



2016, 4, 9102

Науково-технічний, виробничий та
інформаційно-аналітичний журнал

НАУКА ТА БУДІВНИЦТВО

Впровадження технічного регламенту ЄС
№ 305/2011 в будівельній галузі України

Розвиток будівельної науки у світі
положень закону України «Про наукову
і науково-технічну діяльність»

Бетонні та залізобетонні конструкції,
що призначені для роботи за умов
впливу підвищених і високих температур

Нові концепції отримання штукатурних розчинів

2016, 4, 9102



НАУКА ТА БУДІВНИЦТВО

4(10)'2016

ЗАСНОВНИК

Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»

Свідectво про державну реєстрацію
КВ № 20575-10375 Р від 24.02.2014 р.

Редакційна колегія:

Голова редакційної колегії:

Фаренюк Г.Г., д.т.н.

Головний редактор:

Тарасюк В.Г., к.т.н.

Заступник головного редактора:

Козелецький П.М.

Відповідальний секретар:

Глазкова С.В., к.т.н.

Дизайнер:

Чорна К.В.

Бамбура А.М., д.т.н.

Дорофєєв В.С., д.т.н., проф.

Єгупов К.В., д.т.н., проф.

Жарко Л.О., к.т.н.

Іванченко Г.М., д.т.н., проф.

Івлєва Н.П., к.е.н.

Калюх Ю.І., д.т.н., проф.

Кашченко О.В., д.т.н., проф.

Кривошеєв П.І., к.т.н., проф.

Крітов В.О., к.т.н.

Лаповська С.Д., д.т.н.

Мар'єнков М.Г., д.т.н.

Матвєєв І.В., к.т.н.

Немчинов Ю.І., д.т.н., проф.

Слюсаренко Ю.С., к.т.н.

Червинський Я.Й., к.т.н.

Шейніч Л.О., д.т.н., проф.

Шилюк П.С., к.т.н.

Шокарев В.С., к.т.н.

Затверджено до друку Науково-технічною радою
ДП НДІБК (Протокол № 9 від 14.12.2016 р.)

Журнал включено до переліку наукових фахових видань, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт (Затверджено наказом Міністерства освіти і науки України від 06.03.2015 р. №261).

При передруках посилання на «Наука та будівництво» є обов'язковим. За зміст реклами відповідає рекламодавець. Редакція не завжди поділяє думку авторів.

Адреса редакції: вул. Преображенська, 5/2,
м.Київ-37, 03037, тел. 044-249-37-03 E-mail: s.glazkova@
ndibk.gov.ua URL: <http://www.niisk.com>

© "Наука та будівництво" 2016

Підписано до друку: 15.01.2017

Друк: ТОВ «СКАЙ-ПРІНТ»

Наклад 100 примірників

ЗМІСТ

4

Фаренюк Г.Г.

Розвиток будівельної науки у світі положень
закону України «про наукову і науково-
технічну діяльність»

11

Фаренюк Г.Г., Тарасюк В.Г.,

Белоконь О.А., Шевченко А.М.

Впровадження технічного регламенту ЄС
№ 305/2011 в будівельній галузі України

15

Гайдайчук В.В., Котенко К.Е.,

Ткаченко І. А., Кедик І.В.

Системи діагностики технічного стану будівельної
споруди міжнародного виставкового центру

20

Шишкіна О.О.

Застосування модифікованого нанокаталізатору
для отримання дрібнозернистого бетону

24

Фомін С.А., Бутенко С.В., Поклонський В.Г.

Бетонні та залізобетонні конструкції, що
призначені для роботи за умов впливу
підвищених і високих температур

32

Парута В.А., Брынзин Е.В.

Новые концепции получения
штукатурных растворов

41

ТКАЧЕНКО ІГОР МИКОЛАЙОВИЧ –

пам'ятні дата



Science & Construction

4(10)'2016

FOUNDER

State enterprise «State Research Institute of Building Constructions»

Certificate of state registration
KV № 20575-10375 R dated on 24.02.2014

Editorial Board:

Head of Editorial Board:

Dr G.Farenjuk

Editor-in-chief:

PhD V.Tarasjuk

Chief editor deputy:

P. Kozeletskiy

Executive secretary:

PhD S.Glazkova

Designer:

K. Chorha

Dr A.Bambura
Prof. K.Yegupov
Prof. G.Ivanchenko
Prof. Yu.Kaliukh
Prof. P.Kryvosheiev
Dr S.Lapovska
PhD I.Matveev
PhD Yu.Slyusarenko
Prof. L.Sheinich
PhD V.Shokarev

Prof. V.Dorofeev
PhD L.Zharko
PhD N.Ivleva
Prof. O.Kashchenko
PhD V.Kritov
Dr M.Maryenkov
Prof. Iu.Nemchynov
PhD J.Chervynskiy
PhD P.Shiliuk

Issue is approved for print by Scientific and technical Council of SE NIISK (Protocol № 9 dated on 14.12.2016)

Journal is included in List of the scientific professional issues, where the dissertation works results may be published (It is approved by order of Ministry of education and science of Ukraine, dd. 06.03.2015, № 261).

