшується (рис. 3). За результатами осідань побудовано ортогональну модель, де зазначено величини та основне місце деформацій. За результатами побудовано графік розвитку величин нерівномірності осідань між сусідніми марками, що встановлені на «ядрі жорсткості». Отримані результати свідчать, що остаточна стабілізація деформацій (осадок) будівлі ще не досягнута.

Ishchenko, Y., Slyusarenko, Y., Melashenko, Y., Yakovenko, M., & Ben I. (2020). Геотехнічний моніторинг в умовах ущільненої міської забудови. Наука та будівництво, 25(3), 13-25.

<https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v25i3.2>

Geodetic control of the stability of the foundations during the construction and operation of a high-rise building on an individual project

E. Zorin², senior engineer, laboratory, instrumental research of deformations of buildings and structures,

M. Yakovenko^{1,2}, PhD student, Department of Geoinformatics and Photogrammetry, head of the laboratory, instrumental research of deformations of buildings and structures,

¹Kyiv National University of Construction and Architecture;

²State Enterprise «State research institute of building constructions», Kyiv.

The purpose of the study is to determine the development of deformations of foundations and zones of their distribution over time using engineering and geodetic methods in the construction and operation of high-rise buildings. Duration of geodetic monitoring is 10 years (72 cycles). The relevance of monitoring to prevent emergencies and signal danger is indicated in the publication [1]. During the monitoring period, up to 178 mm of subsidence were recorded, focusing on the marks mounted on the "rigidity core" - the lift group and stairwells. Further from the stiffness core to the periphery, the amount of subsidence decreases.

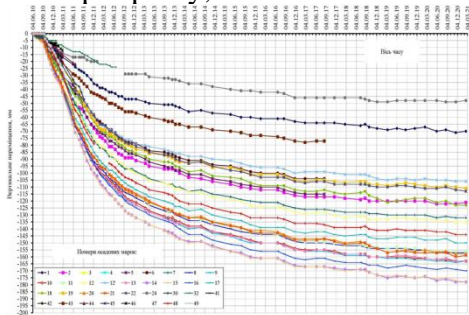


Fig. 1 - Graph of development in time of the values of vertical displacements of sedimentary marks for 10 years

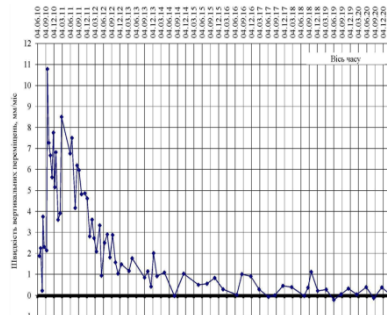


Fig. 2 - Graph of speeds of vertical movements of sedimentary marks during 10 years

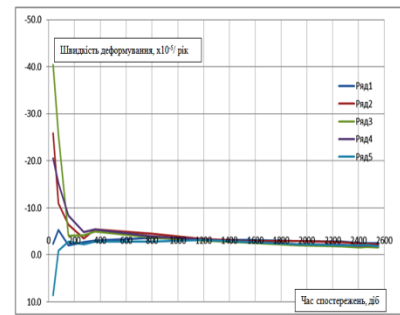


Fig. 3 - The average rate of deformation of the faces of the columns (10-6 / month) during the year of measurements

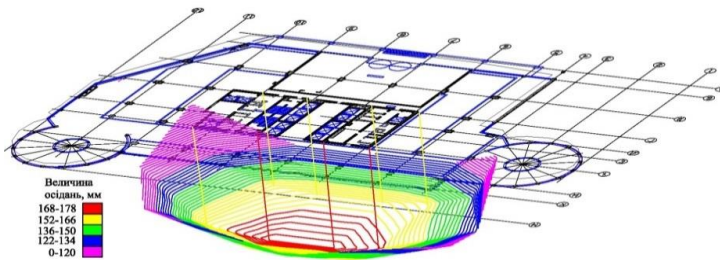


Fig.4. - Orthogonal model of vertical displacements of the foundations of a high-rise building for 10 years of monitoring

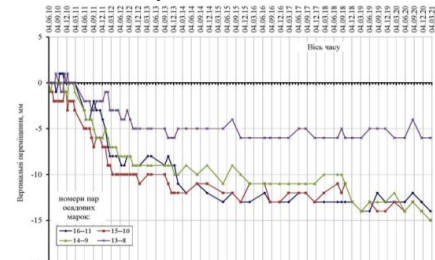


Fig. 5. - Graph of development in time of values of non-uniformity of sediments (ΔS) of pairs of sedimentary marks

For all columns on which the deformation of the faces was observed, the average deformation rate is close to the deformation rate, which is due to the deformations shrinkage and creep for concrete of a given age (Fig. 1,2). The total rate of deformation of all faces is constantly decreasing (Fig. 3). Based on the results of subsidence, an orthogonal model was constructed, which indicated the magnitudes and the main place of deformations. According to the results, a graph of the development of the values of the non-uniformity of sediments between neighboring marks, which are installed on the "core of rigidity". The obtained results indicate that the final stabilization of deformations (sediment) of the building has not yet been achieved.

1. Ishchenko, Y., Slyusarenko, Y., Melashenko, Y., Yakovenko, M., & BenI. (2020). Geotechnical monitoring in the conditions of compacted urban development. *Science and Construction*, 25(3), 13-25. <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v25i3.2>

Конструктивне рішення деревометалевого перекриття для гібридних будівель

Марк Бердников, асп. кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій,

Світлана Шехоркіна, канд.техн.наук, доцент кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій,

Микола Савицький, доктор техн. наук., професор, ректор

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури (м.Дніпро)

Гібридні конструктивні елементи з дерева і стали представляють собою дуже ефективну конструкцію для сучасних багатоповерхових будівель. Завдяки подібній комбінації матеріалів, досягаються значні економічні і екологічні переваги, оскільки висота конструкції може бути оптимізована під її територіальне розташування, вогнестійкість може бути збільшена, сейсмостійкість може бути поліпшена, а збірка конструкції може бути виконана значно ефективніше.

Конструкція з'єднання перекриття і балок. Одна із запропонованих розроблених будівельних систем являє собою сучасну версію класичної системи. Композитна конструкція зі сталі і бетону, яка відбувається шляхом заміни традиційних бетонних плит, на панелі cft [1].

Основний структурний каркас складається з гібридних стін зі сталі і дерева, які працюють на зрушення, в той час як горизонтальні елементи виготовлені з композитних сталевих і дерев'яних елементів з панелями cft. Збірка елементів відбувається на будівничому об'єкті, а в збірних деталях використовуються звичайні механічні з'єднувачі або пристрої, такі як болти і кронштейни. За рахунок спрощення з'єднання елементів між собою, даний спосіб підходить для будівництва і для проведення будівельних робіт навіть у несприятливих кліматичних умовах [2].

Гравітаційна навантаження переходить від поверхів до каркасу, спочатку завантажуючи композитні компоненти, а потім передаючи відносні вертикальні сили на колони. Далі навантаження переноситься на фундамент.

Для горизонтальних навантажень підлогу діє як кроквяна система, яка передає сили від вихідної точки до вертикальних систем розпірок. З'єднання елементів між собою відбувається за принципом балка до панелі і панель до панелі.

Сталеві балки також виконть стабілізацію конструкції, що запобігає будь-яку можливу нестабільність панелей cft поза площиною. Загальна поведінка всієї системи в основному визначається сталевим каркасом під дією гравітаційних навантажень. Для сейсмічних і вітрових сил, що діють в основному в горизонтальному напрямку, механізм опору регулюється взаємодією між діафрагмами і вертикальними системами жорсткості [3].

Як підсумок, важливою перевагою гібридних елементів є те, що як по горизонталі, так і по вертикалі вони мають підвищену несучу здатність без збільшення перерізів. Сильні навантаження можуть передаватися за допомогою простих з'єднань, які прискорюють час будівництва. Загальна вага конструкції залишається дуже низькою, що вигідно в разі землетрусу. У разі пожежі сталеві елементи захищені дерев'яними елементами і температура поперечних перерізів деревини збільшується менш стрімко. Сталеві армовані дерев'яні конструкції являють собою досить нескладний і швидкий метод будівництва.

1. Smith, I. & Frangi, A. 2014. Use of Timber in Tall Multi-Storey Buildings. Structural Engineering Document SED 13, International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE). ISBN 978-3-85748-132-1.
 2. Tesfamariam, S. & Stiemer, S.F. 2014. Special Issue on Performance of Timber and Hybrid Structures. Journal of Performance of Constructed Facilities 28(6): A2014001-1-3. 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000641.
 3. Wanninger, F. & Frangi, A. 2014. Experimental and analytical analysis of a post-tensioned timber connection under gravity loads. Engineering Structures 70: 117-129. 10.1016/j.engstruct.2014.03.042.
- Yeoh, D., Fragiaco, M., De Franceschi, M. & Boon, K.H. 2011. State of the Art on Timber-Concrete

Constructive solution of wood-metal flooring for hybrid buildings

*M. Berdnykov, PhD student, Department of reinforced concrete and masonry structures,
S. Shekhorkina, candidate of technical Sciences, Associate Professor, Department of
reinforced concrete and masonry structures,
M. Savytskyi, Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector*

Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture

Hybrid structural elements of wood and steel are a very effective design for modern multi-storey buildings. Due to this combination of materials, significant economic and environmental benefits are achieved, as the height of the structure can be optimized for its location, fire resistance can be increased, seismic resistance can be improved, and the assembly of the structure can be performed much more efficiently.

The design of the connection of floors and beams. One of the proposed developed building systems is a modern version of the classic system. Composite construction of steel and concrete, which occurs by replacing traditional concrete slabs, on the clt panel [1].

The main structural frame consists of hybrid walls of steel and wood, which work on the shift, while the horizontal elements are made of composite steel and wooden elements with clt panels. The elements are assembled at the construction site, and the prefabricated parts use conventional mechanical connectors or devices such as bolts and brackets. Due to the simplification of the connection of the elements with each other, this method is suitable for construction and for construction work, even in adverse climatic conditions [2].

Gravitational load passes from the floors to the frame, first loading the composite components, and then transferring the relative vertical forces to the columns. Then the load is transferred to the foundation.

For horizontal loads, the floor acts as a rafter system that transmits forces from the starting point to the vertical strut systems. The connection of the elements is based on the principle of beam to panel and panel to panel.

The steel beams will also perform structural stabilization, preventing any possible instability of the clt panels outside the plane. The general behavior of the whole system is mainly determined by the steel frame under the action of gravitational loads. For seismic and wind forces acting mainly in the horizontal direction, the resistance mechanism is regulated by the interaction between the diaphragms and vertical stiffness systems [3].

As a result, an important advantage of hybrid elements is that both horizontally and vertically, they have increased load-bearing capacity without increasing cross-sections. Heavy loads can be transmitted through simple connections that speed up construction time.

The total weight of the structure remains very low, which is advantageous in the event of an earthquake. In the event of a fire, the steel elements are protected by wooden elements and the temperature of the wood cross-sections increases less rapidly. Steel reinforced wooden structures are a fairly simple and fast method of construction.

1. Smith, I. & Frangi, A. 2014. Use of Timber in Tall Multi-Storey Buildings. Structural Engineering Document SED 13, International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE). ISBN 978-3-85748-132-1.

2. Tesfamariam, S. & Stiemer, S.F. 2014. Special Issue on Performance of Timber and Hybrid Structures. Journal of Performance of Constructed Facilities 28(6): A2014001-1-3. 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000641.

3. Wanninger, F. & Frangi, A. 2014. Experimental and analytical analysis of a post-tensioned timber connection under gravity loads. Engineering Structures 70: 117-129. 10.1016/j.engstruct.2014.03.042.

Yeoh, D., Fragiaco, M., De Franceschi, M. & Boon, K.H. 2011. State of the Art on Timber-Concrete

СЕКЦІЯ 2
«Сучасні будівельні матеріали»

Хімічні технології наномодифікації цементних композиційних матеріалів.

*Марина Суханевич, докт.техн.наук, професор кафедри будівельних матеріалів,
Дмитро Одарченко, студент,
Іван Остапович, студент*

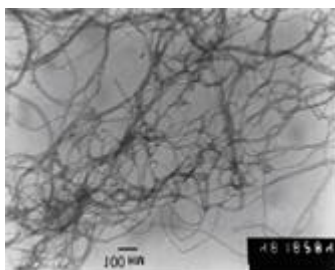
Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

В контексті поняття «Високі технології» (Hi-Tech) прогрес будівельного матеріалознавства слід пов'язувати з застосуванням нанотехнологій у виробництві будівельних композиційних матеріалів, до яких відносять цементні розчини і бетони [1].

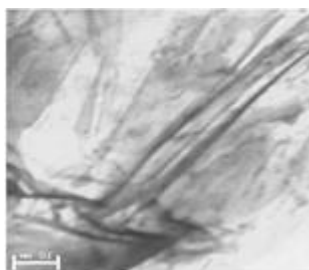
Використання наноматеріалів з розмірами частинок від 1 до 100 нм за останні 20 років підтвердило можливість одержання якісно відмінних за структурою і властивостями конструкційних та спеціальних матеріалів завдяки підвищеній активності нанорозмірних частинок у складі матриці, зокрема цементній. Наноматеріали належать до колоїдних частинок з різним ступенем дисперсності і підпорядковується законам колоїдної хімії. Використання унікальних властивостей вуглецевих нанотрубок відкрило широкі перспективи застосування їх у будівельній галузі, зокрема для отримання ефективних матеріалів на цементній основі [2]. Проте існує проблема рівномірного розподілення вуглецевих наноречовин в цементному матеріалі без їх скупчення, агрегування.

Метою дослідження є визначення хімічних процесів, що протікають при взаємодії поверхнево-активних речовин та вуглецевих наноречовин (нанотрубок, терморозширеного графіту).

В досліджах використовували ПАР різного хімічного складу: лігносульфонатного, нафталін- та меламінформальдегідного, полікарбоксилатного. Вуглецеві наноречовини (нанотрубки, нановолокна) (рис.1) вводили шляхом кавітаційного перемішування в гідродинамічному гомогенізаторі (рис.2).



а)



б)

Рис.1. - Фотографії вуглецевих нанотрубок (а), терморозширеного графіту (б), виконані з використанням трансмісійного електронного мікроскопу



Рис. 2. - Лабораторний ротаційний гідродинамічний гомогенізатор

Стабільність дисперсій визначали за допомогою лазерно-кореляційної спектроскопії. Встановлено, що ступінь диспергації нанодобавок залежить від хімічної природи ПАР та кількості наноречовини (оптимальним є вміст мас. 1%) [2]. Встановлено, що при наномодифікації цементної матриці спостерігається синергетичний ефект, що проявляється у зростанні міцності при стиску та при згині цементних композицій в присутності самого лише пластифікатора – на 50%, а в присутності вуглецевих наноречовин - ще на 50%. Виявлена закономірність проявляється лише при використанні в якості дисперсійного середовища для вуглецевих нанооб'єктів меламінформальдегідного та лігносульфонатного (з ефірами полікарбоксилату) пластифікаторів, в структурі яких присутні бензолні кільця [2].

1. Санчес Ф., Соболев К. Нанотехнологии в производстве бетонов: Обзор. *Вестник ТГАСУ*. 2013. № 3. С. 262-289.
2. Суханевич М.В. Порівняння ефективності застосування різних вуглецевих нанодобавок для модифікації цементних композиційних матеріалів. *Будівельні матеріали та вироби*. - №3-4 (95). – С.46-49.

Chemical technologies of nanomodification of cement composite materials.

*M.Sukhanevych, Dr.Sc., Professor of the Department of Building Materials,
D.Odarchenko, Student,
I. Ostapovych, Student*

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

In the context of the concept of "High Technologies" (HI-Tech), the progress of building material science should be associated with the use of nanotechnologies in the production of building composite materials, which include cement mortar and concrete [1].

The use of nanomaterials with particle size from 1 to 100 nm over the past 20 years has confirmed the possibility of obtaining qualitatively different structures and properties of structural and special materials due to the increased activity of nano sized particles in the matrix, in particular cement.

Nanomaterials belong to colloidal particles with varying degrees of dispersion and subordinate to the laws of colloidal chemistry. The use of unique properties of carbon nanotubes has opened a wide prospect of using them in the construction industry, in particular to obtain effective materials on a cement basis [2]. However, there is a problem of uniform distribution of carbon nanoparticles in cement material without their accumulation, aggregation.

The purpose of the study is to determine the chemical processes occurring in the interaction of surfactants and carbon nano-particles (nanotubes, thermo-exposure graphite).

In experiments, different chemical composition were evolved: lignosulfonate, naphthalene and melamine formaldehyde, polycarboxylate. Carbon nanoparticles (nanotubes, nanofibers) (fig. 1) were administered by cavitation mixing in a hydrodynamic homogenizer (fig. 2).

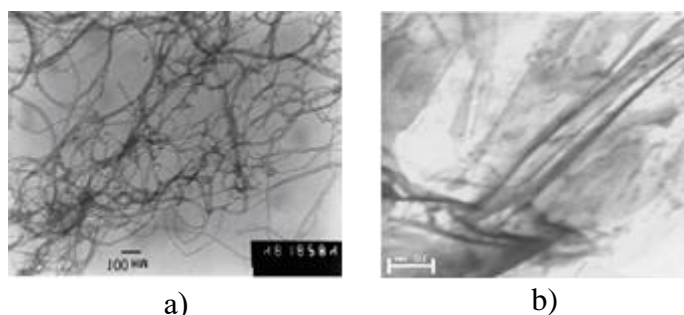


Fig. 1. - Photos of carbon nanotubes (A), thermo-exposure graphite (b), made using a transmission electron microscope



Fig. 2. - Laboratory rotary hydrodynamic homogenizer

The stability of the dispersions was determined by laser-correlation spectroscopy. It has been established that the degree of dispersion of nano additives depends on the chemical nature of the surfactant and the amount of nano-substance (optimal content of mass. 1%) [2].

It has been established that when nanomodification of a cement matrix there is a synergistic effect that is manifested in the growth of compression strength and bending strength of cement compositions in the presence of only a plasticizer - by 50%, and in the presence of carbon nano-substance - another 50%. The identified pattern manifests itself only when used as a dispersion medium for carbon nanoobjects of melamormaldehyde and lignosulfonate (ethers of polycarboxylate) plasticizers, in the structure of which there are benzene rings [2].

1. Sanchez F., Sobolev K. Nanotechnology in the manufacturer of concrete: Overview. TGUS Herald, 2013. No. 3. P. 262-289.
2. Sukhanevych M.V. Comparison of the effectiveness of using various carbon nanoadditives for modification of cement composite materials. Building materials and products. - №3-4 (95). - 2017. - P. 46-49.

Радіаційно-захисні властивості та радіаційна стійкість дрібнозернистих бетонів.

*Дмитро Анопко, канд.техн.наук, доцент кафедри будівельних матеріалів,
Ольга Гончар, канд.техн.наук, доцент кафедри будівельних матеріалів,
Марко-Василь Марунчак, студент*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Багаторічний світовий дослід використання матеріалів для радіаційного захисту показує, що головним матеріалом є бетон, в якому можлива комбінація важких елементів, необхідних для захисту від гамма-променів та легких, що поглинають нейтронні потоки. Останні обставини, а також легкість надання захисту необхідної будівельної форми, відносна низька ціна та широке використання місцевих сировинних матеріалів визначило застосування бетону для захисту від радіоактивного випромінювання як головного матеріалу.

Для дослідження поведінки бетонів під дією гамма-випромінювання були виготовлені дві серії зразків. Одна - контрольна, друга – піддавалася дії гамма-випромінюванню. Температура зразків при випробуваннях не перевищувала 40 °С, контрольних також була прийнята 40 °С. Доза гамма-випромінювання складала 10⁹ рад. Її значення відповідає дозі, яку може отримати бетон при контакті з високоактивними радіоактивними відходами об'єкт «Укриття» за 300 років. Характеристика промислової установки гамма-випромінювання: енергія випромінювання 1,25 МеВ та потужність дози 2,0 Мрад/годину. Використання такої установки, дозволяє досягти дози 10⁹ рад менше ніж за місяць, а 10⁸ рад – за 4-5 діб. Дії гамма-випромінювання піддавали зразки бетону, які досягли віку 28 діб та зберігалися в нормальних умовах. Аналізую отримані дані фізико-механічних випробувань радіаційно-захисних композитів, можна відмітити наступне, великі дози гамма та нейтронного випромінювання практично не впливають на міцність розроблених складів бетону[1].

Розроблені композити мають показники товщини шару половинного ослаблення для гамма-випромінювання ізотопу ¹³⁷Cs з енергією E=662 KeV – 3,20-5,29 см, та для нейтронного випромінювання ²⁵²Cf з енергією E=2,5 МеВ – 5,01-6,17 см. Отримані бетони мають невелику активність (на 3-4 порядки менше) порівняно з природнім хромом та залізом, якщо останні піддати дії нейтронного опромінення. Надання матеріалу такого значного енергетичного впливу призводить до виходу його з термодинамічної рівноваги, що створює умови для виникнення в ньому значних флуктуаційних процесів, що спрямовані на утворення порушень регулярності структури. Для зменшення інтенсивності флуктуацій є доцільним виготовлення композитів з мінімальною анізотропією властивостей, що в запропонованих матеріалах регулюється дисперсністю заповнювача та величиною деформації розширення цементу при твердненні [2].

Встановлено, що досліджені композити мають значну радіаційну стійкість в полі гамма-випромінювання при дозі в 1000 Мрад. Вони характеризуються зростанням міцності при стиску та стабільними значеннями міцності на розтяг при згині [3]. На основі отриманих даних розроблені склади бетонів для промислового виробництва та застосування. Має також інтерес дослідження властивостей даних композитів на мезо- та макрорівні після тривалої дії нейтронного та гамма-випромінювання, а в перспективі застосування теоретичних методів моделювання переносу потоку нейтронів крізь матеріал.

1. Шейнич Л.А., Анопко Д.В. *Радиационнозащитные безусадочные мелкозернистые бетоны на чугуных заполнителях.* – К.: Гамма-принт, 2011. 198 с.
2. Шейнич Л. А., Пушкарева Е. К. *Процессы самоорганизации структуры строительных композитов.* К.: Гамма-принт, 2009. 153 с.
3. Анопко Д.В., Гончар О.А., Кобылянский И.З. *Композиционный радиационнозащитный цемент с повышенной термо- и трещиностойкостью.* Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, 2019. № 4. Том 98. С. 231-240

Radiation protective properties and radiation resistance of fine-grained concretes.

D. Anopko, Ph.D., Associate Professor of the Department of Building Materials

O. Gonchar, Ph.D., Associate Professor of the Department of Building Materials

M-V. Marunchak, Student

Kyiv National University of Construction and Architecture

Many years of world experience in the selection of materials for radiation protection shows that concrete is the main material. It can combine heavy components to protect against gamma radiation and light components to absorb neutron fluxes. This fact, as well as manufacturability, low price and the possibility of using local materials, have determined the widespread use of concrete for protection against radioactive radiation.

To study the behaviour of concrete under the influence of gamma radiation, two series of samples were made. One series was the control, and the second was exposed to gamma radiation. The temperature of the samples during testing did not exceed 40 °C, the dose of gamma radiation was 10⁹ rad.

Its value corresponds to the dose that concrete can receive when it comes into contact with highly radioactive wastes from the “Shelter” facility for 300 years. The characteristic of an industrial gamma-ray plant is radiation energy of 1,25 MeV and a dose rate of 2 Mrad/h. Using this setup allows you to reach a dose of 10⁹ rad in less than a month, and 10⁸ rad in 4 - 5 days. Concrete that reached the age of 28 days and stored under normal conditions was exposed to gamma radiation. Analysing the obtained data of physical and mechanical tests of radiation-protective compositions, it can be noted that large doses of gamma radiation practically do not affect the strength of the developed material [1].

The developed composites have half-value for the γ -radiation of the ¹³⁷Cs isotope with energy E = 662 KeV – 3,20...5,29 cm, and for neutron radiation ²⁵²Cf with energy E = 2,5 MeV – 5,01...6,17 cm. The developed concrete compositions have a small activity (3-4 orders of magnitude lower) compared to natural chromium and iron if the latter are exposed to neutron radiation.

The influence on the material of such a significant energy impact removes it from thermodynamic equilibrium, which creates the conditions for the occurrence of significant fluctuation processes in it, aimed at creating violations of the regularity of the structure. To reduce the intensity of fluctuations, it is advisable to create composites with a minimum value of the anisotropy of their properties, which in the developed materials is controlled by the dispersion of the aggregate and the degree of expansion of cement. This confirms the promise of using the proposed fine-grained concrete as radiation-protective materials [2].

It was established that the studied composites have significant radiation resistance in the fields of gamma radiation at a dose of up to 1000 Mrad. They are characterized by an increase in compressive strength and stable values of tensile strength in bending [3].

Based on the data obtained, it is possible to develop concrete compositions for industrial production and use. It is also of interest to study the properties of these composites at the meso- and microlevels after prolonged irradiation with neutrons and gamma rays, and in the future, use of the theoretical method for modeling the transfer of neutron flux in various media.

1. Sheynich L. A., Anopko D. V. Radiation-protective non-shrinking fine-grained concrete on cast-iron aggregates (K: Gamma-print) – 2011. – P. 198.
2. Sheynich L. A., Pushkareva E. K. Self-organization processes of the structure of building composites (K: Gamma-print) – 2009. – P. 153.
3. Anopko D. V., Gonchar O. A., Kobylyanskiy I. Z. Composite radiation protective cement with enhanced thermal and crack resistance (Harkiv: HNUBA). – 2019. – Vol. – 98. – P. 231-240.

Аналіз впливу ударних навантажень на структуру шарів покриття доріг з матеріалів на основі високомолекулярних полімерних сполук.

Олександр Гореленко, асистент кафедри архітектурних конструкцій

Київського національного університету будівництва та архітектури. (м. Київ)

Мета дослідження – знаходження оптимального складу шарів конструкції дорожнього покриття, відповідно до умов пружності цих матеріалів. Забезпечення матеріалу здатності не змочуватись це гідрофобність поверхні, яку можна забезпечити основним складовим агентом асфальтобетонної суміші - бітумом. Проте головний недолік бітуму, те що в процесі експлуатації його структура, природних смол, поступово стирається, а під сонячними променями відбувається інтенсивний нагрів, а автотранспорт в такі моменти і зовсім руйнує це покриття. Подальше руйнування дороги атмосферними опадами, призводить до намокання та підтоплення дорожньої основи, під несучим покриттям. Такі процеси призводять до утворення хвиль та провалів в площині покриття. Геометрично це виглядає як утворення синусоїди, поперемінного зволоження та твердіння в деяких зонах конструкції [2].