The referencing on "Science & Construction" is obligatory when reprinting. The advertiser is responsible for content of advertisement. The Editorial Board may be not agreed with authors' opinion

Address of Editorial Board:

5/2 Preobrazhenska str., Kyiv -37, 03037,
Tel. 044-249-37-03 E-mail: s.glazkova@ndibk.gov.ua
URL: <http://www.niisk.com>

© "Science & Construction, 2016

Signed for printing: 15.01.2017

Printing: TOV «SKY-PRINT»

Drawing: 100 copy

CONTENT

4

Shmukler V.S., Bugayevsky S.A., Zadorozhny A.A.

Use of gunite-technology for construction of buildings and structures

11

Semenuik S.D., Kumashov R.V., Ketner E.A.

Carrier and operational capacity of reinforced concrete cover plates road

20

Gaydaychuk V.V., Kotenko K.E.

Dynamic monitoring of building structure of international exhibition center

24

Matchenko P.T.

Evaluation tornado danger of metal structures nuclear power plants in operation

34

Bilyk S.I., Natheer Aied Athaab, Adil Jabbar Abbas

Study about Bridge Plate Girders with Variable Depth

39

Bolotov Yu.K., Tarasyuk V.G.

Basic provisions of project of building norms "Buildings and structures in difficult geological engineering conditions"

45

Kryvosheiev P.I., Bambura A.M., Liubchenko I.H.

Current state and main problems of construction objects life determination

49

Kryvosheiev P.I., Kozeletsky P.M., Senatorov V.M., Lebedeva L.I., Glazkova S.V.

Ninth All-Ukrainian scientific and technical conference "Mechanics of soils, geotechnics and foundation engineering: Problems, innovations and implementation of Eurocodes in Ukraine"

53

VIACHESLAV KONSTANTINOVITCH EGYPOV
- memorable date



АВТОР



ФАРЕНЮК Г.Г.,
Докт. техн. наук,
директор ДП
«Державний
науково-дослідний
інститут будівельних
конструкцій»

РОЗВИТОК БУДІВЕЛЬНОЇ НАУКИ У СВІТІ ПОЛОЖЕНЬ ЗАКОНУ УКРАЇНИ «ПРО НАУКОВУ І НАУКОВО-ТЕХНІЧНУ ДІЯЛЬНІСТЬ»

УДК 624 : 001.895

АНОТАЦІЯ

У статті наведено аналіз особливостей наукової діяльності у будівельній галузі та отримання наукових результатів згідно визначень, що встановлені у Законі України «Про наукову і науково-технічну діяльність». Наведено основні засади організації науково-технічної діяльності у Державному науково-дослідному інституті будівельних конструкцій, надано опис стратегічних наукових напрямів роботи Інституту, що отримали свій розвиток в останні роки, та приклади наукових результатів, що дозволяють вирішувати поточні та перспективні завдання розвитку вітчизняної будівельної галузі.

The article presents the analysis of the scientific activity in the construction industry and scientific results according to the definitions laid down in the Law of Ukraine "Of scientific and scientific-technical activity". There are main principles of scientific-technical activity in the State Research Institute of Building Constructions, the description of strategic scientific directions of the Institute which were developed last years and examples of scientific results which make it possible to perform current and perspective tasks on the development of the national construction industry.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

наукова і науково-технічна діяльність, нормативна база, ресурс існуючих об'єктів, енергетична ефективність будівель

ВСТУП

Важливим фактором і передумовою розвитку освіти, культури, підвищення якості робочої сили завжди була наука. Без потужної наукової бази ефективна ринкова економіка розвиватися не може. В останні 15 років в Україні здійснено динамічний розвиток та структурне формування науково-технічних напрямів, що дозволяють забезпечувати прогрес у будівельному комплексі. Науковий потенціал будівельної галузі України становлять близько 40 спеціалізованих науково-дослідних організацій, комплексних проектних інститутів і ВУЗів. Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України створена система базових організацій з науково-технічної діяльності у сферах будівництва, промисловості будівельних матеріалів, архітектури і містобудування.

Згідно Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» науково-технічна діяльність повинна бути спрямована на одержання і використання нових знань для розв'язання технологічних, інженерних, економічних, соціальних та гуманітарних проблем, основними видами якої є прикладні наукові дослідження та науково-



технічні розробки. Відповідно до цього визначення розглянемо особливості отримання наукових результатів галузевими науковими організаціями.

Науковими результатами є нові наукові знання, що одержані в процесі прикладних наукових досліджень, і які представляються як у формі наукових публікацій і доповідей, так і у вигляді проектів нормативно-правових актів, нормативних документів або науково-методичних документів. Таке визначення наукових результатів є дуже важливим для будівельної галузі, що є інноваційно ємною складовою технічної діяльності і потребує урегулювання цієї діяльності відповідними нормативно-правовими актами та нормативними документами, направленими на забезпечення безпеки будівель та споруд протягом всього їх життєвого циклу.

СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДП НДІБК

У будівельному комплексі України особливе місце займає Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій, який працює вже більше 70 років та володіє значним кадровим потенціалом. Згідно Наказу Міністерства освіти та науки України № 501 від 12.05.2016 р. ДП НДІБК внесено до Державного реєстру наукових установ, яким надається підтримка держави. За результатами галузевої атестації Мінрегіону України ДП НДІБК віднесено до групи А – організація, що визначає і впливає на державну науково-технічну політику (рис. 1).



Рис. 1 Базові наукові напрями.

Головною метою діяльності Інституту є реалізація державної політики у сфері будівництва, архітектури, містобудування та житлово-комунального господарства через активізацію науково-технічної роботи з рішенням наступних завдань:

- забезпечувати інтеграцію наукової діяльності в будівельній галузі у Європейський дослід-

ний простір;

- направляти науково-технічний потенціал Інституту на забезпечення реальних потреб інноваційного розвитку будівельної галузі й підвищення конкурентоспроможності будівельної продукції;
- підвищувати ефективність науково-технічної та комерційної діяльності Інституту.

На підставі аналізу актуальних завдань будівельної галузі та наявності сформованих наукових шкіл в Інституті визначено наступні стратегічні напрями науково-технічної діяльності:

1. Технічне регулювання у будівництві, що має стратегічну ціль європейської інтеграції будівельної галузі.
2. Будівельні аспекти економічної безпеки України, що має стратегічну ціль підвищення рівня науково-технологічної безпеки в будівельній галузі.
3. Перетворення об'єкту «Укриття» ЧАЕС в екологічно безпечну систему за міжнародним проектом «SIP» та роботи із забезпечення безпеки експлуатації діючих АЕС в Україні.
4. Забезпечення енергоефективності будівель і споруд як складової підвищення енергетичної безпеки України.

РОЗВИТОК СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ

Технічне регулювання - це універсальна ринкова система, що встановлює відносини між учасниками процесів у будівельній галузі країни. Нормативна база визначає технічний рівень виробництва, технічну спроможність галузі задовольняти вимоги суспільства. У зв'язку з підписанням Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом актуальне створення сприятливого інвестиційного клімату за рахунок формування нормативної бази, інтегрованої у міжнародно-правовий простір технічного регулювання.

До шляхів реалізації стратегічного напрямку, що потребує обґрунтованого наукового підходу, є адаптація законодавства України до законодавства Європейського Союзу; розроблення гармонізованих з Європейським Союзом національних стандартів; впровадження засобів методичного забезпечення проектування (посібники, програми забезпечення, довідники та ін.); впровадження диференційованого підходу при забезпеченні безпечного та комфортного середовища життя та життєдіяльності, що базується на основі рівня можливих наслідків - ризику можливих соціальних, економічних та культурних втрат у разі будівництва або відмови функціонування об'єкта при його експлуатації (використання); реформування системи впровадження у будівництві інновацій; поширення дії будівельної нормативної

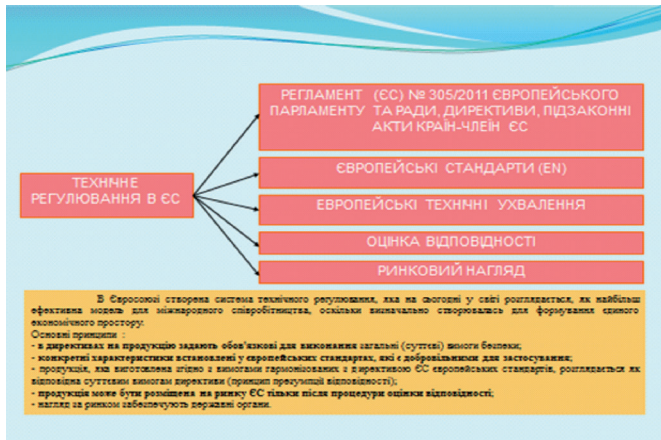


Рис. 2 Принципи технічного регулювання в ЄС.