Використання полімерів, таких як пластмаси, як сировина з переробки і одночасно основною складовою асфальтобетонної суміші, може надати конструкції дороги властивостей, які частково зменшують руйнівну дію води на конструкцію. Найбільш підходящими є еластомери завдяки їх можливості повторній переробці, та температурі плавлення від 150°C - яка відповідає температурі приготування асфальтобетонної суміші.

Використання еластомерів створить допоміжні зв'язки в конструкції дорожнього покриття і призведе до більш стійкого каркасу конструкції. Зв'язування полімерів з бітумним в'язучим створює більш захищену структуру шарів, що дає змогу більш інтенсивно використовувати геотекстиль та геосітки.

Геометричне моделювання шарів дорожнього покриття показує значний приріст міцності кожного шару конструкції. Та ще однією надзвичайною властивістю такого покриття, є знижена маса конструкції при більш високих характеристиках міцності, як наслідок [1]. Таким чином, для цих властивостей наступний, при додаванні у будівельний бітум геовкладишів різної геометрії, особливо просторової збільшується питома міцність в'язучої речовини на прикладі формули:

$$R_n = RD$$

де, R - міцність матеріалу МПа;
 D - відносна густина матеріалу кг/м².

Отже наслідок цієї формули показує, що фактичне збільшення густини кінцевого матеріалу і призводить до збільшення ваги шарів такого покриття. Але є наслідок з закону Гука*, що чим міцніше матеріал і чим він легше, тим більше його питома міцність. Виникає парадокс, коли для збільшення довговічності дорожнього полотна потрібно створювати важкі і товсті шари, що суперечить вищезазначеному наслідку закону Гука. Альтернатива таким методам у створенні легких заповнювачів, та геосіток на основі полімерів різної геометрії і малої густини, для зменшення ваги всієї конструкції і як наслідок цього, більший строк використання полотна за рахунок не руйнування під власною вагою, що спричиняє постійне напруження в структурі дорожнього полотна.

1. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: дис. д-ра техн. наук: 05.22.11. Мозговой Владимир Васильевич; Киевский автомобильно-дорожный институт – К., 1996. 343 с
2. Цинь Сяосюань (КНР), Михайлов А.І. Моделювання напруженодеформованого стану дорожніх одягів з Трищинами у покритті: Харківський національний автомобільно-дорожній університет – Х. 2020. 267с.

* - закон Гука - тут використано класичне формулювання наслідку питомої міцності іншими словами наз. Коефіцієнт конструктивної якості.

Analysis of the influence of shock loads on the structure of road surfaces from materials based on high molecular weight polymer compounds.

O.Horelenko, Assistant, Department of Architectural Structures

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

The purpose of the study is to find the optimal composition of the layers of the pavement structure, in accordance with the conditions of elasticity of these materials. Providing the material with the ability not to get wet is the hydrophobicity of the surface, which can be provided by the main component agent of the asphalt concrete mixture - bitumen. However, the main disadvantage of bitumen is that during operation its structure, natural resins, is gradually erased, and under the sun there is intense heating, and vehicles at such times and completely destroys the coating. Further destruction of the road by atmospheric precipitation leads to wetting and flooding of the road base, under the bearing surface. Such processes lead to the formation of waves and dips in the plane of the coating. Geometrically, it looks like the formation of a sinusoid, alternating moisture and hardening in some areas of the structure [2].

The use of polymers, such as plastics, as raw materials for processing and at the same time the main component of the asphalt mixture, can give the road structure properties that partially reduce the destructive effect of water on the structure. Elastomers are the most suitable due to their recyclability and melting point of 150 ° C - which corresponds to the temperature of preparation of the asphalt mixture.

The use of elastomers will create auxiliary bonds in the construction of the pavement and will lead to a more stable frame structure. Binding of polymers to bituminous binder creates a more protected structure of layers, which allows more intensive use of geotextiles and geogrids.

Geometric modeling of the layers of the pavement shows a significant increase in the strength of each layer of the structure. But another extraordinary property of such a coating is the reduced weight of the structure with higher strength characteristics, as a consequence [1].

Thus, for these properties the following, when adding to the construction bitumen geolayers of different geometry, especially spatial increases the specific strength of the binder on the example of the formula:

$$R_n = RD$$

where,

R - is the strength of the material MPa;

D - relative density of the material kg /m²

Therefore, the consequence of this formula shows that the actual increase in the density of the final material and leads to an increase in the weight of the layers of such a coating. But there is a consequence of Hooke's law*, that the stronger the material and the lighter it is, the greater its specific strength. There is a paradox when to increase the durability of the road you need to create heavy and thick layers, which contradicts the above consequence of Hooke's law. An alternative to such methods in the creation of light aggregates and geogrids based on polymers of different geometries and low densities, to reduce the weight of the whole structure and as a consequence, longer life of the road due to non-destruction under its own weight, causing constant stress in the road structure.

1. Mozgovoy V.V. Scientific bases of maintenance of temperature crack resistance of asphalt concrete coverings: dis. Dr. Tech. Science: 05.22.11. Mozgovoy Vladimir Vasilyevich; Kiev Automobile and Road Institute - K., 1996. 343 p
2. Qin Xiaoxuan (PRC), Mikhailov AI Modeling of stress-strain state of pavements with cracks in the pavement: Kharkiv National Automobile and Road University - H. 2020. 267p.

* - Hooke's law - here the classical formulation of a consequence of specific strength in other words is used. Coefficient of constructive quality.

Окремі аспекти визначення ефективності вогнезахисту тканин.

*Ольга Бондаренко, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних матеріалів,
Юрій Цапко, д-р техн. наук, професор,
Аліна Ятлук, студент*

*Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ),
Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів (м. Київ)*

Одними з найбільш розповсюджених матеріалів для оздоблення громадських приміщень залишаються тканини (гардини, штори, занавіски), але в зв'язку з їх підвищеною горючістю такі матеріали відносяться до пожежонебезпечних. Зниження горючості і розроблення важкогорючих та важкозаймистих матеріалів є одним із основних напрямків попередження виникнення пожежі та вирішення проблеми розширення області застосування цих матеріалів [1]. Оброблення засобами вогнезахисту суттєво впливає на поширення полум'я, дозволяє набагато зменшити димоутворювальну здатність та тепловиділення. Тому постає необхідність дослідження умов утворення бар'єру для розповсюдження полум'я та встановлення ефективної дії покриття з утворенням шару коксу, що дасть можливість взяти заходів для ліквідації пожежі.

У зв'язку з цим відповідно до [2] проведено попередні випробування брезентової тканини для виготовлення наметів, які були оброблені композицією на основі фосфорно-амонійних солей з додаванням природних полімерів для підвищення еластичності (рис. 1).

Суть методу випробування на займистість полягає в оцінюванні характеристик горіння матеріалів під дією полум'я в лабораторних умовах, які контролюються. Для проведення випробувань застосовують випробувальну установку, в якій закріплюють випробувальний зразок текстильного матеріалу (розміром 220 x 170 мм) і підводять газовий паливник з висотою полум'я 40 мм протягом 15 с.

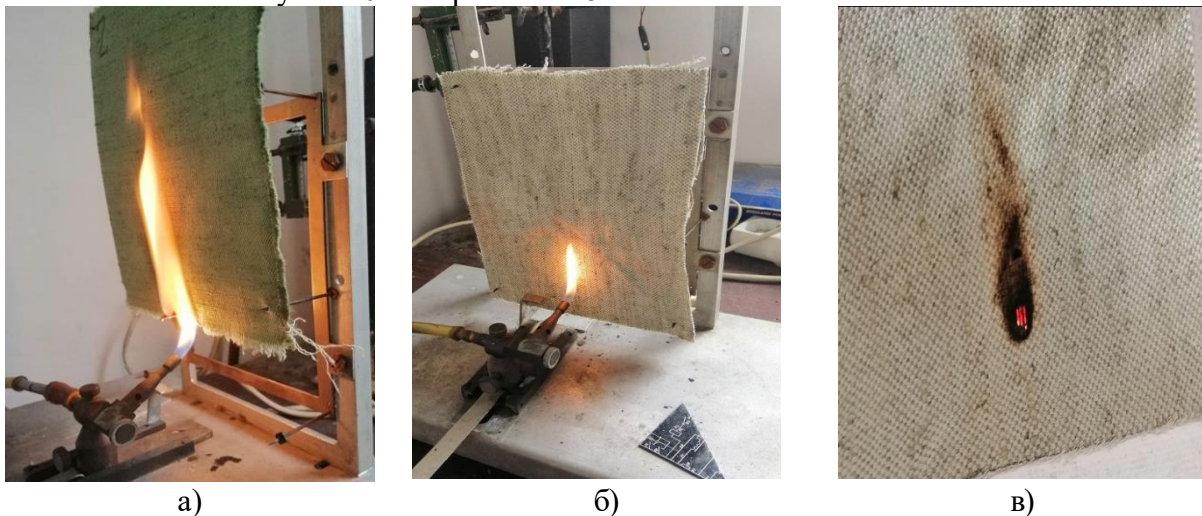


Рис. 1. – Процес випробування тканини: а – необроблена; б – вогнезахищена; в – результат випробування вогнезахищеної тканини.

Після проведення випробування видно, що зразок необробленої тканини через проміжок у 5 с зайнявся, вогнезахищена тканина витримала дію полум'я, не підтримує самостійне горіння, пошкодження зразка становило не більше 50 мм.

Таким чином, запропонована розробка спрямована на створення вогнезахисних матеріалів для конструкцій з текстильних виробів за рахунок направленої формування еластичного покриття, стійкого до дії перемінних температурно-вологісних факторів.

1. Кривенко П.В. Вогнезахист будівельних конструкцій з деревини. Теорія та практика: монографія / П.В. Кривенко, Ю.В. Цапко, С.Г. Гузій. – Харків: Видавництво та друкарня ПП «Технологічний центр». – 2018. – 348 с.
2. ДСТУ 4155 Матеріали текстильні. Метод випробування на займистість. – Київ: Держспоживстандарт України, 2003.

Some aspects of determining the effectiveness of fire protection of tissues.

O. Bondarenko, Candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Materials,

Yu. Tsapko, Doctor of technical Sciences, Professor,

A. Yatluk, Student

Kyiv National University of Construction and Architecture in Kyiv,

Scientific Research Institute for Binders and Materials in Kyiv

One of the most common materials for the decoration of public premises remain tissues (curtains, curtains, curtains), but in connection with their increased combustibility, such materials relate to fire hazard. Reducing combustibility and development of heavy and heavyweight materials is one of the main areas of fire prevention and solving the problem of expanding the application of these materials [1]. The treatment of fireproof means significantly affects the spread of the flame, allows you to significantly reduce the smoke-forming capacity and heat dissipation. Therefore, it is necessary to study the conditions for the formation of a barrier to distribute the flame and establishing an effective coke layer, which will enable measures to eliminate the fire.

In this regard, according to [2] preliminary tests of canvases for the manufacture of tents, which were treated with a composition based on phosphorus-ammonium salts with the addition of natural polymers to increase elasticity (Fig. 1).

The essence of the test method for flammability is to evaluate the characteristics of combustion of materials under the action of a flame in laboratory conditions controlled. For tests, a test installation is used in which the test sample of the textile material (220 x 170 mm) is fixed and a gas burner with a flame height is 40 mm for 15 seconds.

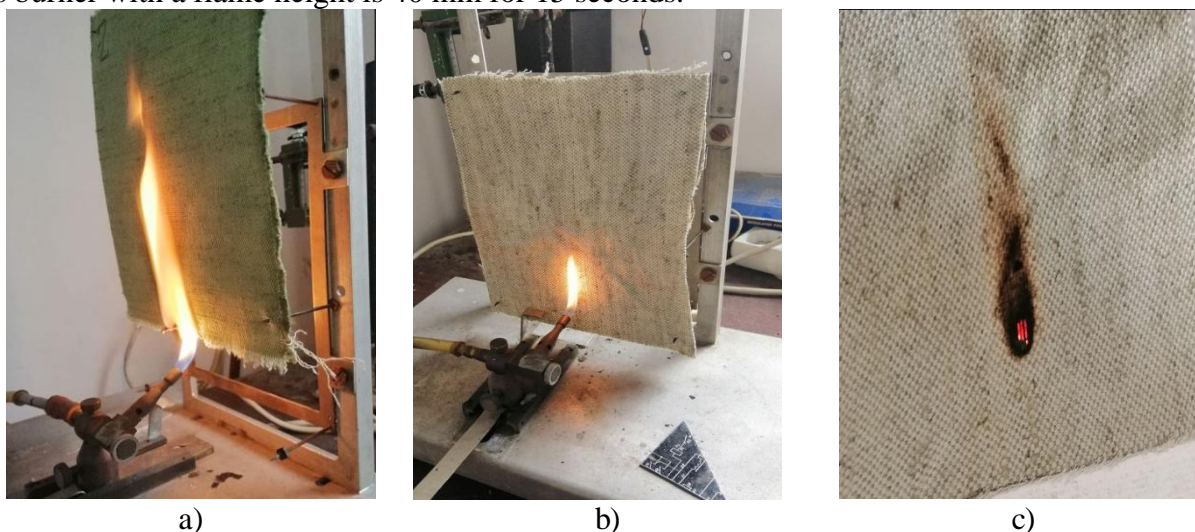


Fig. 1. – The process of tissue testing: a – untreated; b – fireproof; c – the result of the test of fire-proof tissue.

After testing, it is evident that the sample of untreated tissue through the gap of 5 seconds has begun, the fire-proof tissue withstood the effect of the flame, does not support independent combustion; the sample damage was no more than 50 mm.

Thus, the proposed development is aimed at creating fire protection materials for structures of textile products due to the directional formation of the elastic coating, resistant to variable temperature-humid factors.

1. Krivenko P.V. Fire protection of building structures from wood. Theory and Practice: Monograph / P.V. Krivenko, Yu.V. Tsapko, S.G. Guziy. – Kharkiv: Publishing and Printing house PP "Technological Center". – 2018. – 348 p.
2. DSTU 4155 Textile materials. Test method for flammability. – Kiev: Derzhspozhyvstandart of Ukraine, 2003.

Перспективи отримання сучасних матеріалів та виробів на основі техногенних продуктів

*Ольга Гончар, канд.техн.наук, доцент кафедри будівельних матеріалів,
Дмитро Анопко, канд.техн.наук, доцент кафедри будівельних матеріалів,
Дар'я Рудзей, студентка*

Київського національного університету будівництва і архітектури (м.Київ)

Фосфогіпс представляє собою техногенний продукт, отриманий при кислотній переробці мінералів, що містять фосфати кальцію (апатити, фосфорити). У цих мінералах, крім цільових речовин, містяться домішки, багато з яких залишаються в складі фосфогіпсу. Оскільки вони є розчинними у воді і летючими, то в сезон дощів ці речовини вимиваються дощовою водою і потрапляють у водоносні горизонти, а звідти - в продукти споживання. Основними домішками, що містяться в фосфогіпсі, є фосфати і фториди, часто у формі вільних кислот - фосфорної і плавикової. Згідно з даними хімічного аналізу в відвальному фосфогіпсі може міститися більше 1% залишкових фосфатів і більше 0,5% - фторидів. Як випливає з назви, фосфогіпс - це сульфат кальцію, хімічний аналог природного гіпсового каменю, з якого виробляють гіпсові в'язучі речовини. Здавалося б, самим раціональним способом утилізації фосфогіпсу, як відходу, є переробка його на гіпсову в'язучу речовину, так само як з природної сировини [1-2]. Але, на жаль, такий прямий підхід не спрацьовує і на те є дві причини. Перша причина - розмір часток фосфогіпсу. У процесі утворення фосфогіпс формує дрібні кристали часто голчастої і пластинчастої форми. Якщо переробити фосфогіпс за технологією, яка застосовується для отримання гіпсу з природної сировини, то отриманий матеріал буде мати в 2 ... 3 рази більшу водопотребу, порівняно з матеріалом на основі природної сировини. Відповідно, після затвердіння ми отримаємо штучний камінь з низькою міцністю та великою усадкою, який буде схильний до розтріскування. Тому для отримання з фосфогіпсу будівельного матеріалу з високими експлуатаційними характеристиками доводиться використовувати спеціальні методи переробки, які набагато дорожче. Друга причина - токсичні сполуки, такі як залишки кислот (сірчаної, фосфорної і, що найнебезпечніше, плавиковою) і домішки важких і токсичних металів. Також в деяких видах фосфогіпсу містяться радіоактивні елементи сімейств урану і торію. Цілком природно, що такий токсичний продукт заборонений до безпосереднього застосування у будівництві.

Оптимальним вирішенням проблеми переробки фосфогіпсу, що дозволяє подолати зазначені перешкоди, є проведення повної перекристалізації двугідрату сульфата кальцію, тобто перекристалізація через повне розчинення. Такий підхід дозволяє як отримати сульфат кальцію в формі великих кристалів, так і ефективно очистити фосфогіпс від домішок. Технологія переробки складається з двох стадій: перша стадія – вилучення 90 ... 95% фосфогіпсу у вигляді чистого сульфату кальцію; друга - гідрометалургійна переробка отриманого концентрату, в результаті якої отримуємо окремі оксиди, склад і структура яких залежить від виду і кількості домішок у фосфогіпсі. Кінцевим продуктом першої стадії переробки можуть бути такі матеріали як гіпсова в'язуча речовини підвищеної білизни (600 ... 650 кг з тони фосфогіпсу), синтетичний тонкодисперсний кальцит - наповнювач для фарб, пластмас, шпаклівок (550 ... 600 кг з тони переробленого фосфогіпсу), оксид кальцію (негашене вапно, 300 ... 350 кг з тони фосфогіпсу) або гідроксид кальцію (гашене вапно, 400 ... 450 кг з тони фосфогіпсу)

Отримані таким способом переробки фосфогіпсу матеріали можуть бути широко використані в будівництві, наприклад, в складі сухих будівельних сумішей і фарб, при виготовленні гіпсокартону, гіпсових пазогребневих плит тощо.

1. Гумницький Я. М., Малик Ю. О., Мальований М. С., Волікова Н. М. Комплексна переробка фосфорної сировини України // Хімічна промисловість України. № 1. К., 1998. С. 8—9.

2. Червяков Ю.М., П'ятигорська Н.І., Супрун Л.А. Відвальний фосфогіпс як сировина при виготовленні будівельних матеріалів / Матеріали науково-практичного семінару "Гіпс, техногенний гіпс, вироби на основі гіпсу і їх використання в житловому будівництві". – К., 2004. – С. 52–59.

Prospects of obtaining modern materials and products based on technogenic products

O. Honchar, Candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building materials,

D. Anopko, Candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building materials,

D. Rudzei, Student

Kyiv National University of Construction and Architecture in Kiev

Phosphogypsum is a man-made product obtained by acid processing of minerals containing calcium phosphates (apatites, phosphorites). These minerals, in addition to the target substances, contain impurities, many of which remain in the phosphogypsum. Due to the acidic environment stored in the phosphogypsum massif, and despite washing with water, these impurities have an active form - they are soluble in water and volatile. Thus, during the rainy season, these substances are washed away by rainwater and fall into aquifers, and from there - into consumer products. The main impurities contained in phosphogypsum are phosphates and fluorides, often in the form of free acids - phosphoric and hydrofluoric. According to chemical analysis, dump phosphogypsum may contain more than 1% residual phosphates and more than 0.5% fluorides. As the name suggests, phosphogypsum is calcium sulfate, a chemical analog of natural gypsum stone that is used to make gypsum binders. It would seem that the most rational way to dispose of phosphogypsum as waste is to process it into a gypsum binder using the same technology that is used for natural raw materials. Unfortunately, this direct approach does not work, for two reasons. The first reason is the particle size of phosphogypsum. In the process of formation, phosphogypsum forms small crystals, often needle-shaped and lamellar. If you process phosphogypsum according to the technology used to obtain gypsum from natural raw materials, the resulting material will have 2 ... 3 times more water consumption compared to the material based on natural raw materials. Accordingly, after curing we will get an artificial stone with low strength and high shrinkage, which will be prone to cracking. Therefore, to obtain from phosphogypsum building material with high-performance characteristics have to use special processing methods, which are much more expensive. The second reason - toxic compounds such as acid residues (sulfuric, phosphoric, and, most dangerously, hydrofluoric) and impurities of heavy and toxic metals. Also, some types of phosphogypsum contain radioactive elements of the family's uranium and thorium. It is natural that such a toxic product is prohibited for direct use in construction.

The optimal solution to the problem of processing phosphogypsum, which overcomes these obstacles, is the complete recrystallization of calcium sulfate dihydrate, ie recrystallization through complete dissolution. This approach allows you to get calcium sulfate in the form of large crystals, and effectively clean phosphogypsum from impurities. Processing technology consists of two stages: the first stage - extraction of 90 ... 95% of phosphogypsum in the form of pure calcium sulfate; the second - hydrometallurgical processing of the received concentrate as a result of which we will receive separate oxides which components and structure depend on a kind and quantity of impurity in phosphogypsum. The final product of the first stage of processing can be such materials as gypsum binder (600 ... 650 kg from a ton of phosphogypsum), synthetic fine calcite - a filler for paints, plastics, putties (550 ... 600 kg from a ton of processed phosphogypsum), calcium oxide (quicklime, 300 ... 350 kg per ton of phosphogypsum) or calcium hydroxide (slaked lime, 400 ... 450 kg per ton of phosphogypsum).

The materials obtained in this way of processing phosphogypsum can be widely used in construction, for example, in the composition of dry construction mixtures and paints, in the manufacture of gypsum board, gypsum grooved boards, and the like.

1. Humnytskyi Ya. M., Malyk Yu. O., Malovanyi M. S., Volikova N. M. Complex processing of phosphorus raw materials of Ukraine // Chemical industry of Ukraine. - № 1. - K., 1998. - P. 8—9.

2. Cherviakov Yu.M., Piatyhorska N.I., Suprun L.A. Dump phosphogypsum as a raw material in the manufacture of building materials // Materials of the scientific-practical seminar "Gypsum, man-made gypsum, gypsum-based products and their use in residential construction". - K., 2004. - P. 52–59.

Технології відновлення залізобетонних споруд з використанням наномодифікованих цементно-полімерних розчинів.

*Марина Суханевич, докт.техн.наук, професор кафедри будівельних матеріалів,
Владислав Ткач, студент,
Владислав Галіца, студент*

Київського національного університету будівництва і архітектури (м. Київ)

Підвищення водонепроникності будівельних конструкцій все частіше стає пріоритетною проблемою, яку можна вирішити за рахунок використання цементних розчинів. На сьогодні перспективним напрямом покращення властивостей цементних композиційних матеріалів є використання нанотехнологій, в яких застосовують речовини розмірами 10^{-9} м [1]. Для розчинів, які в затверділому вигляді є тонкошаровими покриттями, з усіх існуючих та досліджених нанооб'єктів доцільним вбачається застосування вуглецевих нанотрубок завдяки їх унікально високим фізико-механічним характеристикам та значній поверхневій енергії [2].

Мета дослідження - визначення особливостей використання наномодифікованих цементно-полімерних розчинів для відновлення, гідроізоляції бетонних споруд.

Розчини виготовляють у вигляді двокомпонентної суміші, яка складається з сухої частини (шлакомісткий цемент, фракціонований пісок, алюмосилікатна добавка) та рідкої частини (дисперсія пластифікатора меламінформальдегідного типу з вуглецевими нанотрубками) [3]. Технологія відновлення будівельних конструкцій включає приготування двокомпонентної суміші безпосередньо перед використанням у кількості, необхідній для покриття $1,0-1,5$ м² площі та самого процесу нанесення на поверхню бетону (рис.1).

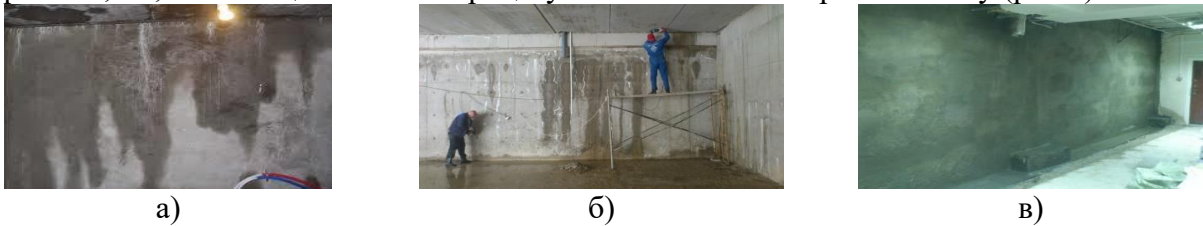


Рис.1. - Технологія нанесення гідроізоляційного розчину: а) вихідна конструкція; б) процес нанесення покриття; в) відновлена поверхня конструкції

Особливістю нанесення розчину є необхідність попередньо зволожити поверхню на глибину 3-5 мм, ретельно її очистити, та видалити слабкі частинки. Перший шар розчину, який наносять шпателем, має бути товщиною 3-5 мм. Після затвердіння покриття через 10-12 годин його необхідно зволожити, та потім наносити другий шар товщиною 2-3 мм. Використання відремонтованої та ізольованої конструкції можна через 7-8 діб після затвердіння розчину.

Отриманий наномодифікований матеріал характеризується такими експлуатаційними властивостями: міцністю при стиску 35...49 МПа, коефіцієнтом водопоглинання 0,018...0,021 кг/м²·√год, адгезією 1,5...2,0 МПа, водонепроникністю 0,74...0,87 МПа, корозійною стійкістю в сульфатному середовищі 0,73...0,92, морозостійкістю до 200 циклів [3].

1. Middendorf B. Macro- Micro- Nano- Nanotechnology for development of binder and concrete .BFT. 2005. № 2. P. 16-17.
2. Суханевич М.В. Принципи композиційної побудови гідроізоляційних матеріалів на основі цементів, модифікованих мікро- та нанодобавками. Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. - Вип.58. - 2017. - С.149-157.
3. Pushkarova K. Using of untreated carbon nanotubes in cement composition / Pushkarova K., Sukhanevych M., Marsikh A. // Materials Science Forum. – Trans Tech Publications, Switzerland, 2016. – Vol. 865. – P.6-11.

Technologies for the restoration of reinforced concrete structures using nanomodified cement-polymer solutions.