бази на період експлуатації будівель та споруд. Принципи дії системи технічного регулювання в ЄС наведено на рис. 2.

Розвиток нормативної бази, принципів оцінки відповідності будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, підтвердження придатності нових будівельних виробів для застосування у будівництві можливий за двома сценаріями. Перший – в країні є чинними тільки європейські стандарти і повністю ліквідуються національні норми та стандарти. Другий – паралельно діють дві гілки нормування та стандартизації – європейська та національна. Для України перший шлях є хибним, особливо для будівельної галузі, коли безоглядне застосування європейських стандартів при відсутності урахування кліматичних, геологічних та геотехнічних умов може призвести до зниження надійності будівель та споруд.

За другим сценарієм здійснюється розвиток системи технічного регулювання у будівництві в країнах з традиційно розвинутими школами нормування та стандартизації, наприклад, у Великобританії, Німеччині та інших країнах, де вимоги до надійності будівель та їх елементів у національних нормах та стандартах є значно вищими, ніж у європейських стандартах. В Україні наукові школи із стандартизації у будівництві успішно діяли ще в радянські часи і значна кількість ГОСТ розроблялось у науково-дослідних інститутах України. За останні 15 років ці наукові школи отримали новий імпульс розвитку, наприклад, на базі ДП НДІБК успішно діють три технічні комітети із стандартизації (рис. 3-5), що дозволило здійснити розробку низки норм та стандартів за базовими напрямками діяльності інституту (рис. 6-7).

Успішним прикладом вираженого підходу до спільної дії двох гілок нормування та стандартизації у будівництві є розробки Інститутом посібників (рис. 8), що направлені на допомогу вітчизняним інженерам при переході від традиційних для них принципів проектування за вимогами ДБН



Рис. 3 Структура ТК 302 «Енергоефективність будівель і споруд».



Рис. 4 Структура ТК 303 «Будівельні конструкції».

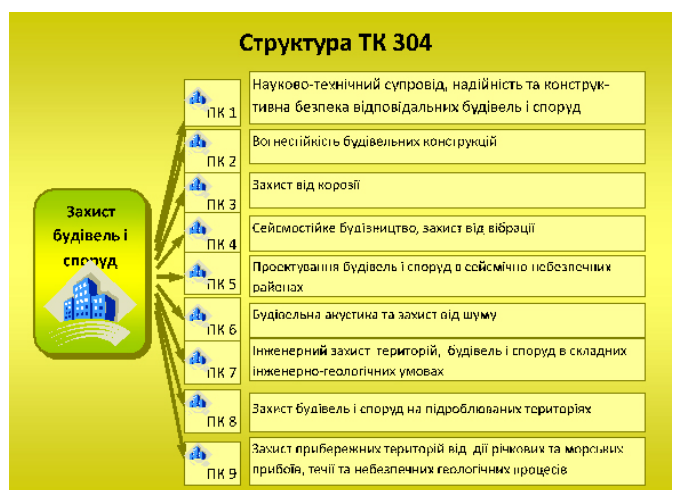


Рис. 5 Структура ТК 304 «Захист будівель і споруд».

(або ще радянських СНИП) до методів, встановлених в стандартах, за якими проектують об'єкти будівництва не тільки в Європі, але і у всьому світі.

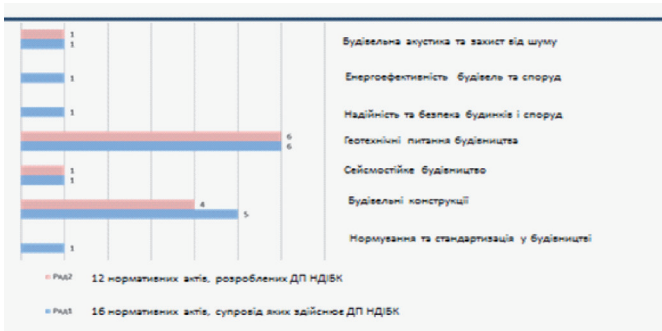


Рис. 6 Нормативні акти, розроблені ДП НДІБК за останні п'ять років.

Підсумовуючи розгляд стратегічного напрямку наукової діяльності ДП НДІБК щодо створення сучасної системи технічного регулювання у будівництві, слід висвітлити два аспекти - організаційний та фінансовий, від яких залежить подальший розвиток цього напрямку в нашій країні.

Признанням факту гармонійного розвитку системи технічного регулювання у будівельній галузі України і її відповідності найкращим європейським та світовим практикам є те, що Україна (представлена ДП НДІБК) була прийнята до Європейського Союзу ухвалень (UEAtc), який розробляє ідеологію формування нормативної бази ЄС в галузі будівництва (рис. 9).

Організаційна структура створення нормативної бази, що існувала до 01.07.2016 р., коли будівельні норми і стандарти розроблялись та приймались Мінрегіоном, забезпечувала можливість системного підходу до її формування - у документах рівня ДБН встановлювались вимоги до основних показників безпеки, а у стандартах визначались методи їх оцінювання та параметри матеріалів та виробів, за якими здійснюється контроль процесів їх виготовлення. З липня 2016 р. єдиним органом стандартизації в Україні є Національний орган стандартизації (НОС), який є підпорядкованим Мінекономрозвитку. Поки невідомо, як технічні комітети, що були утворені Мінрегіоном і здійснювали розробку нормативних документів в будівництві, будуть взаємодіяти з НОС - або діяти у структурі НОС у тому складі, що заснований Мінрегіоном, або у трансформованому вигляді. Якщо друге - то який рівень цієї трансформації і чи буде збережена творча здатність працювати без зниження рівня якості нормативної бази будівельної галузі?

ФІНАНСОВИЙ АСПЕКТ РОЗВИТКУ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ

Практика фінансування тільки створення безпосередньо нормативних актів та документів, що спостерігається в останні роки, є принципово невиваженою. Нормативні документи - це тільки



Рис. 7 Нормативні документи, розроблені ДП НДІБК за останні п'ять років.



Рис. 8 Впровадження Єврокодів у національну практику проектування.

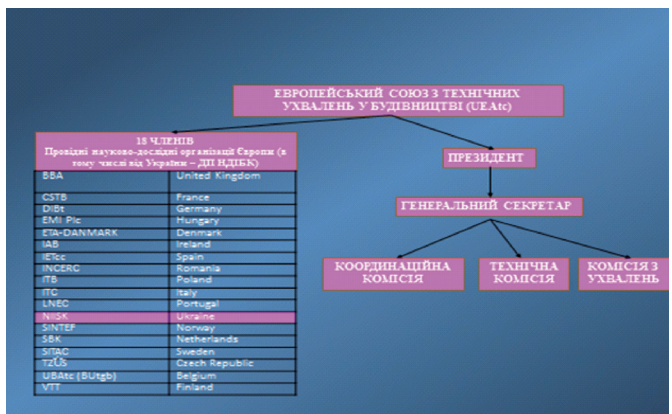


Рис. 9 Структура Європейського союзу з технічних ухвалень у будівництві.

верхівка айсбергу, а його основою є чисельні та ємні наукові дослідження та розробки, що реалізуються у вигляді показників безпеки будівельної продукції, правил проектування, оцінки фізичних характеристик, технологічних процесів, тощо. Без проведення комплексних наукових досліджень втрачається база для створення сучасних норм та стандартів і тоді Україна може дійсно скотитись на той хибний шлях нормування у будівництві, коли приймаються стандарти інших країн без урахування особливостей країни.



ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

Характерною особливістю будівництва в Україні є те, що складні інженерно-геологічні умови, до яких відносяться просідаючі ґрунти, підйом рівня ґрунтових вод, зсувонебезпечні схили, карстові утворення, райони над гірничими виробками, сейсмонебезпечні райони, тощо складають біля 80% її території. Тому отримання даних з особливостей поведінки будівель та визначення технічних рішень, які забезпечують надійність будівель та споруд, є важливими науковими результатами, що покажемо на наступних прикладах.

На рис. 10 наведено вигляд конструкцій котловану при будівництві офісно-житлового центру, де проводились дослідження інженерно-геологічних умов на майданчику будівництва та оцінка стійкості схилу і впливу на існуючу забудову нового будівництва з розробкою технічних рішень утримуючих конструкцій обгороджування котловану. При визначенні деформацій системи обгороджування котловану і зусиль в його конструкціях від навантажень на конструкції прийнята передумова про вичерпання працездатності тимчасових ґрун-



Рис. 10 Конструкції каркасу етажерки стилюбату.

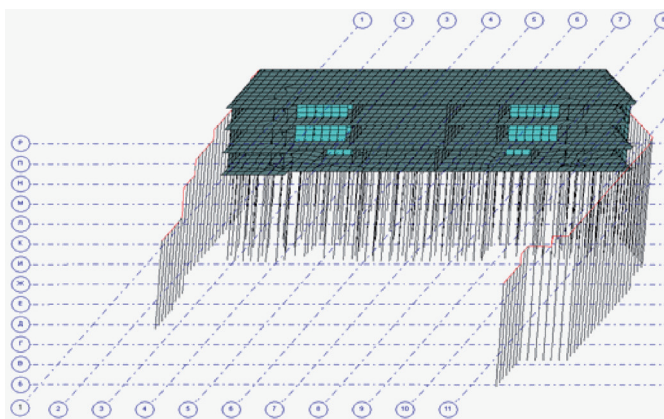


Рис. 11 Загальний вид просторової розрахункової моделі обгороджування котловану і етажерки стилюбату.