M. Sukhanevych, Dr.Sc., Professor of the Department of Building Materials,

V. Tkach, Student

V. Galica, Student

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

Increasing waterproofing building structures increasingly becomes a priority problem that can be solved by using cement mortars. Today, a promising direction for improving the properties of cement composite materials is the use of nanotechnologies in which the gates are used in size 10^{-9}m [1].

For solutions, which in hardening form are thin-layer coatings, from all existing and investigated nanobjects it is expedient to use of carbon nanotubes due to their uniquely high physical and mechanical characteristics and significant surface energy] 2].

The purpose of the study is to determine the features of the use of nanomodified cement-polymeric mortars for the recovery, waterproofing of concrete structures.

The mortar are manufactured in the form of a two-component mixture consisting of a dry part (slag cement, fractionated sand, aluminosilicate additive) and a liquid part (dispersion of melamine-formaldehyde type plasticizer with carbon nanotubes) [3].

The technology of recovery of building structures includes the preparation of a two-component mixture directly before use in an amount required to coating 1.0-1.5 m^2 of the area and the process itself to the concrete surface (Fig. 1).

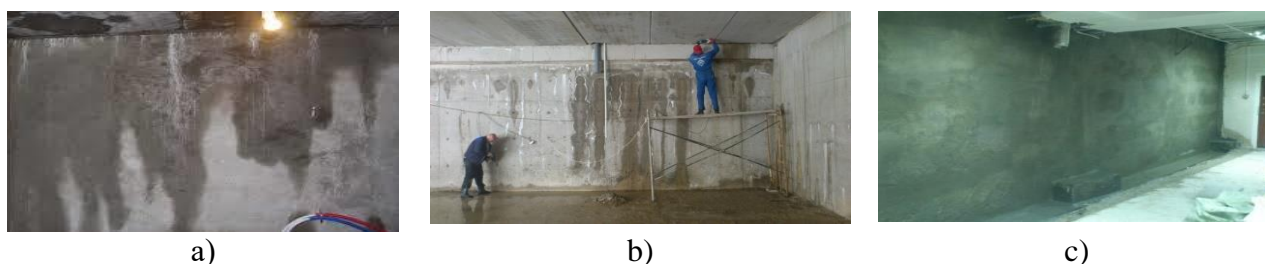


Fig. 1. - Technology of applying a waterproofing solution: a) the initial design; b) the coating process; c) the restored surface of the construction

The peculiarity of application of the mortars the need to pre-moisturize the surface to a depth of 3-5 mm, thoroughly cleaned it, and remove weak particles. The first layer of a mortar is applied with a spatula should be a thickness of 3-5 mm. After hardening the coating in 10-12 hours it needs to moisturize, and then apply a second layer of 2-3 mm thick. The use of a repaired and insulated design can be 7-8 days after hardening of the mortar.

The resulting nanomodified material is characterized by the following operational properties: compression strength 35 ... 49 MPa, a water absorption coefficient of 0.018 ... 0,021 $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}}$, adhesion 1,5 ... 2.0 MPa, waterproofness 0,74 ... 0,87 MPa, corrosion resistance in a sulfate medium 0.73 ... 0.92, frost resistance to 200 cycles [3].

1. Middendorf B. Macro- Micro- Nano- Nanotechnology for development of binder and concrete. BFT. 2005. No. 2. P. 16-17.
2. Sukhanevich M.V. Principles of composite construction of waterproofing materials based on cements modified by micro and nano-alignment. Building materials, products and sanitary equipment. - Vyp.58. - 2017.- p.149-157.
3. Pushkarova K. Using of Untreated Carbon Nanotubes in Cement Composition / Pushkarova K., Sukhanevych M., Marsikh A. // Materials Science Forum. - Trans Tech Publications, Switzerland, 2016 - Vol. 865. - P.6-11.

Особливості морозостійкості бетону на основі модифікованого шлакопортландцементу.

*Ольга Бондаренко, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних матеріалів,
Дмитро Гоц, студент
Сергій Бродовський, студент*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Кожен рік все більше розширюється сфера застосування шлакопортландцементів при виробництві збірного і монолітного залізобетону. Однак, одним з затримують чинників такого застосування бетонів на шлакопортландцементі, є його морозостійкість [1]. Бетони на основі шлакопортландцементу витримують 50...100 циклів заморожування і відтавання. Тому, з одного боку, обмежують застосування таких цементів для виробів з морозостійкістю бетону марок до F75...100, або дозволяють їх застосування для більш високих значень марок по морозостійкості при утриманні шлаку в шлакопортландцементі не більше 30...35%; з іншого боку є відомості про можливість отримання бетонів на таких цементах з маркою по морозостійкості F500 і більше. Проте, зазвичай, шлакопортландцемент не рекомендують для виробів і конструкцій, що працюють в особливо суворих умовах. Однак, сформована в процесі гідратації тонкодисперсна структура гідратних новоутворень шлакопортландцементу, сприяє зменшенню капілярної пористості і зростання резервної пористості, що, в цілому, може посприяти підвищенню показника морозостійкості [2].

Для отримання в'язучої речовини зі змінним вмістом гранульованого доменного шлаку (ГДШ) і склопорошку (СП) в якості сировинних компонентів використовували: портландцемент ПЦ І-500-Н, ГДШ, бій тарного скла, добавка поліфункціональної дії – Coral N-4. Твердіння стандартних зразків здійснювалося в камері при нормальних умовах протягом 2, 7 і 28 діб. Морозостійкість бетонних зразків визначали за ДСТУ Б В. 2.7-49-96 за прискореною методикою (ІІІ метод) в автоматичній холодильній камері УТИ-175-Х-1/-20-50.

В результаті проведених досліджень показано, що введення добавки поліфункціональної дії – Coral N-4 (0,2%) і склопорошку в оптимальній кількості – 5% до складу шлакопортландцементу, який містить 40% ГДШ (рис. 1, б), порівняно з 20% ГДШ (рис. 1, а), забезпечує утворення мінімальної кількості льоду при охолодженні до температури -25°C – до $4,6 \text{ г/дм}^3$; при охолодженні до температури -20°C – до $2,8 \text{ г/дм}^3$; при охолодженні до температури -10°C – $0,1 \text{ г/дм}^3$, що зумовлено зменшенням об'єму капілярних пор матеріалу. При зазначених температурах охолодження відповідні значення льодоутворення відповідають 400 «стандартним» циклам морозостійкості бетону.

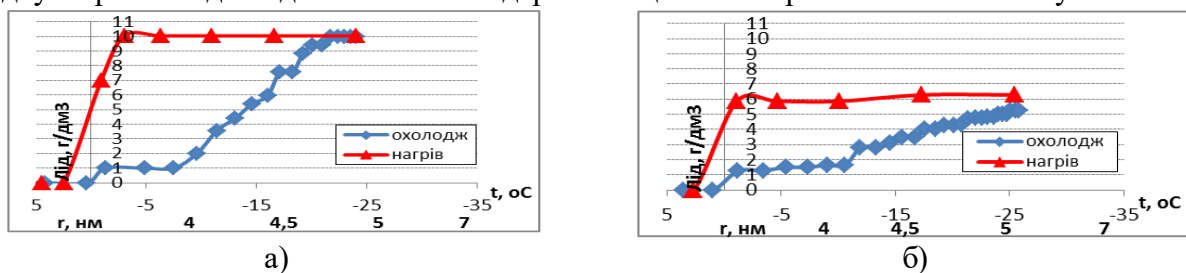


Рис. 1. – Льодоутворення та морозостійкість бетону на основі шлакопортландцементу з вмістом оптимальної кількості склопорошку (5%) і добавки поліфункціональної дії – Coral N-4 (0,2%) та ГДШ в кількості, %: 20 (а); 40 (б) залежно від температури та розміру капілярних пор.

Високі показники морозостійкості свідчать про довговічність отриманих бетонів, які можуть бути рекомендовані для отримання бетонів спеціального призначення.

1. Горчаков Г.И.. Повышение морозостойкости бетона в конструкциях промышленных и гидротехнических сооружений / Г.И. Горчаков, М.М. Капкин, Б.Г. Скрамгаев. – М.: Стройиздат.

2. Троян В.В. Моделювання морозостійкості бетону / В.В. Троян, Н.О. Сова // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – 2013. – Вип. 49. – С. 139-144.

Features of frost resistance of concrete on the basis of the modified slag Portland cement.

O. Bondarenko, Candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Materials,

D. Gots, Student

S. Brodovsky, Student

Kyiv National University of Construction and Architecture in Kyiv

Every year the scope of application of slag Portland cements in the production of precast and monolithic reinforced concrete is expanding. However, one of the delaying factors in the use of concrete on slag Portland cement is its frost resistance [1]. Concretes based on slag Portland cement can withstand 50...100 cycles of freezing and thawing. Therefore, on the one hand, limit the use of such cements for products with frost resistance of concrete grades to F75...100, or allow their use for higher values of grades on frost resistance when the slag content in slag Portland cement is not more than 30...35%; on the other hand, there is information about the possibility of obtaining concrete on such cements with the frost resistance brand F500 and more. However, slag Portland cement is usually not recommended for products and structures operating in particularly harsh conditions. However, formed in the hydration process, the fine structure of hydrated neoplasms of slag Portland cement, reduces capillary porosity and increases reserve porosity, which, in general, can increase frost resistance [2].

To obtain a binder with a variable content of granular blast furnace slag (GBFS) and glass powder (SP) as raw materials used: Portland cement PC I-500-H, GBFS, battle tare glass, additive multifunctional action – Coral N-4. Curing of standard samples was carried out in a chamber under normal conditions for 2, 7 and 28 days. Frost resistance of concrete samples was determined according to DSTU B B. 2.7-49-96 by the accelerated method (III method).

As a result of the conducted researches it is shown that introduction of additive of polyfunctional action – Coral N-4 (0.2%) and glass powder in optimum quantity - 5% to structure of slag Portland cement containing 40% GBFS (fig. 1, b), in comparison with 20 % GDSH (fig. 1, a), provides the formation of a minimum amount of ice when cooled to a temperature of -25 °C up to 4.6 g/dm³; when cooled to a temperature of -20 °C – up to 2.8 g/dm³; when cooled to a temperature of -10 °C – 0.1 g/dm³, which is due to a decrease in the volume of capillary pores of the material. At these cooling temperatures, the corresponding values of ice formation correspond to 400 "standard" cycles of frost resistance of concrete.

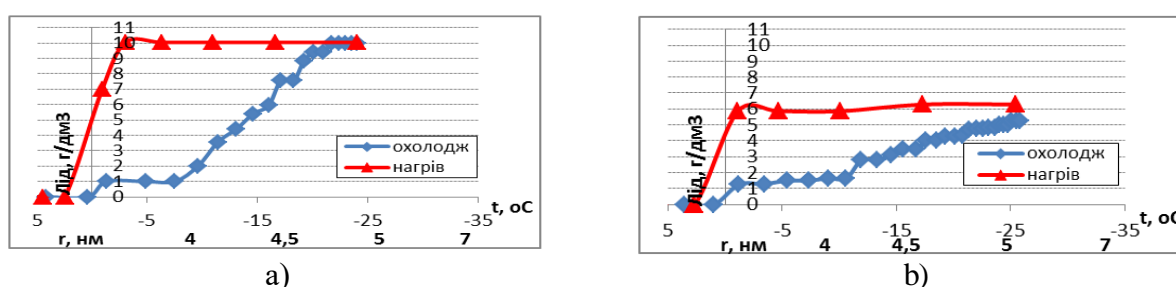


Fig. 1. – Ice formation and frost resistance of concrete based on slag Portland cement with the content of glass powder (5%) and additives – Coral N-4 (0.2%) and GBFS in the amount of %: 20 (a); 40 (b) depending on the temperature and size of the capillary pores.

High levels of frost resistance indicate the durability of the resulting concrete, which can be recommended for special purpose concrete.

1. Gorchakov G.I. Increasing the frost resistance of concrete in the construction of industrial and hydraulic structures / G.I. Gorchakov, M.M. Kapkin, B.G. Скрамтаев. – М.: Stroyizdat.

2. Troyan V.V. Modeling of frost resistance of concrete / V.V. Troyan, N.A. Sova // Building materials, products and sanitary ware. – 2013. – Vol. 49. – P. 139-144.

Дослідження термічного розкладу карбонатної шихти та процесів формування кераміки спеціального призначення.

*Вадим Куліченко, к.х.н., доцент кафедри хімії,
Тетяна Вітовецька, к.х.н., доцент кафедри хімії,
Олексій Рева, студент*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Нанорозмірна кераміка на основі перехідних металів є перспективною завдяки своїм важливим фізико-хімічним властивостям [1]. Складні оксиди на основі рідкісноземельних нікелатів були синтезовані економічно ефективним методом спільного осадження. Для приготування розчинів ми використовували нітрати як вихідні речовини. Для осадження використовували 0,25 М розчин K_2CO_3 . Ми вивчали процеси співосадження за допомогою модельної суміші розчинів $La(NO_3)_3$ та $Ni(NO_3)_2$. Співвідношення між концентраціями La^{3+} і Ni^{2+} становило $La^{3+} : Ni^{2+} = 3:2$, для загальної концентрації $[La^{3+}] + [Ni^{2+}] = 0,1$ моль/л.

Показано, що повне осадження іонів металів розчином K_2CO_3 досягається при молярному відношенні суми осаджуваних іонів до осаджувача $n = 1,75$ в інтервалі $pH = 10-10.2$. Для приготування суміші розчини змішували (при необхідних співвідношеннях) у хімічному стакані за допомогою магнітної мішалки.

До добре перемішаного розчину швидко додавали необхідну кількість осаджувача. Потім всю суміш перемішували протягом 1–2 год. Копреципітовані гідрооксокарбонати витримували протягом 3 днів для старіння осаду. Після цього аналізували ступінь осадження іонів металів. Потім осад відфільтровували, промивали дистильованою водою, водно-ацетоновою сумішшю 1:1, і сушили на повітрі.

Висушену суміш піддавали термічній обробці при $900\text{ }^\circ\text{C}$ протягом 10 год. Після цього продукт подрібнювали, пресували в таблетки і прожарювали на повітрі при температурі $1000\text{ }^\circ\text{C}$ протягом 8 год. Потім оксиди охолоджували до кімнатної температури в духовці. Комбіновані термогравіметричні та ІЧ-спектроскопічні дослідження показали, що розкладання суміші відбувається в такі три стадії: 1 - розкладання гідрооксокарбонатних груп, що супроводжується втратою води та CO_2 , при $150-160\text{ }^\circ\text{C}$; 2 - розкладання карбонатних груп, що супроводжується втратою CO_2 , при $450-460\text{ }^\circ\text{C}$; 3 - кристалізація в діапазоні температур $880 \div 900\text{ }^\circ\text{C}$.

Враховуючи результати цих досліджень, ми обрали температуру прожарювання $1000\text{ }^\circ\text{C}$ для синтезу зразків. Суміш прожарювали протягом 10 год у тиглях з алунду. Таблетки прожарювали протягом 8 год.

Згідно до електронно-мікроскопічних досліджень, розмір співосаджених мікрокристалів становить кілька нанометрів, що пояснює високу реакційну здатність шихти. Таким чином, методом, описаним вище, можна отримати нанорозмірну шихту, що дозволяє синтезувати складні оксиди за коротший час і з меншою температурою термообробки. Також можна синтезувати нестійкі фази при високих температурах, які можуть розкладатися протягом тривалого часу відпалу [2].

Встановлено, що повітряно-суха суміш не є механічною сумішшю гідроксидів та гідрооксокарбонатів осаджених металів, розкладання суміші відбувається без утворення проміжних оксидів.

Сумісноосаджену шихту можна розглядати як складну полімерну систему з водневими зв'язками. Розпад цієї суміші призводить до перерозподілу зв'язків, але не до дифузних процесів з утворенням проміжних фаз.

1. Mohammad Ali Nowroozi, Kerstin Wissel, Manuel Donzelli et al. High cycle life all-solid-state fluoride ion battery with La_2NiO_{4+d} high voltage cathode// Nature. Commun. Mater. – 2020. - N27. - P.1-16.
2. Serena Esposito. "Traditional" Sol-Gel Chemistry as a Powerful Tool for the Preparation of Supported Metal and MetalOxide Catalysts//Materials. - 2019. – N12. - 668.

A study of the carbonate batch thermal decomposition and the formation of special purpose ceramics.

V. Kulichenko, Ph.D., Associate Professor of the Department of Chemistry

T. Vitovetska, Ph.D., Associate Professor of the Department of Chemistry

O. Reva, Student

Kyiv National University of Construction and Architecture

Nano-sized ceramics based on transition metals are promising due to their important physico-chemical properties [1]. Nano-sized crystallites of complex rare earth nickelates were synthesized by cost effective co-precipitation method. To prepare solutions, we used nitrates as starting substances. A 0.25 M solution of K_2CO_3 was used for the precipitation. We studied the coprecipitation processes using a model mixture of $La(NO_3)_3$ and $Ni(NO_3)_2$ solutions. The ratio between the La^{3+} and Ni^{2+} concentrations was $La^{3+}:Ni^{2+} = 3:2$, for the total concentration $[La^{3+}] + [Ni^{2+}] = 0.1$ M.

It was shown that a complete precipitation of metal ions with K_2CO_3 solution is achieved at a molar fraction of the sum of precipitated ions with respect to the precipitator $n = 1.75$ in the range $pH = 10-10.2$. To prepare the blend, the metal solutions were mixed (at the required ratios) in a beaker using a magnetic mixer. The required amount of the precipitator was quickly added to the well-stirred solution. Then the whole mixture was agitated during 1–2 h.

The coprecipitated hydroxocarbonates were held for 3 days to age the precipitate. After this, the degree of metal ion precipitation was analyzed. Then the precipitates were filtered off, washed in distilled water, a 1:1 water-acetone mixture, pure acetone and dried in air.

The dried blend was exposed to thermal treatment at 900 °C for 10 h. After this it was ground, pressed into pellets and calcined in air at 1000 °C for 8 h. Then the blend was cooled down to room temperature in the oven. The combined thermogravimetric and IR-spectroscopic studies showed that the decomposition of the blend proceeds in the following main three stages:

1 – decomposition of the hydroxocarbonate groups, accompanied by a loss of water and carbon dioxide, at 150–160°C;

2 – decomposition of the carbonate groups, accompanied by a loss of CO_2 , at 450–460°C;

3 – crystallization in the 880–900 °C temperature range.

Taking into account the results of these studies, we have chosen a calcination temperature of 1000 °C for the sample synthesis. The blend was calcined during 10 h in alundum crucibles. The pellets calcined during 8 h.

According to electron microscope studies, the size of the co-precipitated microcrystals is several nanometers, which explains the high reactivity of the blend. Thus, by the method described above, it is possible to obtain a nanoscale co-precipitated blend, which allows to synthesize the complex oxides in a shorter time and less heat treatment temperature.

Also it is possible to synthesize the unstable phases at high temperatures, which can decompose over prolonged annealing times [2].

It is established that the air-dry blend is not a mechanical mixture of hydroxides and hydroxocarbonates of precipitated metals, the blend decomposition occurs without the formation of intermediate oxides.

A co-precipitated blend can be considered as a complex polymer system with hydrogen bonds. The decomposition of this blend cause to a redistribution of bonds, but not to diffuse processes with the formation of intermediate phases.

1. Mohammad Ali Nowroozi, Kerstin Wissel, Manuel Donzelli et al. High cycle life all-solid-state fluoride ion battery with La_2NiO_{4+d} high voltage cathode// Nature. Commun. Mater. – 2020. - N27. - P.1-16.

2. Serena Esposito. “Traditional” Sol-Gel Chemistry as a Powerful Tool for the Preparation of Supported Metal and MetalOxide Catalysts//Materials. - 2019. – N12.- 668.

Особливості отримання бетонів підвищеної тріщиностійкості для дорожніх стримувальних конструкцій.

*Марина Кочевих, канд.техн.наук, доцент кафедри будівельних матеріалів,
Анастасія Шевченко, студент*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Важливу роль у широкомасштабному будівництві автомобільних доріг відіграють стримувальні транспортні системи, які забезпечують зниження ризику аварійних ситуацій при відведенні з'їзду транспортного засобу у небезпечну зону та зменшують їх наслідки. Для стримувальних систем часто застосовують стаціонарні огороження парапетного типу, серед яких ефективними є дорожні бетонні вироби з перерізом у вигляді трапеції (профіль «Нью Джерсі»). Основними вимогами до таких виробів є здатність протистояти удару зі стримувальною здатністю 400...600 кДж, що забезпечується використанням бетону міцністю на розтяг при згині не нижче $V_{tb4,0}$ з морозостійкістю F200, при класі бетону за міцністю при стиску B40 [1].

Метою досліджень є встановлення можливості отримання спеціальних бетонів підвищеної тріщиностійкості та міцності при згині для забезпечення необхідної стримувальної здатності виробів на їх основі. Для отримання таких бетонів застосовували портландцемент ПЦ І-500Н, пісок кварцовий з модулем крупності $M_{кр}=1,25$, щебінь гранітний з максимальним розміром зерен 20 мм, а також суперпластифікатор «STACHEPLAST 131». Для підвищення міцності при згині бетонів до їх складу додавали монофіламентну поліпропіленову фібру діаметром 20 мкм і довжиною 12 та 18 мм, що не перевищує розмір зерен крупного заповнювача. Введення фібри до складу бетону сприяє створенню пружної багатомірної сітки, що обумовлює зниження усадочного тріщиноутворення, а також внутрішніх напружень, що виникають в композиції як при твердінні бетону (в тому числі підвищуючи стійкість бетонної суміші до водовідділення), так й при його експлуатації за рахунок зростання ударостійкості, міцність на згин та розтяг [2]. Показано, що дисперсне армування бетону фіброю в кількості 0,9...1 кг/м³ разом із застосуванням оптимальної кількості суперпластифікатора дозволяє підвищити міцність при розтягу штучного каменю приблизно на 30%, при стиску – на 20%. Найбільше зростання міцності відбувається у зразках, що містять суміш фібри довжиною 12 та 18 мм у співвідношенні 1:1. Розрахований коефіцієнт тріщиностійкості (що відповідає відношенню міцності при згині до міцності при стиску) для дисперсноармованих бетонів порівняно з бездобавочними зростає приблизно на 26...30%, досягаючи максимального значення 0,56 (порівняно з 0,27), при цьому міцність при стиску при твердінні протягом 28 діб зростає приблизно в 1,2...1,3, при згині – в 1,6...2 рази. При цьому слід зауважити, що введення фібри до складу бетону чинить вплив в основному на мезоструктуру бетону (структуру цементно-піщаного розчину), що зумовлює більший приріст міцності на згин, ніж на стиск порівняно з контрольними зразками. Для забезпечення максимальної міцності при згині та мінімальної пористості бетону визначено оптимальний розрахунковий коефіцієнт розсуву зерен заповнювача, який становить $\alpha = 1,32$ при забезпеченні співвідношення пісок: щебінь = 1: 2,16. Наявність у складі щебеню лещадних частинок в кількості більше 10% сприяє зниженню міцності при згині на 15%.

Отримані результати свідчать про можливість отримання бетонів з підвищеною міцністю при згині та тріщиностійкістю шляхом дисперсного армування поліпропіленовою фіброю композицій оптимізованого складу (при певному співвідношенні дрібного та крупного заповнювача), що в свою чергу забезпечує надійність та довговічність стримувальних дорожніх конструкцій парапетного типу.

1. ДСТУ Б В.2.3-10-2003. Споруди транспорту. Огороження дорожнє парапетного типу. Загальні технічні умови.

2. Захаров Д. С. Анализ факторов, влияющих на прочность при изгибе бетонов транспортного назначения / Вестник ХАДУ. – Харків, 2017. – Вып.79. – С.151-157.

Peculiarities of obtaining concretes of increased crack resistance for road restraint structures.

M. Kochevykh, Ph.D., Associate Professor of the Department of Building Materials

A. Shevchenko, Student

Kyiv National University of Construction and Architecture

An important role in the large-scale construction of roads is played by restraint transport systems, which reduce the risk of accidents when diverting a vehicle to a dangerous area and reduce their consequences.

Stationary parapet-type fences are often used for containment systems, among which road concrete products with a trapezoidal cross-section (New Jersey profile) are effective. The main requirements for such products are the ability to withstand impact with a holding capacity of 400...600 kJ, provided by the use of concrete tensile strength in bending not less than Btb4,0 with frost resistance F200, in the class of concrete compressive strength B40 [1].

The purpose of the research is to establish the possibility of obtaining special concretes of high crack resistance and bending strength to ensure the necessary restraint of products based on them. To obtain such concretes used Portland cement CEM I 42.5R, quartz sand with modulus of size $M=1.25$, granite crushed stone with a maximum grain size of 20 mm, as well as superplasticizer "STACHEPLAST 131". To increase the bending strength of concrete, monofilament polypropylene fiber with a diameter of 20 μm and a length of 12 and 18 mm, which does not exceed the grain size of the coarse aggregate, was added to their composition.

The introduction of fiber into the concrete contributes to the creation of an elastic multidimensional grid, which reduces shrinkage cracking, as well as internal stresses arising in the composition as the hardening of concrete (including increasing the resistance of concrete to water separation) and its operation due to growth impact resistance, bending and tensile strength [2].

It is shown that the dispersed reinforcement of concrete with fiber in the amount of 0.9...1 kg/m^3 together with the use of the optimal amount of superplasticizer allows to increase the bending strength of artificial stone by about 30%, in compression – by 20%. The greatest increase in strength occurs in samples containing a mixture of 12 and 18 mm long fibers in a ratio of 1:1.

The calculated coefficient of crack resistance (corresponding to the ratio of bending strength to compressive strength) for dispersed reinforced concrete compared to admixture increases by approximately 26...30%, reaching a maximum value of 0.56 (compared to 0.27), while the compressive strength during hardening during 28 days it increases approximately in 1.2...1.3, at bending – in 1.6...2 times.

It should be noted that the introduction of fiber into the concrete has an effect mainly on the mesostructure of concrete (structure of cement-sand mortar), which causes a greater increase in bending strength than compression compared to control samples. To ensure maximum bending strength and minimum porosity of concrete, the optimal calculated coefficient of grain spacing of coarse aggregate (crushed stone) is determined, which is $\alpha = 1.32$ while ensuring the ratio of sand: crushed stone = 1: 2.16.

The presence of lamellar particles in the composition of the crushed stone in an amount of more than 10% reduces the bending strength by 15%.

The obtained results testify to the possibility of obtaining concretes with increased bending strength and crack resistance by dispersed polypropylene fiber reinforcement of compositions of optimized composition (with a certain ratio of fine and coarse aggregate), which in turn ensures the reliability and durability of parapet-type road restraint structures.