тових анкерів після закінчення тривалого періоду часу від моменту їх установки. Просторова розрахункова модель представлена на рис. 11, у якій введені жорсткі зв'язки з палями обгороджування котловану, що моделюють взаємодію обгороджування і конструкцій етажерки стилюбату.

За результатами аналізу інженерно-геологічних умов майданчика будівництва та комплексу інженерно-геологічних досліджень встановлено ризики додаткових осідань існуючих будівель під дією горизонтальних переміщень огорожувальних конструкцій котловану і відповідному осіданню фундаментів існуючих будівель; стійкість ділянки схилу з утримуючими протизсувними спорудами, технічні рішення яких забезпечують виконання нормативних вимог зі стійкості споруд.

За результатами робіт в рамках науково-технічного супроводу будівництва сучасного лікувально-діагностичного комплексу Національної дитячої спеціалізованої лікарні «Охматдит» в м. Києві (рис. 12), що проводились у 2012-2014р.р. та включали обстеження основних зведених несучих будівельних конструкцій та моніторинг за їх станом, а також перевірочні розрахунки несучої здатності основних конструкцій будівлі з врахуванням результатів обстежень було встановлено, що дефекти та пошкодження несучих конструкцій будівлі, які утворилися під час їх виготовлення та після під дією різноманітних чинників та впливів незначно зменшують проектну міцність каркасу будівлі і технічний стан несучих конструкцій. Стан недобудованої будівлі в цілому можна признати задовільним (категорія стану – II). При цьому будівництво нового корпусу вплинуло на просадочні процеси, що викликали появу нових тріщин в існуючих будівлях лікарні та збільшення ширини розкриття старих тріщин як на зовнішніх, так і на внутрішніх поверхнях стін будівель, але їх технічний стан в цілому не змінив-

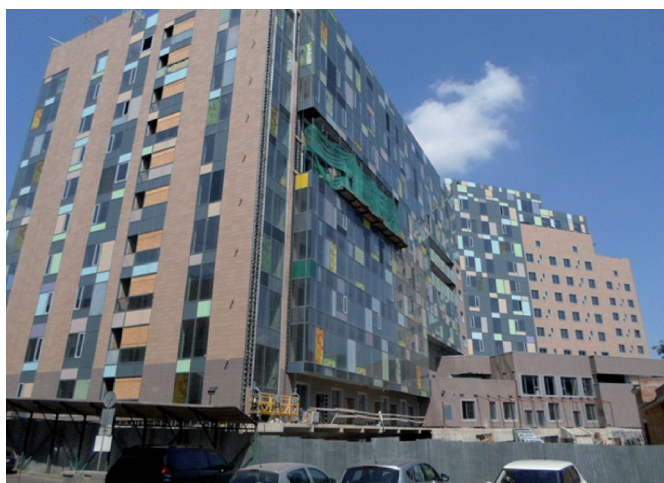


Рис. 12 Загальний вигляд нової будівлі Національної дитячої спеціалізованої лікарні «Охматдит».



ся і може кваліфікуватися як задовільний (категорія стану – II).

Дублюючими перевірочними розрахунками несучої здатності основних конструкцій будівлі з врахуванням результатів обстежень встановлено, що армування окремих діафрагм на першому поверсі недостатнє, що обумовило розробку технічних рішень з їх підсилення.

Таким чином, проведення досліджень конкретних об'єктів дозволяє отримувати нові знання із забезпечення надійності та безпеки експлуатації, які можливо поширювати на інші об'єкти, що є безперечними науковими результатами.

НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РОБОТИ З ПЕРЕТВОРЕННЯ ОБ'ЄКТУ «УКРИТТЯ» ЧАЕС В ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНУ СИСТЕМУ ТА РОБОТИ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДІЮЧИХ АЕС В УКРАЇНІ

Практичні завдання з перетворення ОУ в екологічно безпечну систему (рис. 13), що вирішував ДП НДІБК тільки у 2015 р., включали обстеження та оцінку технічного стану існуючих конструкцій II-ї черги ЧАЕС, що виконують функції огорожувального контуру НБК з метою отримання уточнених вихідних даних для реалізації технічного рішення з герметизації місць з'єднань гнучких металевих конструкцій Арки НБК з конструкціями II-ї черги.



Рис. 13 Загальний вигляд НБК станом на грудень 2015 року.