1. DSTU BV.2.3-10-2003. Sporudy transportu. Ohorodzhennya dorozhn'oho parapetnoho typu. Zahal'ni tekhnichni umovy.
2. Zakharov D. S. Analiz faktorov. vliyayushchikh na prochnost pri izgibe betonov transportnogo naznacheniya / Vestnik KhNADU. – Kharkov, 2017. - Vyp. 79. - S. 151-157.

Захисні покриття на основі лужного алюмосилікатного зв'язуючого як засіб запобігання транспорту сульфат-іонів в бетоні.

Олександр Константиновський, к.т.н. доцент кафедри технології будівельних конструкцій і виробів,

Деніс Тимінський, студент

Київський національний університет будівництва і архітектури

Забезпечення довговічності залізобетонних конструкції є однією з головних вимог сучасного будівельного виробництва. Одним з факторів, який визначає довговічність таких конструкцій, є умови їх експлуатації, зокрема вплив агресивних середовищ. Одними із найпоширеніших та найагресивніших середовищ, які призводять до корозії сталевій арматури в бетоні внаслідок транспорту іонів, є сульфатні. Сульфат-іони хоча і не призводять до прямої депасивації сталі, однак визначають формування сірководню (H_2S) і є каталізаторами процесу окислення (карбонізації) гідратних новоутворень.

Метою роботи є дослідження можливості обмеження транспорту SO_4^{2-} -іонів в структуру бетону, який експлуатується в сильноагресивних сульфатних середовищах (розчини Na_2SO_4 , $MgSO_4$, $(NH_4)_2SO_4$ з концентрацією 30000 мг/л в перерахунку на SO_4^{2-}), захисним покриттям на основі лужного алюмосилікатного зв'язуючого формулою $(0,8Na_2O+0,2K_2O) \cdot Al_2O_3 \cdot 4,5SiO_2 \cdot nH_2O$. Показано, що незахищений бетон в залежності від катіону сульфатної солі характеризується глибиною проникнення сульфат-іонів на 360 добу в межах 5,8...7,6 мм. Покриття товщиною 1 мм визначає обмеження глибини проникнення сульфат-іонів до 1,3...1,5 мм. Збільшення товщини покриття до 3 мм практично унеможливило транспорт сульфат-іонів в структуру бетону, що підтверджують результати зондового аналізу. Так, вміст сульфатів на глибині 0,1 мм зразків незахищеного бетону в перерахунку на SO_3 становив 4,0 %, захищеного покриттям товщиною 3 мм – 0,0 %. Згідно з результатами дослідження, закономірність у зміні проникності захищеного бетону щодо сульфат-іонів залежно від катіону солі залишається незмінною: $(NH_4)_2SO_4 > Na_2SO_4 > MgSO_4$.

За допомогою методів фізико-хімічного аналізу (зміна показника рН гідратаційного середовища у порівнянні з контрольним складом) показано зв'язування іонів SO_4^{2-} , NH_4^+ , Mg^{2+} в структурі целітоподібних новоутворень при взаємодії сульфатного середовища з захисним покриттям на основі лужного алюмосилікатного зв'язуючого. Стійкість захисних покриттів на основі запропонованих кальцій-вміщуючих алюмосилікатних зв'язуючих в сульфатних середовищах згідно літературним джерелам може бути обґрунтована формуванням цеолітоподібних новоутворень, які містять іони SO_4^{2-} , NH_4^+ , Mg^{2+} (канкрініт $(Na,Ca)_8(Al_6Si_6)O_{24}(CO_3,SO_4)_2 \cdot 2H_2O$, б'якеллаїт $(Na,Ca,K)_8(Si_6Al_6O_{24})(SO_4)_2(OH)_{0,5} \cdot H_2O$, амонійний гейландіт $[(NH_4)_2Ca]_2Al_4Si_{14}O_3 \cdot 12H_2O$, магнезійний фожазіт $(Mg,Na_2,Ca)_{3,5}[Al_7Si_{17}O_{48}] \cdot 32H_2O$ тощо). Обмеження транспорту іонів SO_4^{2-} обумовлено не тільки їх зв'язуванням в цеолітоподібні новоутворення, а і з додатковим підвищенням ступеню кристалізації в присутності катіонів NH_4^+ , Mg^{2+} , що підтверджується даними електронної мікроскопії.

Проведено дослідно-промислове впровадження розроблених захисних покриттів при виконанні будівельних робіт з реконструкції корпусу Києво-Печерської Лаври для захисту від корозії ростверків підсилення загальною площею поверхні 100 м², які зазнавали впливу агресивного сульфатного середовища ХА2.

1. Bertolini L. Corrosion of Steel in Concrete: Prevention, Diagnosis, Repair / Bertolini L., Elsener B., Pedeferra P., Redaelli E., Polder R. // Oxford, UK: John Wiley & Sons. – 2013.
2. Krivenko P. Why Alkaline Activation – 60 Years of the Theory and Practice of Alkali-Activated Materials / Krivenko P. // Journal of Ceramic Science and Technology. - 2017. - Vol. 8. – P. 323-334.
3. Kryvenko P. Sulfate Resistance of Alkali Activated Cements / Kryvenko P., Guzii S., Kovalchuk O., Kyrychok V. // Materials Science Forum. - 2016. - Vol. - 865. - P.95-106.
4. Krivenko P. Design of slag cement, activated by Na(K) salts of strong acids, for concrete reinforced with steel fittings / Krivenko P., Rudenko I., Konstantynovskiy O. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2020. - Vol.6 (6 - 108). – P.26-40.

Protective coatings based on alkal-activated aluminosilicate binder as a mean of transport prevention of sulfate ions in concrete.

O.Konstantynovskiy, PhD, Associate Professor of Department of the Technology of Building Constructions and Products,

D.Tyminskyi, Student

Kyiv National University of Construction and Architecture

Durability ensuring of reinforced concrete structures is one of the main requirement of modern construction industry. One of main factors that determine the durability of such structures is the impact of aggressive mediums. Sulfate mediums are the most widespread and aggressive which lead to steel reinforcement corrosion due to transport of ions. Sulfate-ions don't cause immediate depassivation of steel reinforcement, but determine formation of hydrogen sulfide (H₂S) and catalyze oxidation (carbonation) of hydrate phases.

The aim of this paper was to investigate possibility of mitigation of SO₄²⁻ ions transport in structure of concrete which is exploited in high aggressive sulfate mediums by protective coating based alkali-activated aluminosilicate binder with formula (0,8Na₂O+0,2K₂O)·Al₂O₃·4.5SiO₂·nH₂O.

It was shown that uncoated concrete on dependence of sulfate salt cation characterized by penetration depth of SO₄²⁻ ions after 360 d within the limits of 5.8...7.6 mm. Coating of 1 mm thickness mitigates penetration depth of SO₄²⁻ ions till 1.3...1.5 mm. Increasing of coating thickness to 3 mm factually prevent transport of SO₄²⁻ ions in concrete structure that is confirmed by results of microprobe analysis. Thus, the content of sulfates at a 0.1 mm depth of unprotected concrete samples was 4.0% counting on SO₃ but protected coating with a thickness of 3 mm was 0.0%. According to the results of the study, the regularities of changes in the permeability of protected concrete relative to sulfate ions depending on the cation of the salt remain unchanged: (NH₄)₂SO₄>Na₂SO₄>MgSO₄.

The binding of SO₄²⁻, NH₄⁺, Mg²⁺ ions in concrete structure of zeolite-like minerals due to interaction of sulfate mediums with a protective coating based on alkali-activated aluminosilicate binder by mean of change of pH of the hydration medium in comparison with the control composition. The stability of protective coatings based on the proposed calcium-containing aluminosilicate binders in sulfate medium according to the literature can be justified by the formation of zeolite-like phases that contain SO₄²⁻, NH₄⁺, Mg²⁺ ions (cancrinite (Na,Ca)₈(Al₆Si₆)O₂₄(CO₃,SO₄)₂·2H₂O, biachellaite (Na,Ca,K)₈(Si₆Al₆O₂₄)(SO₄)₂(OH)_{0.5}·H₂O, ammonium-heulandite [(NH₄)₂Ca]₂Al₄Si₁₄O₃₈·12H₂O, Faujasite-Mg (Mg,Na₂,Ca)_{3.5}[Al₇Si₁₇O₄₈]·32H₂O etc.).

Prevention the transport of SO₄²⁻ ions is caused by not only their binding in structure of zeolite-like minerals but also additional increase of the degree of crystallization in the presence of NH₄⁺, Mg²⁺ cations, which is confirmed by electron microscopy.

Experimental and industrial implementation of the developed protective coatings during construction works on the reconstruction of the building of the Kiev-Pechersk Lavra for corrosion protection of foundation cross with a total surface area of 100 m², which were exposed to aggressive sulfate environment HA2.

1. Bertolini L. Corrosion of Steel in Concrete: Prevention, Diagnosis, Repair / Bertolini L., Elsener B., Pedeferra P., Redaelli E., Polder R. // Oxford, UK: John Wiley & Sons. – 2013.
2. Krivenko P. Why Alkaline Activation – 60 Years of the Theory and Practice of Alkali-Activated Materials / Krivenko P. // Journal of Ceramic Science and Technology. - 2017. - Vol. 8. – P. 323-334.
3. Kryvenko P. Sulfate Resistance of Alkali Activated Cements / Kryvenko P., Guzii S., Kovalchuk O., Kyrychok V. // Materials Science Forum. - 2016. - Vol. - 865. - P.95-106.
4. Krivenko P. Design of slag cement, activated by Na(K) salts of strong acids, for concrete reinforced with steel fittings / Krivenko P., Rudenko I., Konstantynovskiy O. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2020. - Vol.6 (6 - 108). – P.26-40.

Особливості гідратації мінералів портландцементного клінкеру в присутності карбонатних добавок

Владислав Мазур, магістр,

Катерина Пушкарьова, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівельних матеріалів,

Лілія Кушнірова, доцент кафедри будівельних матеріалів

Київський національний університет будівництва і архітектури (Київ)

Згідно даним американського геологічного дослідження за 2019 рік виробництво цементу виросло майже до 5 млрд. т, при чому збільшується частка змішаних портландцементів, особливо тих, що містять вапняк [1]. Дослідницька робота щодо покращення властивостей вапнякових цементів передбачає три наступні напрямки: перший – це ефект від додавання вапняку, що визначається за фізико-механічними показниками, другий напрямок пов'язаний з виробничим процесом, тоді як третій – стосується участі вапняку в реакціях гідратації клінкеру, для розкриття якого було синтезовано мінерали C_3A та C_3S та вивчено вплив карбонатних добавок різного ступеня дисперсності на процеси структуроутворення штучного каменю. Для дослідження було вибрано три композиції у вигляді суспензій, що включали тонкоподрібнений мінерал, полікарбоксилатний пластифікатор, воду та мікро- або нанокарбонатну добавку. Як мікрокарбонатну добавку було використано тонкомелений вапняк (питома поверхня не менше $15000 \text{ cm}^2/\text{g}$), а як нанокарбонатну добавку – технічний продукт Норвежської фірми у вигляді дисперсії (розмір частинок $130\text{...}300 \text{ nm}$). Для порівняння ефективності дії мікро- та нанокарбонатних добавок були проведені дослідження процесів гідратації в суспензіях та визначено продукти гідратації мінералів після 7 діб твердіння з використанням електронної растрової мікроскопії. При взаємодії карбонатних добавок з C_3A (незалежно від ступеня їх дисперсності) має місце утворення гідрокарбоалюмінатів кальцію. При взаємодії карбонатних добавок з мінералом C_3S має місце прискорення процесу його гідратації, але гідратні новоутворення важко ідентифікувати. Аналіз отриманих експериментальних даних дозволяє порівняти результати структуроутворення і зробити наступні висновки: гідратація мінералу C_3S в присутності полікарбоксилатного пластифікатора помітно гальмує виникнення зародків кристалізації, оскільки полікарбоксилатна добавка адсорбується на частинках клінкерного мінералу, тим самим знижує процес гідратації та твердіння цементу; при введенні мікродобавки в вигляді тонкомеленого вапняку протягом першої години в суспензії ніяких суттєвих змін не відбувається, він виконує роль наповнювача; при використанні нанодобавки в вигляді дисперсії, має місце стрімке утворення високодисперсних структур, що містять певну кількість зародків нових фаз розміром $0,1 \text{ мкм}$ та більше, тобто нанодобавка внаслідок кристалохімічної подібності до гідросилікатних сполук виступає як «підкладка» для кристалізації $C-S-H$, сприяє проявленню ефекту нуклеації, забезпечуючи додаткові центри зародкоутворення [2]. При порівнянні знімків мікроструктури цементного каменю, які були зроблені після 7 діб твердіння на основі вищезазначених композицій, можна спостерігати, що структура композиції на основі мінералу C_3S та полікарбоксилатної добавки є аморфною, така ж ситуація спостерігається і у випадку введення тонкомеленого вапняку, який виступає як мікронаповнювач. При введенні до складу композиції нанокарбонатної добавки помітно збільшилась кількість тонкозернистої маси, а також відмічені нашарування полікристалів портландиту, тобто має місце прискорення процесу гідратації C_3S . Отримані результати є актуальними для розробки складів декоративних бетонів на основі білого портландцементу, що містять у своєму складі до 65% C_3S .

1. Schneider, M.; Tschudin, M.; Bolio, H. Sustainable cement production — Sustainable cement production – Present and future. *Cem Coner. Res.* 2011, 41, 642-650.

2. L. Adams, R. Race, Effect of limestone additions upon drying shrinkage of Portland cement mortar, in: P. Kligger, D. Hooton (Eds.).

Peculiarities of hydration of portland cement clinker minerals in the presence of carbonate additives.

V. Mazur, Master,

K. Pushkarova, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Building Materials,

L. Kushnirova, Associate Professor, Department of Building Materials,

Kyiv National University of Construction and Architecture (Kyiv)

According to the U.S. Geological Survey, cement production has increased to almost 5 billion tons since 2019, and the proportion of blended Portland cement, especially containing limestone, is increasing. The research work to improve the properties of limestone cement has three following directions: the first is the effect of adding limestone, determined by the physical and mechanical properties, the second direction is related to the production process, while the third is the participation of limestone in the hydration reactions of clinker, for the disclosure of which were synthesized minerals C_3A and C_3S and studied the impact of carbonate additives of different degrees of dispersion on the structural formation of artificial stone. Three compositions in the form of suspensions were selected for the study, including finely ground mineral, polycarboxylate plasticizer, water and micro- or nano-carbonate additive. Limestone (specific surface area not less than $15000 \text{ cm}^2/\text{g}$) was used as a microcarbonate additive, and a technical product from a Norwegian company in the form of a dispersion (particle size 130 ... 300 nm) was used as a nano-carbonate additive. To compare the effectiveness of micro- and nano-carbonate additives the hydration processes in suspensions have been studied and the hydration products of minerals after 7 days of hardening have been determined using electron scanning microscopy. In the interaction of carbonate additives with C_3A (regardless of their degree of dispersion) the formation of calcium hydrocarboaluminative. At interaction of carbonate additives with C_3S mineral there is an acceleration of its hydration, but hydrate new formations are difficult to identify. Analysis of the experimental data allows us to compare the results of structure formation and draw the following conclusions: hydration of C_3S mineral in the presence of polycarboxylate plasticizer markedly inhibits the emergence of nucleation of crystallization, as polycarboxylate additive is adsorbed on the particles of clinker mineral, thereby reducing the process of hydration and hardening of cement; when introducing a micro-additive in the form of fine ground limestone within an hour in the suspension, no significant changes occur, it acts as a filler; when using nano-additive in the form of dispersion, there is a rapid formation of highly dispersed structures containing a certain amount of nucleation of new phases of 0.1 mm or more, that is, nano-additive due to the crystallochemical similarity of hydrosilicate compounds acts as a "substrate" for crystallization C-S-H, contributes to the nucleation effect, providing additional nucleation centers. When comparing images of the microstructure of the cement stone, which were made after 7 days of hardening on the basis of the above compositions, we can observe that the structure of the composition based on the mineral C_3S and polycarboxylate additives are amorphous, the same situation is observed in the introduction of fine-milled limestone, which acts as a microfiller. When introducing nano-carbonate additive into the cement composition increased the amount of fine grains, as well as marked layering polycrystals portlandite, that is, there is an acceleration of the process of hydration C_3S . The obtained results are relevant for the development of decorative concrete compositions based on white Portland cement, containing in its composition up to 65% C_3S .

1. Schneider, M.; Tschudin, M.; Bolio, H. Sustainable cement production— Sustainable cement production – Present and future. *Cem Coner. Res.* 2011, 41, 642-650.

2. L. Adams, R. Race, Effect of limestone additions upon drying shrinkage of Portland cement mortar, in: P. Kligger, D. Hooton (Eds.).

Роль каолінітової глини в еволюції структури і властивостей шлаколузних цементів.

Олександр Гелевера, к.т.н., доцент кафедри ТБКВ,

Станіслав Скарлат, студент будівельно-технологічного факультету

Київський національний університет будівництва і архітектури (м.Київ)

Одним з перспективних напрямків управління властивостями шлаколузних цементів є введення до його складу комплексних модифікуючих добавок, які складаються з глин різного складу і високоактивної добавки типу портландцементного клінкеру. У присутності глинистих речовин у складі новоутворень шлаколузних цементів синтезуються не тільки низькоосновні гідросилікати кальцію, а й цеолітоподібні гідроалюмосилікати лужного, лужноземельного або змішаного типів. Уповільнення процесів структуроутворення в присутності глин може бути компенсовано введенням активної гідравлічної добавки типу клінкеру. Таким чином, використання комплексної добавки складу "глина + клінкер" дозволяє вивести управління властивостями шлаколузних в'язучих на якісно новий рівень.

Зокрема, це дозволило поліпшити якість порової структури цементного каменю зсунувши баланс пор у бік збільшення частки мікропор, тим самим автоматично поліпшивши ряд цінних експлуатаційних характеристик, дозволило дуже ефективно іммобілізувати радіоактивні відходи АЕС фіксуючи їх у цементній матриці за рахунок хімічного зв'язування у нерозчинні цеолітоподібні новоутворення і за рахунок сорбційних властивостей глин, які значно посилюються у присутності лужного середовища [1]. Одним з нових перспективних напрямків використання необпалених глин є використання каоліну для отримання білих і кольорових декоративних цементів. Встановлено, що вміст 2,5...5% каоліну практично не впливає на терміни тужавлення, нормальну густину тіста і активність у стандартні терміни. Введення каоліну від 5 до 10% збільшує водопотребу з 23% до 24%, скорочує терміни тужавлення з 54 хв. до 48 хв., уповільнює набір міцності і активність у 28-добовому віці з 56,7 до 50,4 МПа [2]. Введення добавки клінкеру в оптимальній кількості 2...5% (яка залежить від основності шлаку і його активності) дозволило усунути цей недолік і підвищити рівень прийнятної кількості каоліну у шлаколузному цементі до 15%.

Встановлено, що збільшення вмісту каоліну у шлаколузному цементі веде до збільшення цеолітоподібних гідратних новоутворень у складі цементного каменю. Оскільки частина луку зв'язується каоліном, стандартна міцність зразків, активованих лугом, трохи нижча (на 8...10%) у порівнянні зі зразками, виготовленими з цементів без добавки. Однак через 6...9 місяців ця різниця зникає і досягається більш висока міцність за рахунок поглиблення процесів гідратації, синтезу гідратів низькоосновних силікатів кальцію, синтезу аналогів цеоліту й польового шпату та відсутності деструктивних процесів. Заміна дорогого метакаоліну на більш дешевий каолін підвищує рентабельність виробництва такого цементу. Введення збагаченого каоліну-84 у якості освітлюючої добавки у кількості 14...18% дозволило отримати шлаколузний цемент з білизною 70,5...72,3% як основи для отримання декоративних пігментованих цементів. Таким чином, дорогий відбілювач TiO_2 може використовуватися у мінімальних кількостях для коригування білизни або взагалі не використовуватися. Крім того, присутність каоліну в декоративних цементах перешкоджає масопереносу вільного луку з центру зразка на периферію за рахунок зв'язування його у цеолітоподібних новоутвореннях і тим самим знижує ризик появи вицвітів, що вельми актуально для декоративних цементів.

1. Кривенко П.В., Гелевера А.Г., Петропавловський О.Н. Наукові основи екологічно безпечної іммобілізації радіоактивних відходів // Матеріали науково-практичної конференції "Проблеми поводження з радіоактивними відходами в Україні". - Київ, 2011. - С. 60-67.

2. Gots V I, Gelevera A G, Petropavlovsky O N, Rogozina N V and Smeshko V V Influence of whitening additives on the properties of decorative slag-alkaline cements IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020). Vol. 907. – 012033. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012033>.

The role of kaolinite clay in the evolution of the structure and properties of slag alkali cements.

*Oleksandr Gelevera, Ph.D., Associate Professor of TBKV,
Stanislav Skarlat, Student*

Kyiv National University of Construction and Architecture

One of the promising areas of control of the properties of slag-alkali cements is the introduction into its composition of complex modifying additives, which consist of clays of different composition and a highly active additive such as Portland cement clinker. In the presence of clay substances in the composition of new formations of slag-alkali cements, not only low-basic calcium hydrosilicates are synthesized, but also zeolite-like hydroaluminosilicates of alkaline, alkaline earth or mixed types. The slowing down of structural processes in the presence of clays can be compensated by the introduction of an active hydraulic additive such as clinker. Thus, the use of a complex additive composition "clay + clinker" allows you to bring the control of the properties of slag-alkaline binders to a qualitatively new level. In particular, it allowed to improve the quality of the pore structure of cement stone by shifting the balance of pores in the direction of increasing the proportion of micropores, thereby automatically improving a number of valuable performance characteristics. This also made it possible to very effectively immobilize radioactive waste from NPPs by fixing them in the cement matrix due to chemical binding in insoluble zeolite-like neoplasms and due to the sorption properties of clays, which are significantly enhanced in the presence of an alkaline environment [1]. One of the new promising areas of use of unfired clays is the use of kaolin to obtain white and colored decorative cements.

It was found that the content of 2,5...5% kaolin has almost no effect on the time of hardening, normal dough density and activity in standard terms. The introduction of kaolin from 5 to 10% increases water consumption from 23% to 24%, reduces the curing time from 54 minutes up to 48 minutes, slows down the set of strength in the initial curing period and activity at 28 days of age from 56,7 to 50,4 MPa [2].

The introduction of clinker additives in the optimal amount of 2...5% (which depends on the basicity of the slag and its activity) eliminated this shortcoming and increased the level of acceptable amount of kaolin in the slag cement to 15%. It is established that the increase of kaolin content in slag-cement cement leads to the increase of zeolite-like hydrated phases in the composition of cement stone.

Since part of the alkali binds to kaolin, the standard strength of samples activated by alkali is slightly lower (8...10%) compared to samples made of cement without additives. However, after 6...9 months, this difference disappears and higher strength is achieved due to the deepening of hydration processes, synthesis of hydrates of low-basic calcium silicates, synthesis of zeolite and feldspar analogues and the absence of destructive processes. Replacing expensive metakaolin with cheaper kaolin increases the profitability of such cement.

The introduction of enriched kaolin-84 as a brightening additive in the amount of 14...18% allowed to obtain slag-cement with whiteness of 70,5...72,3% as a basis for obtaining decorative pigmented cements. Thus, expensive TiO_2 bleach can be used in minimal quantities to adjust the laundry or not used at all. In addition, the presence of kaolin in decorative cements prevents the mass transfer of free alkali from the center of the sample to the periphery by binding it in zeolite-like tumors and thus reduces the risk of fading, which is very important for decorative cements.

1. Krivenko PV, Gelevera AG, Petropavlovsky ON Scientific bases of ecologically safe immobilization of radioactive waste // Proceedings of the scientific-practical conference "Problems of radioactive waste management in Ukraine". - Kyiv, 2011. - P. 60-67.

2. Gots V I, Gelevera A G, Petropavlovsky O N, Rogozina N V and Smeshko V V Influence of whitening additives on the properties of decorative slag-alkaline cements IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020). Vol. 907. – 012033. OI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012033>.

Вплив компонентного складу на транспорт іонів Cl^- та SO_4^{2-} в шлаколужному бетоні.

Ольга Бойко, аспірант, м.н.с.

Олександр Ковальчук, канд. техн. наук, с.н.с.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Науково-дослідний інститут в'язучих речовин та матеріалів ім. В.Д. Глуховського

Метою даної роботи є розробка та поєднання ефективних способів запобігання корозії сталевій арматури в шлаколужних бетонах, отриманих з високорухливих бетонних сумішей, для підвищення довговічності залізобетонних конструкцій, що експлуатуються в агресивних середовищах. Актуальність роботи пов'язана із підвищеним рівнем використання бетонних сумішей високої рухливості [1], в тому числі у несприятливих умовах експлуатації, що потребує проведення детальних досліджень у напрямку формування стійких фаз, які забезпечать зв'язування іонів Cl^- і SO_4^{2-} та запобігання виникнення деструктивних процесів корозії арматури в тілі лужного бетону [2].

В якості об'єктів дослідження обрано дрібнозернисті бетони на основі шлаколужної системи «гранульований доменний шлак – лушний компонент». Як лушний компонент було обрано соду кальциновану і метасилікат. Вміст соди та метасилікату складає 6,95 і 13,0 % відповідно від маси шлаку. Для зв'язування агресивних по відношенню до сталевій арматури іонів Cl^- і SO_4^{2-} до складу лужного цементу було введено комплексну добавку, представлену глиноземистим цементом, портландцементом та кліноптилолітом в наступній кількості: глиноземистий цемент – 3,42 %, портландцемент – 1,58%, кліноптилоліт – 5 %. Співвідношення портландцементу і глиноземистого цементу в складі комплексної добавки становить 2.17:1. При такому співвідношенні відбувається спрямоване формування високоосновного гідроалюмінату $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Особливості впливу комплексної добавки на процеси структуроутворення шлаколужного бетону досліджували за допомогою методів фізико-хімічного аналізу. Вміст комплексної добавки становив 10 % від маси шлаколужного цементу. Для забезпечення необхідної марки за легкоукладальністю до складу дрібнозернистого шлаколужного бетону введено добавки пластифікуючої групи у вигляді лігносульфонату натрію та глюконату натрію у кількості 1,0 та 0,2 % відповідно.

Згідно з результатами досліджень продукти гідратації контрольних зразків (без введення комплексної добавки) представлено низькоосновними гідросилікатами кальцію структури CSH (I) та гіролітом $2\text{CaO}\cdot 3\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Введення до складу комплексної добавки забезпечує формування в складі продуктів гідратації окрім низькоосновних гідросилікатів та кальциту ще й хлоро-сульфоалюмінатних AFm фаз у вигляді солі Кузеля $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 0,5\text{CaCl}_2\cdot 0,5\text{SO}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}$, що говорить про зв'язування іонів Cl^- і SO_4^{2-} гідроалюмінатом кальцію $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 10\text{H}_2\text{O}$, який був сформований за участю портландцементу та глиноземистого цементу в процесах гідратації.

Міцнісні показники зразків, де в якості лужного компоненту було використано соду кальциновану, становлять 29,1 МПа на 28 добу тверднення. При використанні метасилікату в якості лужного компоненту міцність зразків складає 43,1 МПа.

В ході досліджень було визначено вплив композиційного складу і особливостей мікроструктури шлаколужного цементу на транспорт іонів Cl^- , SO_4^{2-} в шлаколужному бетоні, отриманому із високорухливих сумішей і підтверджено зв'язування іонів Cl^- і SO_4^{2-} в AFm фази у вигляді солі Кузеля, що дозволяє передбачити підвищену довговічність арматури у матеріалах на їх основі.

1. Y. Savchuk, A. Plugin, V. Lyuty, O. Pluhin, O. Borziak, Study of influence of the alkaline component on the physico-mechanical properties of the low clinker and clinkerless waterproof compositions. MATEC Web of Conferences 230, 03018 (2018).

2. Бойко О.В., Ковальчук О.Ю., Кривенко П.В., Роль Al_2O_3 у складі шлаку у запобіганні корозії арматури у шлаколужному бетоні // Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції «Теорія і методи будівельного матеріалознавства» 5-6 листопада 2020 р. Харків, ХНУБА.

Influence of component composition on transport of Cl^- , SO_4^{2-} ions in alkaline concrete.

O. Boiko, Postgraduate student, Junior Researcher,

O. Kovalchuk, PhD (Tech.), Senior Researcher

*Kyiv National University of Construction and Architecture
Scientific Research Institute for Binders and Materials*

The purpose of this work is the development and combination of effective ways to prevent corrosion of steel reinforcement in slag concrete, obtained from high-mobility concrete mixtures, to increase the durability of reinforced concrete structures operated in aggressive environments. After all, every day the percentage of concrete mixtures with high workability increases significantly [1] and this requires detailed research in the direction of formation of stable phases that will bind Cl^- and SO_4^{2-} ions and prevent destructive corrosion of reinforcement in the body of alkaline concrete [2].

As objects of research fine-grained concretes on the basis of slag-alkaline system "granulated blast furnace slag - alkaline component" are chosen. Soda ash and metasilicate were selected as the alkaline component. The content of soda and metasilicate is 6.95 and 13.0%, respectively, by weight of slag. To bind aggressive to steel reinforcement ions Cl^- and SO_4^{2-} in the composition of alkaline cement was introduced a complex additive represented by alumina cement, portland cement and clinoptilolite in the following amounts: alumina cement - 3.42%, portland cement - 1.58%, clinoptilolite - 5%. The ratio of Portland cement and alumina cement in the complex additive is 2.17 : 1. At this ratio there is a directed formation of highly basic hydroaluminate $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Specifics of the influence of the complex additive on the processes of structure formation of slag-alkali concrete were investigated by means of methods of physicochemical analysis. The content of the complex additive was 10% by weight of alkaline cement.

According to the research results, the hydration products of the control samples (without the introduction of a complex additive) are represented by low-basic calcium hydrosilicates of CSH (I) structure and $2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ gyrolite. The introduction of a complex additive provides the formation of hydration products in addition to low-base hydrosilicates and calcite and chloro-sulfoaluminate AFm phases in the form of Kuzel's salt, which indicates the binding of Cl^- and SO_4^{2-} ions by calcium hydroaluminate $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, which was formed with the participation of Portland cement and alumina cement in hydration processes.

The strength of the samples, where as an alkaline component was used soda ash is 29.1 MPa on the 28th day of hardening. When using metasilicate as an alkaline component, the strength of the samples is 43.1 MPa.

In the course of research the influence of composite composition and microstructure of slag alkali cement on transport of Cl^- , SO_4^{2-} ions in slag-alkali concrete obtained from highly mobile mixtures was determined and the binding of Cl^- and SO_4^{2-} ions in AFm phase in the form of Kuzel's salt was confirmed, which allows to provide the increased durability of armature in materials on their basis.

- 1.Y. Savchuk, A. Plugin, V. Lyuty, O. Pluhin, O. Borziak, Study of influence of the alkaline component on the physico-mechanical properties of the low clinker and clinkerless waterproof compositions. MATEC Web of Conferences 230, 03018 (2018).
2. Boiko O.V., Kovalchuk O.Yu., Kryvenko P.V., Rol Al_2O_3 u skladi shlaku u zapobihanni korozii armatury u shlakoluzhnomu betoni // Materialy VI mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Teoriia i metody budivelnoho materialoznavstva» 5-6 lystopada 2020 r. Kharkiv, KhNUBA.

Розробка технологічних методів запобігання та припинення лужної корозії бетону при використанні реакційно здатних заповнювачів.

Вікторія Зозулинець, аспірант, м.н.с. НДІВМ,
Олександр Ковальчук, канд. техн. наук, с.н.с. НДІВМ,
Дар'я Рудзей, студент

*Київський національний університет будівництва і архітектури
Науково-дослідний інститут в'язучих речовин та матеріалів ім. В.Д. Глуховського*

Небезпека використання активних заповнювачів полягає у виникненні деструкційних процесів, спричинених лужною корозією. В процесі лужної корозії продукти реакції між лугами цементу й активним кремнеземом збільшуються в об'ємі, що викликає внутрішні напруження, які призводять до руйнування матеріалу. Однак, враховуючи потребу сьогодення у розширенні сировинної бази для виробництва будівельних матеріалів, питання про застосування активних заповнювачів набуває все більшої актуальності. Проте безпечне використання таких заповнювачів потребує проведення ґрунтовних досліджень в напрямку спрямованого управління структурою і властивостями отриманих матеріалів [1].

Попередньо проведені дослідження дозволили визначити можливість спільної роботи матриці лужних цементів і активних заповнювачів, представлених базальтом. Введення в систему «лужний портландцемент – базальт» метакаоліну, як активної мінеральної добавки покращує міцнісні характеристики матеріалу за рахунок зв'язування іонів Na^+ та K^+ . А дослідження закономірності зміни рН середовища лужного цементу при різному вмісті лужного компоненту дозволило встановити, що звичайного вмісту лугу в таких системах недостатньо для нормального протікання процесів структуроутворення. Загальна лужність системи падає вже в початкові терміни і в подальшому має стійку тенденцію до зменшення. Оптимальний додатковий вміст лугу в системі становить 6-8%, що забезпечує високі початкові показники рН (11.5-11.7), а також збереження показника рН в часі (до показника 11 в перебігу 4-24 години) [2]. З точки зору міцнісних показників із найкращого боку себе зарекомендували системи на основі лужного портландцементу, як у чистому вигляді, так і із введенням 10% метакаоліну (46,8 та 70,8 МПа у віці 28 діб відповідно).

Наразі дослідження спрямовані на вивчення впливу умов тверднення на кінетику набору міцності лужних цементів з використанням активного заповнювача (на прикладі базальту). Витримування контрольних зразків-балочок розміром 4x4x16 см у нормальних умовах дає можливість отримати міцність на 28 добу 40 МПа. Досліджувані зразки витримували у нормальних умовах протягом 7 діб (міцність при стиску 10 МПа), після чого розподіляли на чотири групи: нормальне зберігання, висушування із подальшим поверненням до камери нормального зберігання, висушування та гідрофобізація та гідрофобізація зразків без висушування. Встановлено, що найгіршими умовами є висушування та гідрофобізація (міцність на 28 добу 10 МПа), а найкращими умовами – гідрофобізація без висушування, що забезпечує на 28 добу тверднення міцність 48 МПа.

Отримані результати досліджень підтверджують можливість використання активних заповнювачів для виготовлення будівельних матеріалів, зокрема на основі лужних цементів. Але для безпечного перебігу процесів структуроутворення компонентний склад системи доводиться коригувати шляхом введення активної мінеральної добавки та додаткового лужного компоненту. Використання ж гідрофобізуючих добавок дозволяє підвищити міцність матеріалу навіть при експлуатації у нормальних тепловологісних умовах.

1. Krivenko P.V., Kovalchuk O.Yu. Influence of type of alkaline activator on durability of alkali activated concrete using aggregates capable to alkali-silica reaction. Key Engineering materials. Vol. 864, pp. 180-188. DOI: 10.4028/www. Scientific.net/KEM.864.180
2. Ковальчук О.Ю., Зозулинець В.В., Вплив лужного компонента на зміну показника лужності системи шлаколужного цементу при взаємодії з активними заповнювачами // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2020. – Вип. 192 – С. 6-11.

Development of technological methods of prevention and stopping of alkaline corrosion of concrete using active aggregates.

V. Zozulynets, Postgraduate student, Junior Researcher

O. Kovalchuk, PhD (Tech.), Senior Researcher,

D. Rudzei, Student

Kyiv National University of Construction and Architecture

Scientific Research Institute for Binders and Materials

The danger of using active aggregates is the occurrence of destructive processes caused by alkaline corrosion. In the process of alkaline corrosion, the reaction products between cement alkalis and activated silica increase in volume, which causes internal stresses that lead to the destruction of the material. However, given the need today to expand the raw material base for the production of building materials, the question of the use of active aggregates is becoming increasingly important. However, the safe use of such aggregates requires thorough research in the direction of targeted management of the structure and properties of the obtained materials [1].

Previous studies have identified the possibility of joint work of the matrix of alkaline cements and active aggregates, represented by basalt. The introduction into the system of "alkaline Portland cement - basalt" metakaolin as an active mineral additive improves the strength characteristics of the material due to binding of Na^+ and K^+ ions. A study of changes in the pH of the alkaline cement medium at different contents of the alkaline component allowed to establish that the usual alkali content in such systems is not enough for the normal gain of the structure formation processes. The total alkalinity of the system falls in the initial period and then has a steady downward trend. The optimal additional alkali content in the system is 6-8%, which provides high initial pH values (11.5-11.7), as well as maintaining the pH value over time (up to 11 for 4-24 hours) [2]. In terms of strength, systems based on alkaline Portland cement, both in pure form and with the introduction of 10% metacaolin (46.8 and 70.8 MPa at the age of 28 days, respectively) have proven to be the best.

Currently, studies are aimed at studying the effect of curing conditions on the kinetics of the strength of alkaline cements using an active aggregate (for example, basalt). Maintenance of samples-beams in the size of 4x4x16 cm in normal conditions gives the chance to receive durability for 28 days of 40 MPa. The specimens had been stored in normal conditions for 7 days (compressive strength 10MPa)? After that they had been separated onto 4 groups: normal hardening, drying and returning into the normal curing chamber, drying and hydrophobization and hydrophobization without drying. It was set that the best curing conditions are hydrophobization without drying (48 MPa) and the worth – drying and hydrophobization (10 MPa).

Whereas drying leads to a significant loss of strength of the samples to 15 MPa. This may indicate that the material after drying begins to absorb water from the environment and hydration processes continue in its structure. A successful solution to this problem was the use of a water repellent, which is applied to samples at the age of 7 days without pre-drying. The strength of such samples on the 28th day of curing is 48 MPa.

The obtained research results confirm the expediency of using active aggregates for the manufacture of building materials, in particular on the basis of alkaline cements. But for the safe course of the structure formation processes, the composition of the system must be adjusted by introducing an active mineral additive and additional alkaline component. Also to improve the strength and reduce the risk of destruction, the material should be coated with a water repellent.

1. Krivenko P.V., Kovalchuk O.Yu. Influence of type of alkaline activator on durability of alkali activated concrete using aggregates capable to alkali-silica reaction. Key Engineering materials. Vol. 864, pp. 180-188. DOI: 10.4028/www.Scientific.net/KEM.864.180

2. Kovalchuk O.Yu., Zozulynets V.V., Vplyv luzhnoho komponenta na zminu pokaznyka luzhnosti systemy shlakoluzhnoho tsementu pry vzaiemodii z aktyvnymy zapovnuvachamy // Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho derzhavnogo universytetu zaliznychnoho transportu. – 2020. – Vyp. 192 – S. 6-11.

Вплив кислот та їх розчинів на формування структури базальтового волокна.

*Оксана Бердник, канд.техн.наук, доцент кафедри ТБКВ,
Алла Майстренко, канд.техн.наук, доцент кафедри ТБКВ,
Андрій Сологуб, студент*

Київського національного університету будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження – це одержання гнучких теплозвукоізоляційних виробів на основі модифікованого базальтового волокна і взаємодія базальтового волокна з розчинами кислот. [1]. Випробування проводилися згідно сучасних методів, таких як: оптична і електронна мікроскопія, хімічний елементний аналіз та інші. Визначення фізико-механічних властивостей і термомеханічних характеристик проводилися за традиційними методиками згідно нормативних документів.

Базальтові волокна мають склоподібну або субмікрокристалічну структуру, при взаємодії з речовинами кислот різної хімічної природи обумовлена певними залежностями і закономірностями. В проведених дослідженнях [1,2] було показано, що стійкість базальтових волокон до дії неорганічних кислот істотно залежить від їх хімічного складу та умов обробки. При підвищенні температури розчину кислот пришвидшує процес вилугування, що супроводжується гідротермальним старінням волокна. Збільшення вмісту SiO_2 призводить до зростання стійкості волокон до дії кислот.

Як наведено в літературних джерелах [1] базальтові волокна з вмістом $\text{SiO}_2 \geq 50\text{...}60\%$ не розчинні в кислотах. Вплив оксидів Fe і Al на кислотостійкість базальтового волокна носить складний і суперечливий характер. Згідно результатів досліджень можна зазначити, що заміна в склі SiO_2 на Fe_2O_3 призводить до зниження кислотостійкості волокна. Однак таке зниження не прямо пропорційне підвищенню вмісту оксидів заліза.

Заміщення оксидів CaO і MgO на оксиди заліза в кількості 3...15% без зміни вмісту SiO_2 спочатку знижує кислотостійкість, а при подальшому підвищенні сполук заліза призводить до збільшення кислотостійкості волокна в 3 і більше рази.

Встановлено, що заміна CaO на MgO (без зміни вмісту SiO_2) призводить до підвищення кислотостійкості волокон. Відсутність MgO призводить до розчинення волокон в кислотах, а повна заміна CaO на MgO надає волокнам високу кислотостійкість. Збільшення вмісту MgO також позитивно впливає на якість волокон, їх міцність, еластичність і температуростійкість. При абсолютному збільшенні вмісту Al_2O_3 кислотостійкість волокна знижується, що пояснюється тим, що в момент утворення волокна Al знаходить в шестерній координації і розміщується не у вузлах каркасу, а в пустотах, внаслідок чого каркас послаблюється і його кислотостійкість падає. Факторами, які визначають структурні, фізико-механічні і хімічні властивості базальтового волокна є термічна предісторія базальтової породи/розплаву/волокна. Згідно аналізу результатів досліджень можна зробити висновок, що хімічний склад і концентрація елементів в корозійному середовищі після витримання базальтового волокна є функцією багатьох чинників і цей процес може бути використаний для отримання нових наперед заданих властивостей структури базальтового волокна.

В залежності від співвідношення параметрів технологічного процесу, мінерального і хімічного складу базальтової шихти, процес створення структури базальтового волокна можливо надати певні структурні характеристики, що дають можливість отримання базальтового волокна з наперед заданими властивостями.

Перспективами подальших досліджень є режими технологічного процесу такі як режим охолодження базальтового волокна, процеси його стабілізації.

1. Song J. Basalt fibre-reinforced PA1012 composites: Morphology, mechanical properties, crystallization behaviours, structure and water contact angle J. Compos. Mater. 2014. V. 49. № 4. pp. 415–424.
2. Berdnyk O Yu, Lastivka O V, Maystrenko A A, Amelina N O. Processes of structure formation and neoformation of basalt fiber in an alkaline environment. – IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020). – Vol. 907. – 012036.

Effect of acid solutions on the formation of the structure of basalt fiber.

O. Berdnyk, Candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of technologies of building constructions and products,

A. Maystrenko, Candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of technologies of building constructions and products,

A. Sologub, Student

Kyiv National University of Construction and Architecture

The purpose of the study is to obtain flexible heat-insulating products based on a modified basalt fiber and the interaction of basaltic fiber with acid solutions. [1]. The tests were conducted according to modern methods, such as: optical and electronic microscopy, chemical elemental analysis and others. Determination of physical and mechanical properties and thermomechanical characteristics was carried out according to traditional methods according to normative documents.

Basalt fibers have vitreous or submicrocrystalline structure, with interactions with reasons of acids of various chemical nature due to certain dependencies and laws. In conducted studies [1,2] it has been shown that the stability of basalt fibers to the action of inorganic acids depends significantly on their chemical composition and processing conditions.

When increasing the temperature of the acid solution, accelerates the leaching process, which is accompanied by hydrothermal aging of the fiber. An increase in the content of SiO₂ leads to an increase in the stability of fibers to the action of acids. As shown in literary sources [1] basalt fibers containing SiO₂ ≥ 50 ... 60% are not soluble in acids.

The effect of Fe and Al oxides on the acid resistance of the basalt fiber is complex and contradictory. According to research results, it can be noted that the replacement in the SiO₂ glass on Fe₂O₃ leads to a decrease in acid resistance of the fiber. However, such a decrease is not directly proportional to increase the content of iron oxides.

Replacement of CaO and MgO oxides to iron oxides in an amount of 3 ... 15% without changing the content of SiO₂ first reduces the acid resistance, and with further increase in iron compounds leads to an increase in the acid resistance of the fiber in 3 and more times. It has been established that CaO replacement on MgO (without changing the content of SiO₂) leads to increased acid-resistant fibers. The absence of MgO leads to the dissolution of fibers in acids, and the complete replacement of CaO on MgO gives fibers with high acid resistance. An increase in MgO content also positively affects the quality of fibers, their strength, elasticity and temperature resistance. With absolute increase in the Al₂O₃ content, the acid resistance of the fiber is reduced, due to the fact that at the time of the formation of fiber Al finds in the gear coordination and is not placed in the nodes of the frame, and in voids, as a result, the frame is weakened and its acidity falls. Factors that determine structural, physical and mechanical and chemical properties of basalt fiber are the thermal predominance of basalt breed / melt / fiber. According to the analysis of research results, it can be concluded that the chemical composition and concentration of elements in a corrosive medium after maintaining the basalt fiber are a function of many factors and this process can be used to obtain new predetermined properties of the structure of the basalt fiber.

Depending on the ratio of parameters of the technological process, mineral and chemical composition of basalt charge, the process of creating a basalt fiber structure is possible to provide certain structural characteristics that allow basalt fibers with predetermined properties.

The prospects of further research are the modes of the technological process such as the mode of cooling the basalt fiber, the processes of its stabilization.

1. Song J. Basalt fibre-reinforced PA1012 composites: Morphology, mechanical properties, crystallization behaviours, structure and water contact angle J. Compos. Mater. 2014. V. 49. № 4. pp. 415–424.

2. Berdnyk O Yu, Lastivka O V, Maystrenko A A, Amelina N O. Processes of structure formation and neoformation of basalt fiber in an alkaline environment. – IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020). – Vol. 907. – 012036.

Порошкові лакофарбові покриття для захисту від корозії металевих конструкцій.

*Олесь Ластівка, канд.техн.наук, доцент кафедри ТБКВ,
Оксана Бердник, канд.техн.наук, доцент кафедри ТБКВ,
Денис Томін, студент*

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Мета дослідження - визначення корозійної стійкості поліефірних порошкових покриттів з використанням різних типів наповнювачів та оптимізація їх складі. Вибір виду захисту від корозії будівельних металевих виробів та конструкцій являє собою комплексну задачу з урахуванням техніко-економічних і експлуатаційних показників [1]. Порошкова фарба – матеріал який є одним з найбільш перспективних для створення техніко-економічного та екологічного захисного покриття для широкого асортименту будівельних виробів [2].

Композицію порошкової фарби готували шляхом спільного змішування віддозованих сировинних матеріалів в міксерах роторного типу з подальшою гомогенізацією суміші (при температурі 80...120 °С) в термостатних шнекових змішувачах (екструдерах), видавлюванням пастоподібної суміші з екструдера, її охолодженням, та подрібненням на спеціальних млинах.

Як фактори варіювання у складі композицій порошкової фарби було обрано вміст поліефірної смоли (50 – 70 %), наповнювача у вигляді метакаоліна (0 – 40 %), а також пігменту у вигляді діоксиду титану (10 – 20 %) зверх 100 % від маси композиції. Результати досліджень корозійної стійкості декоративно-захисних порошкових покриттів наведено на рис.1, рис. 2.

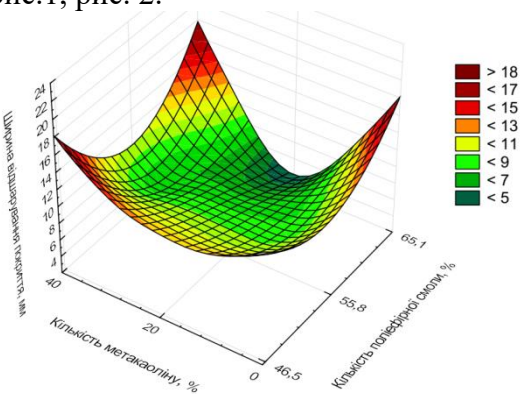


Рис.1. - Ізопараметрична діаграма зміни ширини відшарування покриття з використанням метакаоліну в складі порошкових фарб.

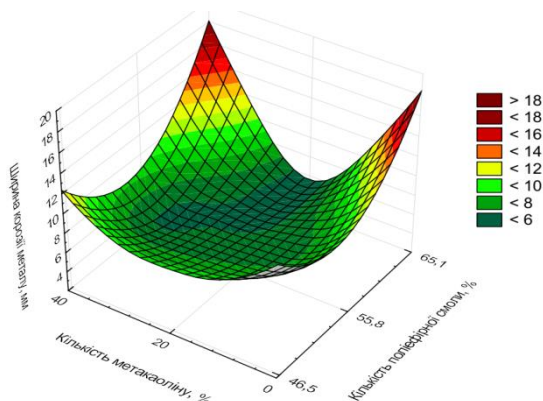


Рис. 2. - Ізопараметрична діаграма зміни ширини корозії покриття з використанням метакаоліну в складі порошкових фарб.

За результатами досліджень отримано екологічні лакофарбові покриття підвищеної корозійної стійкості на основі порошкових фарб, які містять в якості наповнювача силікати у вигляді метакаоліну. Використання вказаного наповнювача в складі порошкової фарби сприяє зменшенню ширини відшарування покриття до 2,13 мм та ширини корозії металу до 1,38 мм після випробування в камері сольового туману з конденсацією 5 % водного розчину хлориду натрію, а також класифікує отримані покриття до категорії атмосферної корозійної агресивності С3 та С4 згідно з ISO 12944-2:2017, що відповідно, створює передумови для використання вказаних композицій в умовах підвищеної корозійної агресивності.

1. Puig, M. Anticorrosive Properties Enhancement in Powder Coating Duplex Systems by Means of ZMP Anticorrosive Pigment / M. Puig, M.J. Gimeno, J.J. Gracenea, et al // Assessment by Electrochemical Techniques. Progress in Organic Coatings, 77, 2014, pp. 1993-1999.
2. De Lange, P. A. History of Powder Coating / P. De Lange. – Paint & Coatings Industry Magazine Available, 2004. – Vol.2. – pp.16 – 24.

Powder coatings for corrosion protection of metal structures.

O. Lastivka, Candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of technologies of building constructions and products,

O. Berdnyk, Candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of technologies of building constructions and products,

D. Tomin, Student

Kyiv National University of Construction and Architecture in Kyiv

The purpose of the study was to study the corrosion resistance of polyester powder coatings using various types of fillers. Choosing a type of corrosion protection for construction metal products and structures considering the technical and economic as well as operating factors is a complex problem [1]. Powder coating is one of the most perspective materials to create a technical and economic as well as an eco-friendly protective coating for wide range of construction products [2].

The composition of the powder coating has been prepared by mixing together dosed raw materials in wheel-type mixers and homogenizing the mixture (at 80...120 °C) in thermostatic screw mixers (extruders), pressing the pasty mixture out the extruder, cooling it and breaking to pieces with special mills.

The content of the polyester resin (50 – 70 %), filler in the form of metakaolin or talc (0 – 40 %) as well as pigment in the form of titanium dioxide (10 – 20 %) have been selected as variation factors in the compositions of the powder coating above 100 % of the composition mass. Results of corrosion resistance tests for decorative and protective powder coatings are shown in the Fig. 1, Fig. 2.

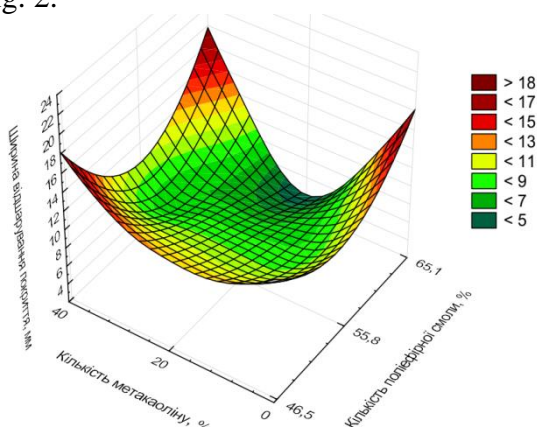


Рис.1. - Isoparametric diagram of change in the peeling width using metakaolin in powder coating.

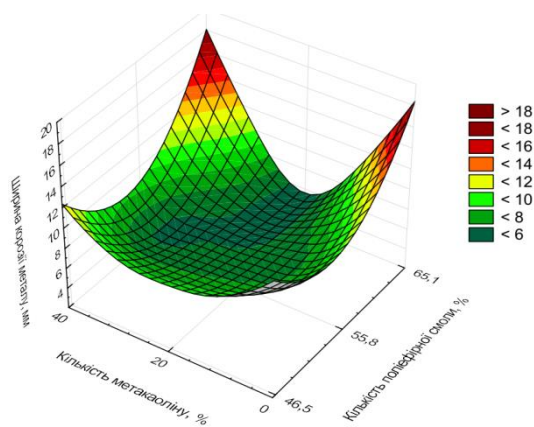


Рис. 2. - Isoparametric diagram of change in the metal corrosion width using metakaolin in powder coating.