Враховуючи унікальність НБК – в історії людства такий об'єкт ще не споруджувався, всі технічні принципи, що закладаються при його створенні, є важливими науковими результатами.

Особливістю структури енергопостачання в Україні є те, що біля 50% електричної енергії генерується на атомних електричних станціях (АЕС). При цьому проектний термін експлуатації майже всіх АЕС України вже знаходиться на межі свого завершення. Тому важливим є визначення ресурсу всіх систем АЕС, у тому числі ресурсу будівельних конструкцій для оцінки можливості подальшої експлуатації станцій.

Прикладом такої наукової роботи, що здійснено у ДП НДІБК, є проведення розрахунків захисної оболонки енергоблоків Запорізької АЕС. Складність конструкції захисної оболонки у сукупності з навантаженнями, що внаслідок процесів, які протікають у гермооб'ємі, та зовнішніми впливами, обумовлює виконання оцінки працездатності конструктивної системи не традиційними інженерними методами, а шляхом застосування ускладнених моделей і проведення розрахунків сучасними програмними комплексами. Загальний вигляд розрахункової моделі наведено на рис. 14, за допомогою якої отримані такі наукові результати, як мінімально допустимі значення зусиль натягнення канатів при аварійних діях.

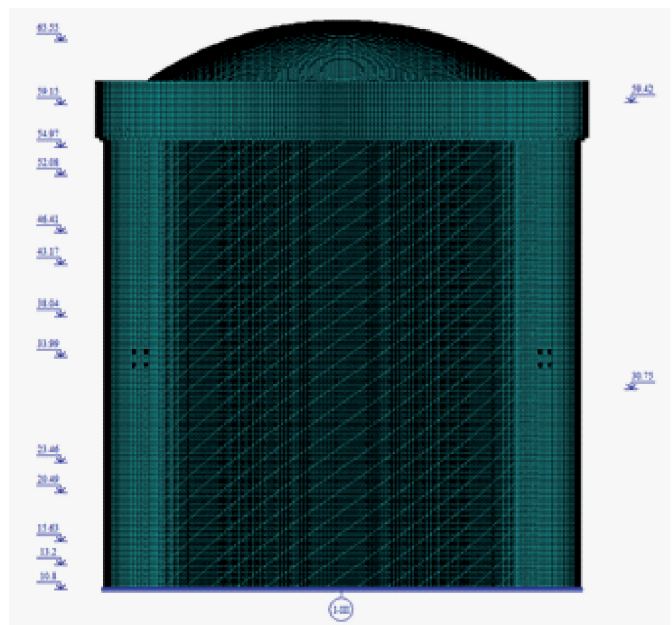


Рис. 14 Загальний вигляд розрахункової моделі захисної оболонки енергоблоку.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Частка енерговитрат на підтримання комфортних умов будівельних об'єктів складає до 40% загального енергобалансу країни. Світова енергетична криза 70-х років XX сторіччя призвела до появи нового науково-експериментального напрямку, пов'язаного з проектуванням будинків з ефективним використанням енергії. Методологія проектування енергоефективних будівель полягає в системному аналізі та дослідженні операцій, направленою на пошук альтернативних рішень та кількісного обґрунтування оптимальних варіантів. Будинок розглядається як єдина енергетична система, що складається з незалежних підсистем: зовнішній клімат як джерело енергії, від якого слід захищати будинок; будинок, як комплекс



Рис. 15 Альбоми технічних рішень.



Рис. 16 Розробки ДП НДІБК проектів з термомодернізації:

- а) дитячий дошкільний заклад, м. Київ, ж/м Осокорки, 10 мкр-н, ділянка 36;
- б) загальноосвітня школа, м. Київ, ж/м Осокорки, 10 мкр-н, ділянка 65, 66

інженерних підсистем, енергетично пов'язаних між собою.

Реалізація такого методичного принципу дозволила не тільки ввести новий критерій оцінки та проектування будівель – питому річну енергопотребу будівлі для опалення та охолодження, що реалізовано у новому ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель», але і розробити ряд технічних рішень для термомодернізації будівель (рис. 15),

проектування і будівництва наукоємних проектів, використання ефективних конструкцій, матеріалів, інженерних технологій і обладнання.

4. Системний підхід до оцінки експлуатаційних властивостей будівель дає такі наукові результати, як нові критерії оцінки енергетичної ефективності, впровадження сучасних конструктивних та інженерних систем, що дозволяє знижувати використання енергії у 2...3 рази.

які, у свою чергу, були втілені при розробленні проектів реконструкції ряду об'єктів (рис. 16).