According to the research results, we have obtained eco-friendly paint-and-varnishes coatings of high corrosion resistance based on powder coating containing silicates as a filler in the form of metakaolin and talc. Using the mentioned range of fillers in the powder coating contributes to the decrease in the peeling width to 2.13 mm and metal corrosion width to 1.38 mm after testing in the salt spray chamber with the condensation of 5 % of the sodium chloride water solution and places obtained coatings into atmospheric corrosivity categories C3 and C4 according to ISO 12944-2:2017, which creates conditions for using these compositions in the context of the excessive corrosivity.

1. Puig, M. Anticorrosive Properties Enhancement in Powder Coating Duplex Systems by Means of ZMP Anticorrosive Pigment / M. Puig, M.J. Gimeno, J.J. Gracenea, et al // Assessment by Electrochemical Techniques. Progress in Organic Coatings, 77, 2014, pp. 1993-1999.
2. De Lange, P. A. History of Powder Coating / P. De Lange. – Paint & Coatings Industry Magazine Available, 2004. – Vol.2. – pp.16 – 24.

СЕКЦІЯ 3

***«Комп'ютерне моделювання конструкцій
будівель і споруд спеціального призначення»***

Моделювання конструкцій в ПК ЛІРА-САПР з урахуванням протидії прогресуючому обваленню

*Марія Барабаш¹, доктор техн. наук, професор, професор кафедри комп'ютерних технологій будівництва,
Олексій Башинський², аспірант*

¹Національний авіаційний університет (м. Київ)

²Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Визначальне значення при проектуванні має методика моделювання будівель з урахуванням реальної роботи конструкцій, нелінійних властивостей матеріалів, врахування процесу постадійного зведення, а також побудова коректної конструктивної схеми будівлі з урахуванням зміни напружено-деформованого стану в процесі життєвого циклу. [1]. Врахування процесів життєвого циклу значно впливає на формування адекватної розрахункової комп'ютерної моделі будівлі і на вибір раціонального способу розрахунку, що дозволяє отримати реальні дані про напружено-деформований стан (НДС) несучих конструкцій [2].

У доповіді пропонуються підходи, що дозволяють перейти від раніше прийнятої концепції розрахунку (розрахункова схема - НДС) до сучасної - моделювання процесів життєвого циклу (процес зведення, процес навантаження та ін.). Зокрема, пропонується методика моделювання будівель на прогресуюче обвалення з урахуванням пристосовуваності конструкцій.

З введенням в дію нормативних документів [2] щодо проектування висотних будівель, сформовані вимоги, згідно з якими повинен здійснюватися процес проектування будівлі. Одним з таких вимог є розрахунок будівлі на прогресуюче обвалення. Такий розрахунок відноситься до аварійної ситуації, і має на увазі локальне обвалення або пошкодження окремих елементів несучих конструкцій в межах одного поверху або частини перекриття (обмеженою площею до 80м² або діаметром до 10м), яке не веде до повного руйнування всієї конструкції і будівлі в цілому. При цьому в окремих елементах конструкцій допускається розвиток тріщин і пластичних деформацій в арматурі. Розрахунок міцності та стійкості каркаса споруди проводиться на аварійне сполучення навантажень. При цьому відповідно до норм - граничні переміщення конструкцій не регламентуються, необхідно оцінити загальну стійкість будівлі в цілому.

Моделювання прогресуючого обвалення необхідно для дослідження живучості конструкції, можливості і механізму її пристосування при аварійному виході з ладу окремих конструктивних елементів. Такий аналіз може бути зроблений в рамках нелінійного динамічного розрахунку, однак його виконання при масовому проектуванні в даний час не представляється можливим зважаючи на велику складності і ресурсоемності розрахунку. У той же час, можна вважати неспроможною і спробу моделювання процесу «прогресуючого» руйнування конструкції на основі лінійно-пружного статичного розрахунку, зроблену в деяких роботах і програмних комплексах. Для вирішення такого класу задач пропонується математичне моделювання процесу навантаження на основі уточненого крокової методу, як основного методу при моделюванні процесів життєвого циклу конструкцій.

Реалізовані в програмному комплексі ЛІРА-САПР методика фізично-нелінійного розрахунку конструкцій з тріщинами дозволяє виконувати оцінку стійкості і стійкої міцності каркаса при прогресуючому обваленні.

3. Барабаш М.С. Моделирование запроектных воздействий при исследовании жизненного цикла конструкций зданий и сооружений // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2016. – Vol. 12. – Issue 3. – P. 15-26.

4. ДБН В.2.2-41:2019. ВИСОТНІ БУДІВЛІ. Основні положення.

Modeling of structures in software LIRA-SAPR taking into account counteraction to progressive collapse

M. Barabash¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Computers Technologies Department,

O. Bashynskiy², Post graduate student

¹*National Aviation University (Kyiv)Kyiv*

²*National University of Construction and Architecture (Kyiv)*

Determining the values in the design is a method of modeling construction based on the actual operation of structures, nonlinear properties of materials, control of the stage erection's process, as well as construction of a correct structural scheme of construction considering changes due to deformed state in the life cycle. [1]. Taking into account the life cycle processes significantly influence the formation of an adequate computational computer model of the building and the choice of a rational method of calculation, which allows to obtain real information about the stress-strain state (SSS) of load-bearing structures [2].

The report proposes approaches that allow to move from the previously adopted concept of calculation (calculation scheme - SSS) to modern - modeling of life cycle processes (erection process, download process, etc.). Concentrated, a method of modeling construction on a progressive fastening is proposed, considering the presence of structures.

With the introduction of regulations [2] on the design of high-rise buildings, the requirements are formed, according to which the process of building design must be carried out. One such requirement is the calculation of the building for progressive collapse.

This calculation refers to an emergency and implies local collapse or damage to individual elements of load-bearing structures within one floor or part of the floor (limited area up to 80m² or diameter up to 10m), which does not lead to complete destruction of the structure and building as a whole.

Thus, in separate elements of designs development of cracks and plastic deformations in armature is allowed. The calculation of the strength and stability of the frame of the structure is carried out on the emergency combination of loads. In this case, in accordance with the rules - the maximum displacement of structures is not regulated, it is necessary to assess the overall stability of the building.

Modeling of progressive collapse is necessary to research the survivability of the structure, the possibility and mechanism of its adaptation in case of emergency failure of individual structural elements. Such an analysis can be done in the framework of nonlinear dynamic calculation, but its implementation in mass design is currently not possible due to the great complexity and resource intensity of the calculation.

At the same time, an attempt to model the process of "progressive" destruction of the structure based on linear-elastic static calculation, made in some works and software packages, can be considered unsuccessful. To solve this class of problems, mathematical modeling of the load process is proposed based on a refined step method, as the main method in modeling the life cycle processes of structures.

Implemented in the software package LIRA-CAD technique of physical-nonlinear calculation of structures with cracks allows you to assess the stability and stable strength of the frame with progressive collapse.

1. Barabash M.S. Modelirovanie zaproektnij vozdeystviy pri issledovanii zhiznennogo tsikla konstruktsiy zdaniy sooruheniy // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2016. –Vol. 12. – Issue 3. – P. 15-26.
2. DBN B.2.2-41:2019. VISOTNI BUDIVLI. Osnovni polozhennya.

Розрахунок сталезалізобетонних конструкцій в ПК ЛІРА-САПР

Юрій Гензерський, канд.техн.наук, заступник директора

ТОВ ЛІРА САПР,

Важливу роль у проектуванні високоефективних будівельних конструкцій відіграють сталезалізобетонні елементи. Відомо, що сталезалізобетонні конструкції раціонально застосовувати для перекриття великих прольотів. В таких конструкціях із сталезалізобетону проектується плити, балки, ригелі, ферми, стійок, які сприймають великі навантаження (колони промислових та цивільних будівель, опори ЛЕП тощо) в інженерних спорудах.

Також доведено позитивні якості зігнутих конструкцій із жорсткою сталевую арматурою. Прикладом можуть бути монолітні плити по профільованому настилу, балки з попереднім напруженням арматури й без.

Сталезалізобетонні конструкції, що зарекомендували себе як надійні та економічні, постійно розвиваються і потребують розвитку програмного забезпечення для швидкого та надійного прийняття проектних рішень.

ПК ЛІРА-САПР, як провідний вітчизняний програмний комплекс, приділяє розрахунку таких конструкцій велику увагу. В ПК ЛІРА-САПР реалізовано перевірку залізобетонних перерізів з жорсткою арматурою, а також підбір додаткового армування гнучкою арматурою за необхідності.

1. ДБН В.2.6-160:2010.Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення.
2. Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд", затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 20 грудня 2006 р. № 1764

Design of composite (RC & steel) structures in LIRA-SAPR software

Iu. Genzerskiy, Ph.D., Deputy Director

LIRA SAPR Ltd.

Composite (reinforced concrete & steel) elements are extremely important in design of highly efficient building structures. Composite (RC & steel) structures are quite useful when it is necessary to cover large spans. The following objects are designed as composite structures: slabs, beams, girders, trusses, piers, that take high loads (columns of industrial and civil buildings, power transmission line supports, etc.) in engineering structures.

Bent structures with stiff steel reinforcement are also proved to be beneficial. For example, monolithic slabs on profiled sheeting, beams with/without prestressing of reinforcement.

Composite structures have proven to be reliable and efficient. These structures are subject to continuous development, so they require advanced software to make design decisions quickly and effectively.

LIRA SAPR company as a leading domestic software developer focuses on the analysis of such structures. In LIRA-SAPR program it is possible to check the RC sections with stiff reinforcement and to select additional reinforcement as bent reinforcement, if required.

1. DBN V.2.6-160:2010. 'Building structures. Composite (RC & steel) structures. General provisions'.
2. 'Technical regulations for construction products, buildings and structures' approved by the decree No. 1764 of the Cabinet of Ministers of Ukraine (December 20, 2006).

Методи розрахунку вогнестійкості залізобетонних конструкцій в ПК «ЛІРА-САПР»

Ольга Башинська, канд.техн.наук, інженер-програміст

ТОВ «ЛІРА-САПР»

Розрахунок залізобетонних конструкцій на вогнестійкість - один із найважливіших етапів проектування. У нормативних документах наведено кілька варіантів розрахунку конструкцій на вогнестійкість: спрощений, уточнений метод розрахунку, а також розрахунок за табличними даними.

Метою даного дослідження є аналіз міцності і деформаційних характеристик залізобетонних елементів конструкцій за умови вогневого впливу.

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні завдання:

- вирішено задачу теплопровідності методом скінченних елементів, в якому виявлено зміну температури по перерізу конструктивного елемента в часі;
- проаналізовано характеристики міцності в лінійній та нелінійній постановці, в яких взято до уваги зміну міцності і деформаційних властивостей матеріалів при підвищенні температури.

Розрахунок за табличними даними - найбільш простий варіант, коли можна визначити товщину захисного шару бетону в залежності від класу вогнестійкості конструкції і геометрії перерізу.

При спрощеному методі розрахунку вважається, що бетон при температурі понад 500 °С не враховується в роботі конструкції. Тому необхідно визначити розподіл температури по перерізу елемента, і в залежності від температурних полів - виконати міцнісний розрахунок приведенного перерізу. Але вищезазначені варіанти розрахунку доволі обмежені. Так, наприклад, розрахунок за табличними даними можна використовувати тільки для певного значення навантаження, величини ексцентриситету і гнучкості елементів. А спрощена методика не дає можливості враховувати зміни характеристик міцності матеріалів при підвищенні температури. У той час, як уточнений метод розрахунку є універсальним для будь-якої конструкції і дозволяє врахувати зміну властивостей бетону і арматури при вогневому впливі.

При розрахунку будівель і споруд на вогнестійкість, для кожного інженера головним путівником у розрахунках є нормативні документи. Для того, щоб виконати уточнений розрахунок конструкції на вогнестійкість необхідно в першу чергу знати, як буде розподілятися температура по перерізу кожного конструктивного елемента, який піддається вогневому впливу. Також, в нормах сказано, що при такому підході необхідно враховувати деформації повзучості.

Згідно з уточненим методом розрахунку, необхідно провести теплотехнічний розрахунок, на основі якого потрібно змінити механічні властивості матеріалів.

Для того, щоб виконати теплотехнічний розрахунок - потрібно вирішити задачу теплопровідності.

Вирішити дану задачу можливо методом скінченних елементів або методом скінченних різниць. При використанні першого методу, конструкцію моделюють спеціальними скінченними елементами з одним ступенем вільності - температурою, яка є скалярною величиною.

Після визначення температурних полів конструкції, в розглянутій математичній моделі необхідно знизити жорсткісні характеристики матеріалів і зробити міцнісний розрахунок. При такому підході, для визначення повних деформацій конструкції потрібно враховувати деформацію повзучості.

1. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість: ДСТУ-Н EN 1992-1-2:2012 (EN 1992-1-2:2004, IDT).
2. EN 1992-1-2 (2014): Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design [Authority: the European Union Per regulation 305/2011, directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].

Fire resistance analytical methods for reinforced concrete structures in SP "LIRA-SAPR"

O. Bashynska, Ph.D., software developer

LLC "LIRA-SAPR"

The fire resistance analysis of structures is one of the most important design stages. The building rules expound several variants of fire resistance analysis of structures: simplified, qualified methods of calculation and the calculation with reference to the tabular data.

The goal of the research is the studying the strength and deformation characteristics of reinforced concrete floor slabs under fire exposure.

To achieve this goal it has solved the following tasks:

- the problem of heat conductivity by the method of finite elements. By solving the problem, it revealed the temperature change all over the cross section of the structural element in time;
- linear and nonlinear strength problems, which take into account changes of the strength and deformation properties of materials according to the temperature increasing.

The calculation with reference to the tabular data is the easiest way when you can determine the thickness of the concrete protective layer, according to the fire resistance class of the structure and geometry of the section.

In the simplified analysis method, it is estimated that concrete at temperatures above 500 °C can't be taken into account in the operation of the structure. Therefore, it is necessary to determine the temperature distribution all over the cross-section of every element. According to the temperature fields distribution we have to perform a strength calculation of the reduced cross section. But, the abovementioned analysis types have some limitations. For example, the calculation with reference to the tabular data must only be used for a certain level of loads, eccentricity values and flexibility of elements. A simplified method doesn't give us the opportunity to take into account changes in the strength characteristics of materials caused by increasing temperature. At the same time, the proposed analysis method is universal for any mathematical model and makes it possible to take into account the changes of the properties of concrete and reinforcement during a fire action. While realizing the fire resistance analysis of buildings and structures, for every engineer the most important thing is a choice of building rules and regulatory documents.

The choice of these documents depends on the country in which the construction is planned to be built. It is stated that in order to perform a qualified calculation method of the structure for fire resistance, it is necessary first of all to know how the temperature will be distributed all over the cross section of each structural element which is exposed to fire impact. The regulatory documents also state that with this approach it is necessary to take into account creep deformations.

According to the qualified methods of calculation, it is necessary to do a thermal design. On the basis of the thermal design it is necessary to change the mechanical properties of materials. In order to perform a thermal design, it is necessary to solve the problem of thermal conductivity.

It is possible to solve this equation by the finite element method or by the finite difference method. When using the first method, the structure must be modeled by special finite elements with one degree of freedom - temperature, which is a scalar value.

After determining the temperature fields all over the structure, in the considered mathematical model it is necessary to lower the stiffness characteristics of the materials and to make strength calculation. With this approach, to determine the total deformations of the structure it is necessary to take into account the creep deformation.

1. Eurokod 2. Projektuvannya zalizobetonnikh konstruktsiy. Chastina 1-2. Zagalni polozhennya. Rozrakhunok konstruktsiy na vognestiykist: DSTU-N EN 1992-1-2:2012 [Design of reinforced concrete structures. Part 1-2. General. Fire resistance calculation of structures] (EN 1992-1-2:2004, IDT).
2. EN 1992-1-2 (20014): Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design [Authority: the European Union Per regulation 305/2011, directive 98/34/EC, Directive 2044/18/EC].

Стержневі аналоги для моделювання будівельних конструкцій

*Марина Ромашкіна¹, канд. техн. наук,
Андрій Томашевський², аспірант,*

¹ТОВ «ЛІРА САПР», м. Київ

²Національний авіаційний університет, м. Київ

При моделюванні будівельних конструкцій методом скінченних елементів використовуються скінченні елементи різної розмірності: стержневі, пластинчасті і об'ємні. Вибір того чи іншого типу скінченного елемента, по-перше, робиться з метою забезпечення достатньою мірою відповідності між математичною моделлю і дійсною роботою конструкції яка моделюється в заданих умовах [1]. По-друге, вибір робиться на користь скінченних елементів, потрібних для моделювання коректного вузла примикання до інших елементів, зручних для збору навантаження і аналізу результатів. Сучасні інтегровані програмні комплекси будівельного призначення, такі як ПК ЛІРА-САПР, також використовують розраховані внутрішні зусилля в скінченних елементах для виконання інших прикладних розрахунків: розрахунків на міцність, стійкість і конструювання залізобетонних, сталевих і армокам'яних конструкцій. Цей факт також опосередковано впливає на вибір необхідних типів скінченних елементів.

Існують будівельні конструкції, що моделюються в силу зазначених вище причин набором скінченних елементів різної розмірності, однак за характером своєї роботи подібні стержням. До таких конструкцій відносяться, наприклад, пілони, перемички, балки-стілки і т. п. Поперечні перерізи в цих конструкціях будуть представлені в розрахункових моделях сукупністю скінченних елементів і вузлів. Для детального аналізу цих конструкцій корисно (а для прикладних розрахунків - необхідно) визначити внутрішні зусилля в їх складових поперечних перерізах аналогічно зусиллям в поперечних перерізах стержнів. У ПК ЛІРА-САПР таку задачу вирішує система "Стержневі аналоги".

Стержневий аналог - це група скінченних елементів і їх вузлів, логічно пов'язаних за певним правилом, що визначає особливий алгоритм розрахунку внутрішніх зусиль в одному стержневому скінченному елементі. Цей стержневий скінченний елемент будемо називати цільовим стержнем. Внутрішні зусилля в розрахункових перерізах цільового стержня розраховуються не на основі переміщень його вузлів, а шляхом підсумовування вузлових реакцій від наборів обраних скінченних елементів. Передбачається, що кожен такий набір скінченних елементів формує собою складений поперечний переріз конструкції, яка аналізується. А вузли, реакції в яких підсумовуються, лежать в площині цього перерізу. Такі вузли і елементи будемо називати вихідними об'єктами стержневого аналога.

Застосування в СЕ-моделях стержневих аналогів в ряді випадків може виявитися найбільш прийнятним підходом при автоматизованому конструюванні елементів, робота яких близька до роботи стержнів. Так, при конструюванні перемички арматуру належить розміщувати у верхній і нижній гранях елемента, при конструюванні колони - переважно по кутах її поперечного перерізу. Нормативні вимоги орієнтують інженерів підбирати арматуру на основі інтегрованих зусиль в поперечних перерізах елементів. На основі НДС перемички або колони, отриманого за моделлю з плоских скінченних елементів, підбір арматури є досить проблематичним. Стержневі аналоги, також, опосередковано вирішують і проблему врахування концентрації напружень в місцях опор та інших точок сингулярності.

1. Метод конечных элементов: теория и численная реализация / Городецкий А. С., Евзеров И. Д., Стрелец-Стрелецкий Е. Б. и др. – К. : Факт, 1997. – 138 с. – (Программный комплекс ЛИРА-Windows).

Bar analogues for simulation of building structures

*Maryna Romashkina*¹, PhD,
*Andrii Tomashevskiy*², postgraduate student,

¹«LIRA SAPR» Ltd, Kyiv
²National Aviation University, Kyiv

When building structures are simulated by the FEM, different finite elements may be applied: bars, plates and solids. Certain type of finite element is defined by the user in order to ensure sufficient correspondence between the mathematical model and the actual behaviour of the simulated structure in the specified conditions [1].

The user defines finite elements that will be appropriate to simulate correct joints with other elements, to collect loads and evaluate analysis results. Advanced integrated software packages for analysis of building structures, such as LIRA-SAPR software, also use internal forces (in finite elements) obtained in FEA in order to carry out other types of analyses: strength analysis, stability analysis and analysis of reinforced concrete, steel and masonry reinforcing structures.

There are building structures that for the abovementioned reasons are simulated with a set of different finite elements but by behaviour they are similar to bars. Such structures include for example, pylons, lintels, wall-beams, etc. The cross-sections of these structures will be represented in the design models by a set of finite elements and nodes.

For a detailed evaluation of such structures, it is useful (and for applied calculations it is necessary) to determine the internal forces in their composite cross-sections in the same way as the forces in the cross-sections of bars. The 'Bar analogues' system is introduced in LIRA-SAPR program for such purpose.

Bar analogue is a group of finite elements and their nodes that are logically connected according to a certain rule. The rule stipulates a special algorithm for calculating internal forces in one bar finite element.

This bar FE will be referred to as the target bar. Internal forces in design sections of the target bar are calculated by summing up the nodal reactions from the sets of defined finite elements rather than based on the displacements of nodes of the bar.

It is assumed that each such set of finite elements represents a composite cross-section of the structure and the nodes where reactions are summed up belong to the plane of this section. Such nodes and elements will be called the initial objects of the bar analogue.

In some cases the most acceptable approach is to use the bar analogues in FE models for the computer-aided design of elements if behaviour of the elements is similar to bars. For example, for design of a lintel, reinforcement should be arranged at the upper and lower edges of the element, for design of a column - preferably at the corners of its cross-section.

Regulatory documents require that engineers should select reinforcement based on integrated forces in the cross-sections of elements. It is problematic in many aspects to analyse reinforcement on the basis of the stress-strain state of a lintel or a column obtained by a model from plane finite elements. Bar analogues are also helpful to consider the stress concentration at the support points and triangulation points.

1. Finite Element Method: theory and numerical implementation / A.S.Gorodetsky, I.D.Yevzerov, E.B.Strelets-Streletsky, etc. – K. : Fakt, 1997. – 138 p. – (LIRA-Windows software).

Ітераційні скінченні елементи в ПК "ЛІРА-САПР"

Анатолій Пікуль, к.т.н., інженер, доцент кафедри металевих та дерев'яних конструкцій,

ТОВ «ЛІРА САПР»

Київський національний університет будівництва і архітектури (м. Київ)

Ефективність використання матеріалів конструкцій в сучасному будівництві нерозривно пов'язана з точністю розрахунку таких конструкцій за допомогою програмного забезпечення. Лінійна скінченно-елементна модель не завжди дає можливість правильно проаналізувати напружено-деформований стан конструкції. В таких випадках використовують нелінійні методи, зокрема, ПК «ЛІРА-САПР» дозволяє моделювати конструкції з урахуванням геометричної, конструктивної, генетичної та фізичної нелінійностей. Для розв'язання таких задач використовують ітераційні та крокові методи. Крокові методи базуються на покроковому прикладанні навантаження і розв'язання квазістатичних задач на кожному кроці (геометрично, фізично та генетично нелінійні задачі), ітераційні методи ПК «ЛІРА-САПР» включають до себе метод січних («інженерна» нелінійність) та метод компенсуючих навантажень (конструктивно та фізично нелінійні задачі).

Метою досліджень є порівняння ефективності розв'язання задач з урахуванням фізично нелінійних характеристик матеріалів за допомогою методу послідовних навантажень та методу компенсуючих навантажень. Бібліотеку скінченних елементів ПК «ЛІРА-САПР 2021» доповнено новими скінченними елементами (стержневі, пластинчаті та просторові), що реалізують теорію пружності та пластичності для розрахунку методом компенсуючих навантажень задач статичного та динамічного деформування. Обидва методи мають ряд переваг та недоліків. До основної переваги методу послідовних навантажень є те, що розв'язок існує завжди і навіть якщо модель руйнується у процесі розрахунку, то можна відстежити початок таких процесів, але при навантаженнях, що різко змінюють напрямок мають ефект запізнення (жорсткість елемента для наступного кроку визначається від зусиль поточного кроку). При ітераційному методі, якщо модель конструкції втратила тримкість, то розв'язок не сходиться. Суттєвими ж перевагами методу компенсуючих навантажень на основі нових ітераційних скінченних елементів є наступні:

- не сприймають на себе більші зусилля, ніж можуть тримати;
- дають можливість врахувати розвантаження матеріалу з початковим модулем пружності;
- при руйнуванні не фіксуються накопичені зусилля;
- при розв'язку задач динаміки в прямому часі відсутній ефект запізнення;
- однозначність напружено-деформованого стану (в залізобетонних перерізах зі складним розташуванням арматурних стрижнів одному набору зусиль може відповідати декілька наборів деформацій, вхідними параметрами для крокових елементів є зусилля, для ітераційних - деформації).

В процесі дослідження розв'язано ряд тестових задач з використанням діаграм деформування бетону та сталі. У результаті дослідження підтверджено ефективність застосування ітераційних скінченних елементів для моделювання статичних та динамічних задач з урахуванням фізично нелінійних властивостей матеріалу.

1. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. К.: Факт,- 2007. с. 392.
2. Білик А.С. Розрахунок сталевих балок з урахуванням розвитку підвищених пластичних деформацій / А. С. Білик // Будівельні конструкції: теорія і практика. – 2018. – Вип. 2. – С. 26-33. - Режим доступу: <http://bctp.knuba.edu.ua/article/view/193281>
3. Клованич С.Ф., Малишко Л., Максименко В.П. Теорія пластичності в будівельному проектуванні. – Одеса: ОНМУ, 2017. – 154 с.
4. Mansour, M., Lee, J.-Y., & Hsu, T. T. C. (2001). Cyclic Stress-Strain Curves of Concrete and Steel Bars in Membrane Elements. Journal of Structural Engineering, 127(12), 1402–1411. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2001\)127:12\(1402\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2001)127:12(1402))

Iterative finite elements in the PC "LIRA-SAPR"

A. *Pikul*, Ph.D., engineer, Associate Professor of the Department of Metal and Wood Structures,

“LIRA SAPR” Ltd.

Kyiv National University of Construction and Architecture

The efficiency of the use of construction materials in modern construction is inextricably linked with the accuracy of the calculation of such structures using software. The linear finite-element model does not always make it possible to correctly analyze the stress-strain state of the structure. In such cases, nonlinear methods are used, in particular, PC "LIRA-SAPR" allows modelling structures taking into account geometric, structural, genetic and physical nonlinearity. Iterative and stepwise methods are used to solve such problems.

Stepwise methods are based on step-by-step loading and solving quasi-static problems at each step (geometrically, physically and genetically nonlinear problems), iterative methods of PC "LIRA-SAPR" include the method of Secant Modules ("engineering" nonlinearity) and the method of compensating loads (structurally and physically nonlinear problems).

Problems with physically nonlinear characteristics of materials were considered. The purpose of the research is to compare the efficiency of solving such problems using the method of sequential loads and the method of compensating loads. The library of finite elements of PC "LIRA-SAPR 2021" is supplemented with new finite elements (rod, plate and space), that implement the theory of elasticity and plasticity for calculation by the method of compensating loads of problems of static and dynamic deformation.

Both methods have several advantages and disadvantages. The main advantage of the method of sequential loads is that the solution always exists and even if the model collapses in the calculation process, you can track the beginning of such processes, but at loads that dramatically change direction have a delay effect (the stiffness of the element for the next step is determined from the internal efforts of the current step).

In the iterative method, if the design model has lost its strength, the solution does not converge. Significant advantages of the method of compensating loads based on new iterative finite elements are the following:

- do not absorb more effort than they can hold;
- make it possible to take into account the unloading of the material with the initial module of elasticity;
- at destruction the accumulated efforts are not fixed;
- when solving problems of dynamics in direct time there is no effect of delay;
- unambiguity of the stress-strain state (in reinforced concrete cross-sections with a complex arrangement of reinforcing bars, one set of internal efforts can correspond to several sets of deformations, the input parameters for step elements are forces, for iterative - deformations).

During the research, several test problems were solved using stress-strain diagrams of concrete and steel. The study confirmed the effectiveness of iterative finite elements for modeling static and dynamic problems taking into account the physically nonlinear properties of the material.

1. Gorodetskii A.S., Evzerov I.D. Komp'uternye modeli konstruksii. K.: Fakt,- 2007. s. 392.
2. Bilyk A.S. Rozrahunok stalevyh balok z urahuvanniam rozvytku pidvyshchenyh plastychnyh deformatsii / A. S. Bilyk // Budivelni konstruksii: teoriia i praktyka. – 2018. – Vyp. 2. – s. 26-33. – Regym dostupu: <http://bctp.knuba.edu.ua/article/view/193281>
3. Klovanych S.F., Malyshko L., Maksymenko V.P. Teoriia plastichnosti v budivelnomu proektuvanni. – Odesa: ONMU, 2017. – 154 p.
4. Mansour, M., Lee, J.-Y., & Hsu, T. T. C. (2001). Cyclic Stress-Strain Curves of Concrete and Steel Bars in Membrane Elements. *Journal of Structural Engineering*, 127(12), 1402–1411. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(2001\)127:12\(1402\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(2001)127:12(1402))

Задане армування, можливості реалізації та використання в ПК ЛІРА-САПР

Віктор Туток, провідний інженер

ТОВ «ЛІРА САПР» (м. Київ)

В ПК «ЛІРА-САПР» реалізовано підбір арматури для стержневих та пластинчатих елементів згідно норм ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції» та ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону». Крім підбору арматури існує нагальна потреба у перевірці залізобетонних перерізів стержневих та пластинчатих елементів з урахуванням заданого армування.

Для реалізації перевірки залізобетонних елементів з урахуванням заданого армування розроблені та використовуються спеціальні інструменти програми, за допомогою яких є можливість задавати поздовжнє та поперечне армування перерізів та призначати це армування на елементи схеми. На кожен елемент може бути задано як один тип заданого армування (ТЗА), так і комбінація з декількох ТЗА. ТЗА можуть бути задані на пластинчаті елементи по нижньому та верхньому шарах вздовж місцевих осей X та Y.

Для стержневих елементів прямокутного перерізу ТЗА можна задавати різними способами: простий (тільки поздовжня арматура), комбінований (поздовжня і поперечна арматура), поперечна арматура, точний та складений (може складатися з будь-якого набору простих і комбінованих). Крім прямокутного перерізу, для стержневих елементів можуть бути задані ТЗА кільцевого (круглого) перерізу та складеного (таврового, двотаврового). Для таврового та двотаврового перерізів ТЗА задаються окремо для прямокутних форм, що складають переріз стержня – у списку попередньо вибирається положення групи стержнів (стінка, полицка, верхня полицка, нижня полицка). ТЗА для стінок та полицок задається так само, як для стержня прямокутного перерізу. ТЗА для кільцевого, таврового та двотаврового перерізів як і для прямокутного перерізу можна задавати різними способами: простий, комбінований, поперечна арматура, точний та складений.

ТЗА можуть бути сформовані на основі поточної шкали результатів підбору армування. Ця можливість стає доступною в режимі перегляду результатів конструювання для залізобетонних конструкцій і у тому випадку, коли для розрахункової схеми вибраний режим перегляду однієї з мозаїк армування в стержнях або пластинах.

В результаті перевірки стержневих залізобетонних елементів з урахуванням заданого армування обчислюються наступні коефіцієнти запасу армування:

- за міцністю [1] та [2];
- на дію крутного моменту [1] та [2];
- на дію перерізуєчих сил [1] та [2];
- на розкриття тріщин [1] та [2];
- повна перевірка [1] та [2].

В результаті перевірки пластинчатих залізобетонних елементів з урахуванням заданого армування обчислюються наступні коефіцієнти запасу армування:

- за міцністю [1] та [2];
- на розкриття тріщин [1] та [2];
- повна перевірка [1] та [2].

Результати розрахунку доступні в графічному і табличному виді, та окремо в локальному режимі армування. Реалізація перевірки залізобетонних перерізів з урахуванням заданого армування розширює можливості використання ПК «ЛІРА-САПР» не тільки для нового, а й для існуючого будівництва. Тепер є можливість не тільки виконати конструювання для нового будівництва, а й виконати перевірку, та у разі необхідності підсилення, існуючих конструкцій залізобетонних будівель та споруд.

1. ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення».

2. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування».

Options to implement and use the pilot reinforcement (PR) in LIRA-SAPR

Viktor Tytok, lead engineer in Technical Support Team,

LIRA SAPR (Kyiv)

LIRA-SAPR program supports analysis of reinforcement for bars and plate elements according to DBN B.2.6-98: 2009 'Concrete and reinforced concrete structures' and DSTU B V.2.6-156: 2010 'Concrete and reinforced concrete structures made of heavyweight concrete'. In addition to analysis of reinforcement, there is a critical need to check the RC sections of bar and plate elements with account of pilot reinforcement.

The special tools are introduced in the program to check the RC elements with account of pilot reinforcement. These tools enable the user to define longitudinal and transverse reinforcement for the sections and assign this PR type to the elements of the model. For every element it is possible to define either one type of pilot reinforcement (PR type) or a combination of several types of PR.

PR types may be applied to the plate elements at the lower and upper edges along the local axes X and Y.

For bars of rectangular cross-section, PR types may be defined in different ways: simple (longitudinal reinforcement only), combined (longitudinal and transverse reinforcement), transverse reinforcement, exact and compound (may consist of any set of simple and combined ones). In addition to the rectangular cross-section, for bars it is possible to define PR types with the circular (round) cross-section and built-up (T-shaped, I-shaped). For T-shaped and I-shaped sections, the PR types are defined separately for the rectangular shapes included in the cross-section of the bar - location for the group of bars (web, flange, top flange, bottom flange) is defined in the list. PR types for webs and flanges are set in the same way as for the bar in rectangular cross-section. PR types for circular, T-shaped and I-shaped sections as well as for rectangular sections may be defined in different ways: simple, combined, transverse reinforcement, exact and compound.

PR types may be generated on the basis of the current colour palette for reinforcement. This option is available in the mode of analysis results for the RC structures and in case any mosaic plot of reinforcement in the bars or plates is defined to be displayed on design model.

After analysis of RC bars with account of pilot reinforcement, the following reserve factors for reinforcement are computed:

- for strength [1] and [2];
- for torsion [1] and [2];
- for shear force [1] and [2];
- for crack propagation [1] and [2];
- complete check [1] and [2].

After analysis of RC plates with account of pilot reinforcement, the following reserve factors for reinforcement are computed:

- for strength [1] and [2];
- for crack propagation [1] and [2];
- complete check [1] and [2].

Analysis results are available in graphical and tabular form, and in the local mode of reinforcement as well.

Analysis of RC sections with account of pilot reinforcement makes it possible to use LIRA-SAPR program not only for new but also for existing structures. Now the user could carry out analysis & design for the new structure but also to check and, if necessary, to strengthen the reinforcement of existing structures of RC buildings.

1. DBN V.2.6-98:2009 'Betonni ta zalizobetonni konstrukcii. Osnovni polozhennya'.

2. DSTU B V.2.6-156:2010 'Betonni ta zalizobetonni konstrukcii z vazhkogo betony. Pravyla proektuvannya'.

Моделювання панельних будівель в ПК САПФІР

*Олександр Лазарєв, провідний інженер технічної підтримки,
Олександра Артамонова, інженер технічної підтримки,*

ТОВ «ЛІРА САПР

В даний час спостерігається активне відродження великопанельного будівництва. В першу чергу це пов'язано з економічними причинами. Три кити, на яких стоїть великопанельне житлове будівництво, - це швидкість, надійність, ну, і звичайно, доступність. Тобто підвищений попит на панельні будівлі пов'язаний насамперед з потребою в недорогому житлі, що зводиться в найкоротші терміни і з збереженням високої якості робіт.

З точки зору моделювання будівельних конструкцій для розрахунку, основна відмінність збірних будинків від монолітних полягає в наявності в них особливої сутності - стику збірних елементів і необхідності його правильного аналітичного уявлення в розрахунковій схемі.

Стик панелей в ПК САПФІР - особливий об'єкт. Він існує тільки на перетині конструктивних елементів моделі будівлі (стін, перекриттів) і характеризує особливості їх з'єднання. При створенні стиків в моделі, в залежності від положення елементів, що з'єднуються і їх кількості, визначається тип стику: вертикальний або горизонтальний, стіна-стіна, або стіна-плита-стіна і т.п.

У розрахунковій схемі вертикальні стики представлені таким чином. У потрібних місцях з визначеним кроком розташовуються з'єднувальні елементи заданої жорсткості. З'єднувальні елементи моделюються двовузловими елементами KE55 або 255.

Для горизонтальних стиків формуються спеціальні кінцеві елементи платформного стику, які в повній мірі відображають його роботу в реальності (для вертикальних (по Z1) та зсувних (по X1) зусиль та деформацій елемент працює як балка-стінка, але крім цього з площини елемента додається зсувна жорсткість платформного стику). Жорсткість таких KE стику в загальному випадку описується трьохлінійною діаграмою $\sigma - \epsilon$. Параметри діаграми (пари σ_i та ϵ_i) визначаються в залежності від коефіцієнту піддатливості λ_i на відповідній частині діаграми, висоти KE стику і напружень σ_i , при яких відбувається зміна піддатливості.

Для кінцевих елементів платформного стику (KE 58/59 та 258/259) виконується автоматичне обчислення жорсткості. Розрахунок ведеться для випадку короткочасної дії навантаження за формулами [1]. При розрахунку панельних будинків в тому числі необхідно перевірити міцність горизонтального стику при стисненні. Розрахунок несучої здатності стику також виконується в САПФІР згідно [1]. Значення погонної міцності стику при короткочасній і тривалій дії навантаженні передається в ВІЗОР-САПР у відповідні жорсткості.

Стик в моделі САПФІР створюється на основі бібліотеки стиків. У бібліотеці стиків спочатку є кілька налаштованих стиків, інші можна додати за допомогою базових схем і задати їм необхідні параметри. Є інструменти, що дозволяють виконати автоматизоване розміщення стиків в проєктований будинок. Якщо необхідно внести зміни у властивості стиків, достатньо внести зміни в один стик і потім застосувати їх для інших стиків такої ж марки або типу за допомогою команди «Поширити». Всю інформацію по стиках можна побачити у зведеній відомості стиків. Існує також діагностика стиків, яка дозволяє виявити в панельному будинку панелі, які не пов'язані стиками.

В результаті розрахунку можна отримати напружено-деформований стан схеми, ізополя і мозаїки напружень в стиках і зусиль в окремих зв'язках, де використовуються з'єднувальні елементи. Моделювання роботи великопанельного будинку завжди було дуже трудомістке, але інструменти системи «Панельні будівлі» настільки зручні, що можна проаналізувати один варіант, внести зміни в схему і протягом півгодини-години поррахувати вже альтернативний варіант.

Modeling of panel buildings in SAPFIR software

O. Lazariiev, lead engineer in Technical Support Team,

O. Artamonova, , engineer in Technical Support Team,

Lira SAPR, LTD

Nowadays, there is an active revival of large-panel building construction. First of all, this is due to economic reasons. The three pillars on which large-panel housing construction stands are speed, reliability, and, of course, affordability. I.e. the increased demand for panel buildings is related to the demand for inexpensive housing, erected in the shortest possible time and with high work quality.

In terms of modeling of building structures for analysis, the main difference between precast and monolithic buildings is the presence of a special entity in them - the joint of the precast elements and the necessity of its correct analytical representation in the meshed model.

The panel joint in SAPFIR software is a special object. It exists only at the intersection of the structural elements of the building model (walls, floors) and characterizes the features of their connection. When creating joints in the model, the joint type is determined: vertical or horizontal, wall-wall, or wall-slab-wall, etc. The type of joint depends on connected elements and their quantity.

In the meshed model vertical joints are presented in the following way: connection elements of a given stiffness are placed at the desired locations with a predetermined step; the connecting elements are modeled by two-node elements FE 55 or FE 255.

For horizontal joints special finite elements of the platform joint are formed. They fully reflect its operation in reality (for vertical (by Z1) and shear (by X1) efforts and deformations this element works as wall-beam but out of the element's plane is also added shear stiffness of platform joint). Stiffness of such FE is described by three-linear diagram $\sigma - \varepsilon$.

Parameters of this diagram (pairs σ_i and ε_i) are determined depending on flexibility factor λ_i on corresponding part of a diagram, height of joint FE and stresses σ_i at which the flexibility factor is changed.

For finite elements of a platform joint (FE 58/59 and 258/259), automatic stiffness analysis is performed. Analysis is carried out for the short-term action of the load by the formulas [1]. When analyzing panel buildings, it is also necessary to check the compression strength of the horizontal joint.

The analysis of the bearing capacity of the joint is also performed in SAPFIR according to [1]. Information about the joint strength values for short-term and long-term loads is transferred to VISOR-SAPR in the corresponding stiffnesses.

The joint in the SAPFIR model is created based on a library of joints. There are a few pre-configured joints in the library of joints to start with. The others can be added with the help of basic schemes and set the necessary parameters for them. There are tools that allow you to perform automatic placement of joints in the projected building. If it is necessary to make changes in the properties of the joints, you can change 1 joint and apply these changes to other joints of the same tag or type by using the "Duplicate" command. All information about joints can be seen in the schedule of joints. There is also a joint diagnostic, which allows you to find panels in a panel building that are not connected by joints.

As a result of the analysis, it is possible to obtain the stress-strain state of the scheme, contour and mosaic plots of stresses in joints and efforts in individual connections, where embedded parts are used. Modeling the operation of a large-panel building has always been difficult, but the tools of the system "Panel Buildings" are so user-friendly that you can analyze one option, make changes to the model and within half an hour to analyze the alternative.

1. SP 335.1325800.2017 « Krupnopanelnue konstruktivnue sistemu. Pravila Proektirovaniya»

Експертиза залізобетонних конструкцій у ПК «ЛІРА-САПР»

Андрій Томашевський, аспірант, інженер,

*Національний авіаційний університет (м. Київ),
ТОВ «ЛІРА САПР»*

У сучасних програмних комплексах будівельного призначення, таких як ПК «ЛІРА-САПР», для визначення армування при проектуванні залізобетонних конструкцій інженер проходить декілька етапів. На першому етапі виконується лінійний розрахунок моделі з приведеними жорсткостями елементів (за методикою О. С. Залесова [1]), підбір армування, уніфікація армування в елементах відповідно до кількох вибраних марок конструкцій. На другому етапі за одержаним армуванням формуються нелінійні жорсткості елементів та виконується розрахунок з урахуванням фізичної (в тому числі з урахуванням повзучості бетону) та генетичної (актуально для висотних будівель) нелінійності. Для автоматизації цих двох етапів у ПК «ЛІРА-САПР» застосовується система «Інженерна нелінійність» [2], яку слід сприймати як метод уточненого диференційованого врахування зниження жорсткісних характеристик залізобетонних елементів. На третьому етапі для лінеаризованої моделі з одержаними дійсними жорсткостями елементів виконуються подальші розрахунки сполучень зусиль, розрахунки динаміки споруди та нормативні перевірки конструкцій за міцністю, тріщиностійкістю та деформаціями.

Для перевірок залізобетонних конструкцій за нормативними вимогами у ПК «ЛІРА-САПР» існують інструменти експертизи ЗБК. Необхідність виконання таких перевірок може виникати не лише на заключному етапі проектування при новому будівництві, а й на ранніх етапах проектування при розробці принципів схем армування конструкцій за марками, обчисленні приведених жорсткостей конструкцій, а також на етапі обстеження існуючих конструкцій та проектування підсилення при реконструкції. Вирішуючи ці задачі, інженер повинен мати можливість гнучко застосовувати інструменти експертизи ЗБК, а саме: моделювати поперечні перерізи довільної форми та з довільним розташуванням арматури, враховувати геометричні недосконалості та дефекти елементів, задавати диференційовані характеристики міцності та деформативності матеріалів для різних режимів роботи конструкцій.

Для аналізу нормального перерізу конструкції у ПК «ЛІРА-САПР» можна застосувати систему «Конструктор перерізів», яка дозволяє для перерізу довільної конфігурації (з декількох компонентів, різних за формою та матеріалом) визначити геометричні та жорсткісні характеристики як для лінійної роботи матеріалів, так і за нелінійною деформаційною моделлю (НДМ). При аналізі деформацій та напружень за НДМ можна зробити висновки про досягнення перерізом граничних станів за першою та другою групами, побачивши наочно положення нейтральної лінії, стиснутої зони, зони руйнування, деформації та напруження на фібрах бетону і в арматурних включеннях.

Для перевірки перерізів стандартних форм із заданим армуванням застосовується відповідний інструмент, що дозволяє отримати значення коефіцієнтів запасу за міцністю та тріщиностійкістю. З метою подальшого розвитку даного напрямку в ПК «ЛІРА-САПР» розробляються інструменти для перевірки за нормативними вимогами багатоматеріальних перерізів довільної форми та конфігурації армування. Ці експериментальні застосунки являють собою розширення програми на базі відкритого АРІ і дозволяють виконувати багатофункціональний аналіз перерізу за допомогою НДМ за чіткими вимогами нормативних документів.

1. Залесов А. С. Расчет железобетонных конструкций по прочности и деформациям / А. С. Залесов, Э. Н. Кодыш, Л. Л. Лемыш, И. К. Никитин. – М.: Стройиздат, 1988. – 320 с.
2. Городецкий А. С. Компьютерные модели конструкций / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. – [2-е изд., доп.] – К.: ФАКТ, 2007. – 394 с.

Checking of reinforced concrete structures in "LIRA-SAPR"

A. Tomashevskiy, postgraduate student, engineer,

*National Aviation University (Kyiv),
"LIRA SAPR" Ltd*

Using modern AEC software packages, such as "LIRA-SAPR", an engineer goes through several stages to calculate reinforcement in reinforced concrete structures. The first stage is the linear calculation of model with reduced stiffness characteristics of elements (A. S. Zalesov's method [1]), the reinforcement calculation and unification in the elements under several selected marks. At the second stage nonlinear stiffness characteristics of elements are formed from the received reinforcement and calculation continues considering physical (also with creep of concrete) and genetic (relevant for high-rise buildings) nonlinearity. To automate these two stages "LIRA-SAPR" uses the system "Engineering nonlinearity" [2], which should be perceived as a method of refined differentiated consideration of the reduction of stiffness characteristics of reinforced concrete elements. At the third stage other calculations are performed for the linearized model with obtained actual stiffness characteristics of elements, such as: calculations of load combinations, calculations of the structure dynamics and building code checking for strength, crack resistance and deformations.

There are some tools for checking of reinforced concrete structures according to the building codes in "LIRA-SAPR". The need to perform this checking may occur not only at the final stage of new building design, but also during design of reinforcement schemes at the early stages, calculation of reduced stiffness characteristics, examination of existing structures and strengthening design for reconstruction. Solving these tasks, an engineer must be able to flexibly apply the tools for RC structures checking, namely to model cross sections of arbitrary shape and random arrangement of reinforcement, to consider geometric imperfections and defects of elements, to set differentiated characteristics of strength and deformability of materials for different operating modes of structures.

To analyze the normal cross-section of the structure element in "LIRA-SAPR" you can use the system "Cross-Section Designer". It allows you to calculate the geometric and stiffness characteristics for both linear operation mode of materials and nonlinear deformation model (NDM) of the cross-section of any configuration (made of several components, with different shapes and materials). When analyzing the deformations and stresses using NDM, it is possible to draw conclusions about the reaching ultimate and serviceability limit states in cross-section, seeing the position of the neutral line, compressed zone, fracture zone, deformations and stresses in concrete fibers and reinforcement inclusions.

Here you can also model cross-section strengthening elements made of different materials, such as steel, concrete, fiberglass, etc.

There is the tool for checking cross-sections of standard shapes with provided reinforcement, which allows to obtain the values of the safety factors for strength and crack resistance.

To further evolution of this features in "LIRA-SAPR" some new tools are developed for building codes checking of multi-material cross-sections of arbitrary shape and reinforcement configuration. These experimental applications are extensions of the program based on the open API. They allow you to perform multifunctional cross-sectional analysis using NDM according to the strict requirements of building codes.

1. Zalesov A. S. Raschet zhelezobetonnykh konstrukcij po prochnosti i deformacijam [Strength and deformation calculation of reinforced concrete structures] / A. S. Zalesov, E. N. Kodysh, L. L. Lemysh, I. K. Nikitin. – M.: Stroyizdat, 1988. – 320 p.
2. Gorodetskiy A. S. Komp'yuternyye modeli konstruktsiy [Computer models of structures] / A. S. Gorodetskiy, I. D. Yevzerov. – [2-nd edition.] – K.: FAKT, 2007. – 394 p.

Особливості діючої нормативної методики розрахунку тріщиностійкості нормальних перерізів залізобетонних конструкцій

Євген Дмитренко, канд. техн. наук, старший викладач кафедри будівництва

*Товариство з обмеженою відповідальністю «ЛІРА САПР» (м. Київ)
Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ)*

При розрахунку нормальних перерізів залізобетонних конструкцій за другою групою граничних станів відповідно до п. 7.3.3, [1] виникає необхідність обчислення моменту тріщиноутворення M_{crc} , який дозволяє визначити чи утворюються тріщини у перерізі від заданого навантаження.

Відповідно до діючих норм [1, 2] його можна визначати двома методиками:

- 1) за допомогою спрощеної методики ядрових моментів.
- 2) за допомогою більш загальної методики - нелінійної деформаційної моделі (тут і далі, НДМ), а саме, шляхом вирішення системи нелінійних рівнянь рівноваги між внутрішніми та зовнішніми зусиллями, що діють на переріз.

Однак при виконанні розрахунків за другою методикою виникає деяка невизначеність, яка недостатньо чи взагалі не освітлена у сучасних нормативних документах [1, 2] та численних посібниках до них [3]. Вона виникає у випадку розрахунку перерізу на позацентровий стиск/розтяг. Проявляється саме у тому, що задачу розрахунку моменту тріщиноутворення M_{crc} можна вирішити, щонайменше двома способами, при виборі яких має бути врахована історія навантаження елемента та зокрема перерізу, а саме те, як змінюється його НДС до утворення тріщин.

Перший спосіб полягає у тому, щоб прийняти N таким, що дорівнює N_{ed} , і підбирати граничний момент M_{crc} , при якому досягається критерій тріщиноутворення ε_{ctu} . При такому способі розрахунку N передбачається за статичне.

Цей випадок широко проілюстрований у посібниках до вітчизняних, а також деяких зарубіжних норм [4]. Але він націлений на ілюстрацію першої, спрощеної методики розрахунку M_{crc} вручну, яка не передбачає вирішення систем рівнянь рівноваги НДМ і врахування одночасної дії двох силових факторів N , M .

Другий спосіб полягає у тому, щоб прийняти ексцентриситет дії зовнішніх зусиль e_0 постійним і підбирати граничні зусилля тріщиноутворення N_{crc} , M_{crc} .

У цьому випадку ексцентриситет e_0 передбачається за статичний, такий, що не змінюється. При цьому враховується одночасність збільшення внутрішніх зусиль N_{ed} , M_{ed} до досягнення критерію тріщиноутворення ε_{ctu} .

Тому, враховуючи вищезазначене пропонується:

1. У загальному випадку при визначенні зусиль тріщиноутворення N_{crc} , M_{crc} за НДМ згідно вітчизняних норм розрахунку [1, 2] вважається за доцільне приймати за постійне саме ексцентриситет дії зовнішніх зусиль e_0 , а не значення поздовжньої сили N_{ed} .

2. Для перевірки запропонованих положень необхідно провести порівняльний аналіз двох способів розрахунку із долученням результатів експериментальних досліджень.

1. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний з 2011.07.01]. К.: Мінгеріонбуд України, Державне підприємство «Укрархбудінформ». 2011. 71 с.

2. ДСТУ Б.В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. [Чинний з 2011.06.01]. К.: Мінгеріонбуд України, 2011. 118 с.

3. Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін. Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6-98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну. К.: Толока, 2017. 627 с.

4. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. [Действует с 2013.01.01]. М.: Минстрой России. 2015. 168 с.

Features of the current normative method of calculation of crack resistance of normal sections of reinforced concrete structures

Y. Dmitrenko, PhD (Tech.), senior lecturer of the department of construction, researcher

*Limited Liability Company "LIRA CAD" (Kyiv)
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

When calculating the normal cross-sections of reinforced concrete structures for the second group of limit states in accordance with paragraph 7.3.3, [1] there is a need to calculate the crack formation moment M_{crc} , which allows to determine whether cracks in cross section appear from a given load.

In accordance with current building codes [1, 2] it can be determined by two methods:

- 1) using a simplified method of nucleus moments.
- 2) using a more general method - a Nonlinear Deformation Model (hereinafter, NDM), namely, by solving a system of nonlinear equations of equilibrium between internal and external forces acting on the section.

However, when performing calculations according to the second method, there is some uncertainty, which is insufficiently or not covered at all in modern building codes [1, 2] and numerous manuals to them [3]. It occurs in the case of cross section's calculation for eccentric compression/tension. The essence of it is in that the problem of calculating the moment of crack formation M_{crc} can be solved in at least two ways, the choice of which should take into account the load history of the element and in particular the cross section, namely how its stress-strain state changes before cracking.

The first method is to take N equal to N_{ed} and search the crack appearing moment M_{crc} at which the criteria of crack formation ε_{ctu} is reached. With this method of calculation, N is assumed to be static.

This case is widely illustrated in numerous manuals to national and some foreign building codes [4]. But it aims to illustrate the first, simplified method of calculating M_{crc} , which does not involve solving systems of equilibrium equations of NDM and taking into account the simultaneous action of two force factors N, M .

The second method is to take the eccentricity of the external forces e_0 constant and select the limiting forces of crack formation N_{crc}, M_{crc} .

In this case, the eccentricity e_0 is assumed to be static, such that it does not change. This takes into account the simultaneous increasing of the internal forces N_{ed}, M_{ed} to achieve the criteria of crack formation ε_{ctu} .

Therefore, given the above, it is proposed:

1. In the general case, when determining the crack formation forces N_{crc}, M_{crc} by the nonlinear deformation model according to national building codes [1, 2] is considered as appropriate to fix, to take as a constant the eccentricity of external forces e_0 , not the value of the longitudinal force N_{ed} .
2. To verify the proposed suggestions, it is necessary to conduct a comparative analysis of the two methods of calculation with the inclusion of the results of experimental studies.

1. DBN V.2.6-98:2009. Betonni ta zalizobetonny konstrukciyi. Osnovni polozhennya. [Chynni 2011.07.01]. K.: Minregionbud Ukrainy, Derjavne pidpriemstvo «Ukrarhbuildinform». 2011. 71 c.
2. DSTU B.V.2.6-156:2010. Betonni ta zalizobetonny konstrukciyi z vajkogo betonu. Pravila proektuvannya. [Chynni 2011.06.01]. K.: Minregionbud Ukrainy, 2011. 118 s.
3. Bambura A.M., Pavlikov A.M., Kolchunov V.I. ta in. Praktichnyy posibnyk iz rozrahunku zalizobetonnih konstrukciy za diyuchimi normami Ukrainy (DBN V.2.6-98:2009) ta novimy modelyami deformuvannya, shio rozrobleni na yihnyu zaminu. K.: Toloka, 2017. 627 s.
4. SP 63.13330.2012. Betonnie s jelezobetonnie konstrukciyi. Aktualizirovannya redakciya SNIIP 52-01-2003. [Deystvuet s 2013.01.01]. M.: Ministroy Rossiyi. 2015. 168 s.

Формування креслень залізобетонних конструктивних елементів в САПФІР-ЗБК

Світлана Юсипенко, інженер,

ТОВ ЛІРА - САПР, Україна

САПФІР (система архітектурного проектування, формоутворення і розрахунків) – це багатофункціональна програма, одним з напрямків якої є комп'ютерне моделювання будівель та споруд; створення розрахункових схем для ПК ЛІРА-САПР; детальне конструювання залізобетонних елементів за результатами розрахунку і оформлення результатів у вигляді креслень.

Система конструювання САПФІР-ЗБК розглядає такі конструктивні елементи, як плоскі плити перекриттів довільної конфігурації в плані, фундаментні плити, колони та балки суцільних перерізів, діафрагми та стіни з довільним розміщенням отворів.

За допомогою САПФІР-ЗБК можна виконати уніфікацію і конструювання залізобетонних елементів багатопверхових будівель з монолітного залізобетону на основі розрахункових площ арматури, отриманих в результаті розрахунку схеми будівлі в ПК ЛІРА-САПР за обраними нормативними документами, зокрема ДБН В.2.6-98:2009, Eurocode 2 тощо.

Система САПФІР-ЗБК надає можливість створювати арматурно-опалубні креслення окремих елементів, а на основі планів поверхів – опалубні креслення плит та вертикальних несних елементів. Креслення супроводжуються потрібними специфікаціями, відомостями витрат матеріалів та відомостями деталей.

Створенню креслень передують створення моделей армування для марок конструктивних елементів з монолітного залізобетону. Розташування арматурних деталей у автоматичний спосіб поєднується з можливостями ручного корегування та конструктивними доповненнями безпосередньо користувачем-проектувальником. Гнучка система аналізу результатів розрахунку в САПФІР-ЗБК дозволяє за рахунок уніфікації зменшити кількість марок, що опрацьовуються, та тим самим зменшити обсяг необхідних креслень.

Для додаткового оформлення схем армування та креслень передбачений набір команд: нанесення розмірів, позначень та написів; додавання штриховок; текстів приміток тощо.

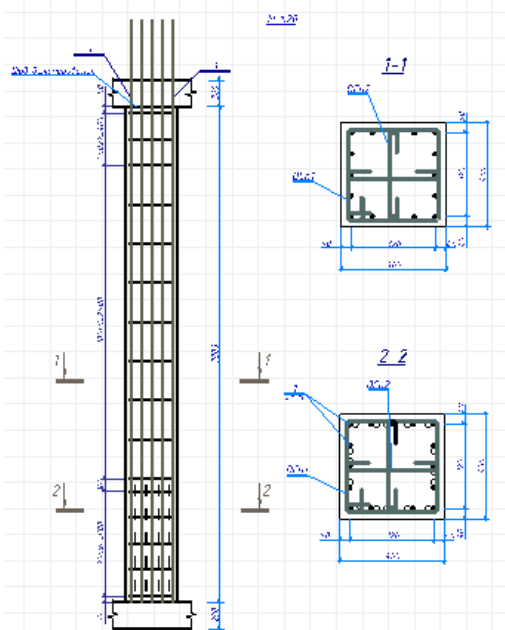


Рис.1 Фрагмент креслення колони

Formation of drawings of reinforced concrete structural elements in SAPFIR-ZBK

S. Yusypenko., engineer,

LIRA SAPR company, Ukraine

SAPFIR (system of architectural design, shaping and calculations) is a multifunctional program, one of the areas of which is computer modeling of buildings and structures; creation of calculation schemes for PC LIRA-SAPR; detailed design of reinforced concrete elements based on the results of calculation and obtaining results in the form of drawings.

The SAPFIR-ZBK design system considers such constructive elements as flat floor slabs of any configuration in the plan, base plates, columns and beams of continuous sections, diaphragms, walls with arbitrary placement of openings.

With the help of SAPFIR-ZBK it is possible to perform unification and design of reinforced concrete elements of multistorey buildings made of monolithic reinforced concrete on the basis of calculated reinforcement areas obtained by calculating the scheme in PC LIRA-SAPR according to selected regulations, including DBN B.2.6-98: 2009, Eurocode 2 etc.

The SAPFIR-ZBK system provides an opportunity to create reinforcing and formwork drawings of separate elements, on the basis of floor plans - formwork drawings of plates and vertical bearing elements. The drawings are accompanied by the required specifications, material consumption data and part tables.

The creation of drawings is preceded by the creation of models of reinforcement for brands of structural elements of monolithic reinforced concrete. The location of the reinforcement parts is automatically combined with the possibility of manual adjustment and design additions directly by the user. The flexible system of the analysis of results of calculation in SAPFIR-ZBK allows to reduce at the expense of unification number of marks and by that to reduce volume of necessary drawings.

For additional registration of schemes of reinforcement and drawings the set of commands is provided: drawing of the sizes, designations, inscriptions; adding hatches; texts of notes, etc.

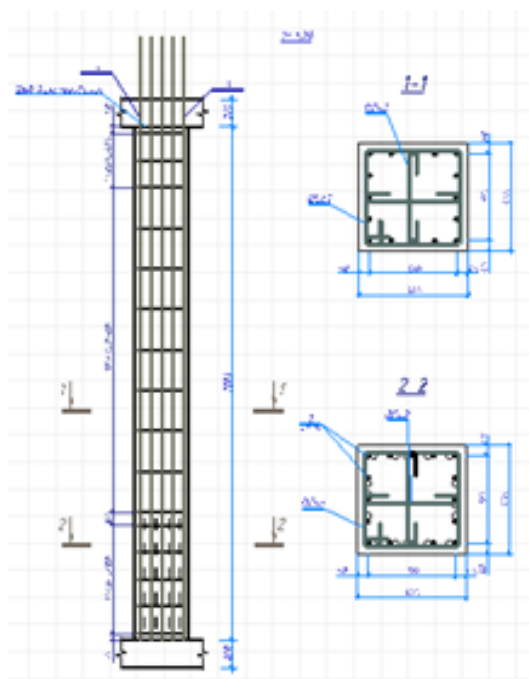


Fig.1 Fragment of the drawing of the column

Моделювання залізобетонних конструкцій з використанням технології BIM. Формування креслень залізобетонних конструктивних елементів у САПФІР-ЗБК.

*Олександр Лазарєв, провідний інженер технічної підтримки,
Олександра Артамонова, інженер технічної підтримки,*

ТОВ «ЛІРА САПР»

ПК ЛІРА-САПР є невід'ємною ланкою в ланцюжку BIM, дозволяючи на основі архітектурної (фізичної) моделі сформувати розрахункову схему, оперуючи тільки аналітичними поняттями, виконати розрахунок схеми, а потім виконати конструювання на основі цих результатів розрахунку [1]. Технологія інформаційного моделювання в ПК ЛІРА-САПР дає можливість ефективно реагувати на зміну вимог до проєктованого об'єкту, формувати нові варіанти проєктних рішень, удосконалювати проєктні рішення, намагаючись досягти їх максимальної ефективності.

Уявімо, у нас є модель будівлі в одній з програм (Revit, Archicad, Tekla Structures, Renga, Allplan). Ми можемо передати дані в САПФІР декількома способами:

1. використовуючи кілька IFC файлів. У такому випадку ми можемо зберегти в кожен файл свій розділ проєкту. Наприклад, несучі конструкції в IFC файл "Конструктив". Архітектурну модель з усіма внутрішніми перегородками, зовнішніми стінами і просторами в IFC файл "Архітектура". Такі об'єкти можуть використовуватися в системі САПФІР як навантаження. Елементи ОБ і ВК в IFC файл «Комунікації». На основі цих елементів у САПФІР можна створити отвори і перевірити модель на колізії;
2. зберегти несучий каркас за допомогою нового формату SAF (Structural Analytical Format). Це відкритий формат, який вже підтримує досить велику кількість програм, наприклад Archicad, SCIA або Allplan. С допомогою Microsoft Excel можна переглянути створений файл і проконтролювати які елементи з якими координатами і характеристиками були збережені. Архітектурні об'єкти ОБ і ВК як і в першому випадку можна записати за допомогою IFC файлів.

У САПФІР доступний широкий набір інструментів для перетворення об'єктів з одних типів в інші, вирівнювання імпортованої моделі, зіставлення матеріалів. Крім того, САПФІР вже дозволяє сформувати повний набір даних для розрахунку. Базуючись на результатах розрахунку за допомогою системи САПФІР-ЗБК можна виконати уніфікацію основних ЗБ елементів, їх конструювання і отримати робочі креслення армування, специфікацію арматури, відомість витрат сталі і відомість деталей. Основними ЗБ елементами є плити перекриття, діафрагми жорсткості, колони, балки, сходи і палі. Конструювання здійснюється в автоматизованому режимі на основі результатів підбору арматури, представлених у вигляді ізополей або мозаїк площі арматури.

Сформовані елементів можуть бути роздруковані або експортовані в DWG формат. При експорті креслень враховуються всі основні нюанси, які зустрічаються при роботі з плоскими кресленнями в даному форматі:

- всі об'єкти, які присутні на кресленні, розміщуються на відповідних шарах по типу об'єкта (стіни, плити, колони і т.д.);
- таблиці, розміри, винесення, штрихування і типи ліній експортуються в нативні об'єкти DWG формату;
- створюються стилі для об'єктів текст, лінія, розмір, мультивиноска, таблиця. Дані стилі дозволяють відобразити креслення DWG таким самим як креслення, створене в САПФІР.

BIM інтеграція в ЛІРА-САПР дозволяє інженерам звести до мінімуму кількість помилок за рахунок повторного введення даних, підвищити ефективність спільної роботи між суміжними відділами, скоординувати дії з проєктування і скоротити часові втрати.

1. Барабаш М. С. Програмні комплекси САПФІР і ЛІРА-САПР – основа вітчизняних BIM-технологій. М. С. Барабаш, О. І. Палієнко, Д. В. Медведєнко. – 2-е вид. – М.: Юрайт, 2013. – 366 с.

BIM technology for simulation of RC structures. Drawings of RC structural elements in SAPFIR-RC module

O. Lazariiev, lead engineer in Technical Support Team,

O. Artamonova, engineer in Technical Support Team,

Lira SAPR

LIRA-SAPR program is an integral part within the BIM chain. In this program it is possible to generate design model on the basis of an architectural (physical) model with the help of analytical concepts [1]. Then the user could carry out analysis of the model and based on these analysis results, carry out analysis of RC & steel structures. Building Information Modelling technology in LIRA-SAPR program enables the user to effectively respond to changes in the requirements for a designed object, generate new concepts for design solutions, enhance design solutions in order to achieve their max efficiency.

Let's suppose, we have a building model in any of the programs (Revit, ArchiCad, Tekla Structures, Renga, Allplan). The data may be transferred to SAPFIR module in several ways:

1. to use several IFC files. In this case, certain project chapter may be saved to certain file. For example, load-bearing structures - to the IFC file 'Structural'. Architectural model with all internal partitions, external walls and spaces - to the IFC file 'Architecture'. Such objects may be used in the SAPFIR module as a load. Elements of heating and ventilation - to the IFC file 'Engineering Networks'. For such elements in SAPFIR, you can create openings and check the model for errors;
2. to save the load-bearing framework to the new SAF format (Structural Analytical Format). It is an open format and is already supported by many programs, such as Archicad, SCIA or Allplan. With MS Excel, the user could preview the generated file and check which elements with which coordinates and parameters were saved. Architectural objects and heating/ventilation, as in the first case, may be saved to the IFC files.

SAPFIR module provides a wide range of tools to convert objects from one type to another, to align the imported model, to replace materials. Moreover, with SAPFIR tools now it is possible to generate a complete set of data required for the analysis.

According to analysis results, in SAPFIR-RC module it is possible to unify the main RC elements, design them and obtain working drawings of reinforcement, schedule of reinforcement, list of steel consumption and a list of components.

Floor slabs, shear walls, columns, beams, stairs and piles are the main RC elements. RC elements are designed automatically according to the results obtained in analysis of reinforcement; these results are presented as contour plots or mosaic plots of the reinforcement area.

The generated drawings of RC elements may be printed or exported to DWG format. When the drawings are exported, the program takes into account all main features of work with 2D drawings in this format:

- all objects available on the drawing are placed at the appropriate layers by the type of object (walls, slabs, columns, etc.);
- tables, dimensions, leaders, hatching and linetypes are exported to native DWG objects;
- styles are generated for the following objects: text, line, size, multileader, table. These styles enable the user to display a DWG drawing exactly as the drawing generated in SAPFIR module.

BIM options in LIRA-SAPR enable engineers to minimize errors because of re-entering the data, have effective collaboration between related departments, coordinate design activities and avoid the time loss.

1. Barabash M. S. Programni kompleksu SAPFIR i LIRA-SAPR – osnova vitchyznyanux BIM-tehnologii. M. S. Barabash, O. I. Palienko, D. V. Medvedenko. – 2-nd ed. – M.: Yurait

ЗМІСТ

Регламент конференції	5
Робоча програма конференції	6
Пленарне засідання	6
СЕКЦІЯ 1. «Будівельні конструкції та технології»	7
СЕКЦІЯ 2. «Сучасні будівельні матеріали»	10
СЕКЦІЯ 3. «Комп'ютерне моделювання конструкцій будівель і споруд спеціального призначення»	11
Тези доповідей	12
СЕКЦІЯ 1. «Будівельні конструкції та технології»	
Джони Гигинейшвили	
Перспективи рішення енергетических проблем Грузии и Украины на основе применения АЭС малой мощности.....	13
Валерій Шмуклер, Сергій Поздєєв, Олена Петрова	
Дослідження характеру руйнування залізобетонних колон в просічній обоймі.....	15
Людмила Гапонова	
Експериментально –теоретичні дослідження конструкцій для будівель та споруд...	17
Валерій Шмуклер, Олег Калмиков	
Варіативний спосіб пошуку раціональної конфігурації підпірних стін.....	19
Олександр Журавський, Владислав Тимошук	
Експериментальні дослідження плоскої залізобетонної плити підсиленої зовнішньою напруженою арматурою.....	21
Антон Смирнов, Микола Савицький, Тетяна Нікіфорова	
Бетони на основі продуктів рециклінгу будівельних відходів.....	23
Денис Михайловський, Шевкет Абдурахманов	
Підсилення стрільчастих арок композитною арматурою на епоксидному клею.....	25
Володимир Кріпак, Віра Колякова, Дмитро Демченко	
Адекватність і взаємовплив конструктивних і розрахункових схем будівлі	27
Вячеслав Адаменко	
Напружено-деформований стан монолітного ребристого перекриття силосу при максимальних навантаженнях.....	29
Юлій Клімов	
Балкова модель при розрахунку міцності залізобетонних плит при продавлюванні ...	31
Роман Кінаш, Іванна Біденко	
Анкерування сталевих фібри зі загнутими кінцями у дрібнозернистому бетоні.....	33
Ірина Руднева	
Дослідження ефективності підсилення висячих металевих конструкцій наскрізного перерізу зовнішнім армуванням методом наклеювання фіброармованих систем	35
Людмила Афанасьєва, Максим Москаленко	
Щодо раціонального армування вузлових з'єднань монолітних плит перекриття з вертикальними елементами	37

Олександр Глітін, Сергій Радецький	
Випробування центрально-стиснутої колони, виконаної з тонкостінних гнутих профілів.....	39
Мачей Дуткевич, Вадим Грин'єв	
Результати експериментальних досліджень гнучких залізобетонних колонн, армірованих високопрочною арматурою.....	41
Артем Захаров, Юрій Собко	
Новий безпечний конфайнмент – досвід компанії Sika.....	43
Денис Михайловський, Микола Комар	
Панель з поперечно-клеєної деревини армована композитними стрічками.....	45
Людмила Лавріненко	
Теоретичні параметри сталевих гофрованих балок оптимальної висоти	47
Андрій Мазурак, Віталій Кальченко, Оксана Мазурак	
Особливості багатошарових конструкцій зовнішніх стін	49
Яна Лисюк, Ганна Шпакова	
Технологічні аспекти реконструкції при підсиленні залізобетонних конструкцій композитними матеріалами	51
Наталія Журавська	
Перспективи наукових досліджень з можливістю використання бішофіту для будівельних матеріалів.....	53
Михайло Яковенко	
Геодезичний моніторинг деформацій конструкцій огороження котловану та перекриттів при розробці котловану методом «up down».....	55
Андрій Шпаков, Ганна Шпакова	
Аспекти управління змінами при реалізації біоміметичних будівельних проєктів	57
Віктор Носенко, Остап Кашийда	
Врахування реальних деформацій фундаментних конструкцій висотного будинку при числовому моделюванні його взаємодії з ґрунтовою основою.....	59
Василь Підлуцький, Олександр Литвин	
Зміна напружень у залізобетонних фундаментах зерносушильних комплексів при врахуванні параметрів ґрунтів.....	61
Олег Скорук	
Напружено-деформований стан несучих конструкцій цегляної будівлі з сталевібробетонними плитами перекриття.....	63
Денис Михайловський, Тетяна Склярєва	
Положисті арки з клеєної деревини армовані композитними стрічками.....	65
Олександр Козак	
Тріщиностійкість похилих перерізів нерозрізних балок з арматурою напруженою на бетон	67
Олена Зоря, Олексій Терновцев	
Дослідження процесу розділення осаду промислових стічних вод з вилученням нікелю.....	69
Ігор Склярєв	
Комбіновані металодерев'яні двотаврові балки.....	71

Юрій Максим'юк, Іван Мартинюк, Олександр Максим'юк	
Напіваналітичний метод скінчених елементів в лінійних і нелінійних задачах деформування, руйнування та формозмінення просторових тіл з урахуванням неканонічності форми та складної структури.....	73
Вікторія Титок, Олена Ємельянова	
Використання місцевих будівельних матеріалів при будівництві доступного малоповерхового житла.....	75
Олексій Лавський	
Аналіз рамних вузлів трубобетонної колони та сталевий балки в аспекті прогресуючого руйнування.....	77
Валерій Першаков, Андрій Беятинский, Олександра Акмалдінова	
Особливості проектування вертодромного майданчика на даху будівлі.....	79
Христина Байтала, Тарас Донець, Олег Фесенко	
Розрахунок залізобетонного сходового маршу на вогнестійкість із застосуванням уточнених методів	81
Михайло Постернак, Олексій Постернак	
Особливості проектування сталезалізобетонних конструкцій згідно ДСТУ-Н Б EN 1994-1.....	83
Леонід Скорук	
Особливості розрахунку будівель і споруд з урахуванням стадій зведення.....	85
Геннадій Тонкачєєв, Катерина Носач	
Використання муфтових з'єднань збірно-монолітних стовпчастих фундаментів.....	87
Іван Назаренко, Іван Перегінець, В. Слюсар	
Сучасні енергоефективні технології в будівництві.....	89
Сергій Михальченко	
Перспективи сучасної фортифікації.....	91
Євген Зорін, Михайло Яковенко	
Геодезичний контроль стійкості фундаментів при будівництві та експлуатації висотної будівлі за індивідуальним проектом.....	93
Марк Бердников, Світлана Шехоркіна Микола Савицький	
Конструктивне рішення деревометалевого перекриття для гібридних будівель.....	95
СЕКЦІЯ 2. «Сучасні будівельні матеріали»	
Марина Суханевич, Дмитро Одарченко, Іван Остапович	
Хімічні технології наномодифікації цементних композиційних матеріалів.....	98
Дмитро Анопко, Ольга Гончар, Марко-Василь Марунчак	
Радіаційно-захисні властивості та радіаційна стійкість дрібнозернистих бетонів.....	100
Олександр Гореленко	
Аналіз впливу ударних навантажень на структуру шарів покриття доріг з матеріалів на основі високомолекулярних полімерних сполук.....	102
Ольга Бондаренко, Юрій Цапко, Аліна Ятлук	
Окремі аспекти визначення ефективності вогнезахисту тканин.....	104
Ольга Гончар, Дмитро Анопко, Дар'я Рудзей	
Перспективи отримання сучасних матеріалів та виробів на основі техногенних продуктів.....	106

Марина Суханевич, Владислав Ткач, Владислав Галица	
Технології відновлення залізобетонних споруд з використанням наномодифікованих цементно-полімерних розчинів	108
Ольга Бондаренко, Дмитро Гоц, Сергій Бродовський	
Особливості морозостійкості бетону на основі модифікованого шлакопортландцементу.....	110
Вадим Куліченко, Тетяна Вітовецька, Олексій Рева	
Дослідження термічного розкладу карбонатної шихти та процесів формування кераміки спеціального призначення.....	112
Марина Кочевих, Анастасія Шевченко	
Особливості отримання бетонів підвищеної тріщиностійкості для дорожніх стримувальних конструкцій.....	114
Олександр Константиновський, Деніс Тимінський	
Захисні покриття на основі лужного алюмосилікатного зв'язуючого як засіб запобігання транспорту сульфат-іонів в бетоні.....	116
Владислав Мазур, Катерина Пушкарьова, Лілія Кушнерова	
Особливості гідратації мінералів портландцементного клінкеру в присутності карбонатних добавок.....	118
Олександр Гелевера, Станіслав Скарлат	
Роль каолінітової глини в еволюції структури і властивостей шлаколуужних цементів.....	120
Ольга Бойко, Олександр Ковальчук	
Вплив компонентного складу на транспорт іонів Cl^- та SO_4^{2-} в шлаколуужному бетоні.....	122
Вікторія Зозулинець, Олександр Ковальчук, Дар'я Рудзей	
Розробка технологічних методів запобігання та припинення лужної корозії бетону при використанні реакційно здатних заповнювачів.....	124
Оксана Бердник, Алла Майстренко, Андрій Сологуб	
Вплив кислот та їх розчинів на формування структури базальтового волокна.....	126
Олесь Ластівка, Оксана Бердник, Денис Томін	
Порошкові лакофарбові покриття для захисту від корозії металевих конструкцій.....	128
СЕКЦІЯ 3. «Комп'ютерне моделювання конструкцій будівель і споруд спеціального призначення»	
Марія Барабаш, Олексій Башинський	
Моделювання конструкцій в ПК ЛІРА-САПР з урахуванням протидії прогресуючому обваленню.....	131
Юрій Гензерський	
Розрахунок сталезалізобетонних конструкцій в ПК ЛІРА-САПР.....	133
Ольга Башинська	
Методи розрахунку вогнестійкості залізобетонних конструкцій в ПК «ЛІРА-САПР»	134
Марина Ромашкіна, Андрій Томашевський	
Стержневі аналоги для моделювання будівельних конструкцій.....	136
Анатолій Пікуль	
Ітераційні скінченні елементи в ПК "ЛІРА-САПР".....	138

Віктор Титок	
Задане армування, можливості реалізації та використання в ПК ЛІРА-САПР.....	140
Олександр Лазарєв, Олександра Артамонова	
Моделювання панельних будівель в ПК САПФІР.....	142
Андрій Томашевський	
Експертиза залізобетонних конструкцій у ПК «ЛІРА-САПР».....	144
Євген Дмитренко	
Особливості діючої нормативної методики розрахунку тріщиностійкості нормальних перерізів залізобетонних конструкцій	146
Світлана Юсипенко	
Формування креслень залізобетонних конструктивних елементів в САПФІР-ЗБК.....	148
Олександр Лазарєв, Олександра Артамонова	
Моделювання залізобетонних конструкцій з використанням технології ВІМ.	
Формування креслень залізобетонних конструктивних елементів у САПФІР-ЗБК. ...	150

**Матеріали ІІІ Науково- практичної конференції
«Будівлі спеціального призначення: матеріали та конструкції»**

**22-23 квітня 2021 р.
Київ**

Комп'ютерне верстання:
Редагування і коректура
Обкладинка:

Віра Колякова, Ольга Бондаренко
Віра Колякова, Ольга Бондаренко
Дмитро Журавський

:

Відповідальність за зміст та достовірність наведених даних несуть автори