ВИСНОВКИ

1. Інноваційний розвиток будівельної галузі залежить від напрямків науково-технічної діяльності наукових установ країни, що повинна бути зосереджена на вирішенні проблемних питань будівництва, забезпечення надійності, довговічності та ефективності технічних рішень через здійснення науково-технічного супроводу проектування та зведення будівель і споруд.

2. Подовження ресурсу будівельних конструкцій існуючих об'єктів: житлових і громадських будинків; промислових, транспортних, гідротехнічних об'єктів; енергетичних (атомних станцій, теплових і гідротехнічних споруд), тощо, можливо тільки на підставі отриманих результатів науково-технічних досліджень їх фактичного стану та визначення ресурсу.

3. Удосконалення нормативної бази є результатом наукових досліджень, які впроваджуються у практику будівництва у форматі нормативних актів та національних стандартів, що є основою для практики



АВТОРИ



ФАРЕНЮК Г.Г.

Д-р технічних наук, директор ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»



ТАРАСЮК В.Г.

Канд. техн. наук, заступник директора ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» з наукової та нормативно-методичної роботи



БЕЛОКОНЬ О.Л.

Канд. техн. наук, завідувач відділу ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»



ШЕВЧЕНКО А.М.

Інженер ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»

ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РЕГЛАМЕНТУ ЄС № 305/2011 В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

УДК 69.05.004 (475)

АНОТАЦІЯ

У статті наведено основні етапи впровадження технічного регламенту ЄС № 305/2011 в будівельній галузі України.

Paper contents the basic stages deal with implementation of EU Regulations No 305/2011 in Ukrainian construction sector.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

нормативна база, Регламент (ЄС) № 305/2011, Директива Ради Європи 89/106/ЄЕС, євроінтеграційні процеси в Україні, імплементація

На сьогодні в Україні одним із стратегічних напрямів діяльності і шляхів забезпечення формування безпечного та комфортного середовища життя та життєдіяльності та прискорення впровадження інновацій у будівництво є формування нормативної бази, інтегрованої у міжнародний нормативно-правовий простір технічного регулювання в будівництві.

До недавнього часу в Європейському Союзі питання у сфері будівництва вирішувались за допомогою Директиви Ради Європи 89/106/ЄЕС (далі - Директива).

В Україні на базі цієї Директиви розроблено



цілий ряд нормативно-правових актів, нормативних актів та нормативних документів.

Так, одним із перших кроків прискорення євроінтеграційних процесів в Україні на законодавчому рівні було прийняття ряду постанов Кабінету Міністрів України від 20.12.2006 № 1764 «Про затвердження Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд», від 01.03.2006 №240 «Про затвердження Правил підтвердження придатності нових будівельних виробів для застосування», від 23 травня 2011 р. № 547 «Про затвердження Порядку застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу», положення яких створенні з урахуванням вимог Директиви Ради Європи 89/106/ЄЕС від 21 грудня 1988 р. «Про зближення законів, підзаконних актів та адміністративних положень держав-членів стосовно будівельних виробів».

Так, «Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд» визначає основні вимоги до будівельних виробів, будівель і споруд щодо:

- забезпечення механічного опору та стійкості;
- дотримання вимог пожежної безпеки;
- забезпечення безпеки життя і здоров'я людини та захисту навколишнього природного середовища;
- забезпечення безпеки експлуатації;
- забезпечення захисту від шуму;
- забезпечення економії енергії.

Вказаними Постановами, зокрема, визначено основні вимоги до будівель та споруд, адаптовані до європейських вимог, процедури оцінки відповідності будівельних виробів, система технічної легалізації інноваційної продукції у будівництві. З прийняттям вищезазначених Постанов Кабінетом Міністрів України упорядковано системний розвиток національної нормативної бази як гармонійної складової міжнародного нормативного простору у будівництві. Разом з тим, у процесі впровадження європейсько орієнтованої системи технічного регулювання у будівельній галузі постала низка питань, що мають бути врегульовані на законодавчому рівні.

Для забезпечення виконання основних вимог до будівельних виробів, будівель і споруд, в Україні створено ряд основоположних нормативних актів, а саме:

- ДБН В.1.2-6-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість;
- ДБН В.1.2-7-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека;

■ ДБН В.1.2-8-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека життя і здоров'я людини та захист навколишнього природного середовища;

■ ДБН В.1.2-9-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації;

■ ДБН В.1.2-10-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму;

■ ДБН В.1.2-11-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії.

В напрямку проектування будівельних конструкцій в Україні прийнято 58 частин Єврокодів як національні стандарти. І Постановою щодо «Порядку застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу» визначено механізм одночасної дії будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами ЄС (Єврокодами).

Дія цього Порядку поширюється на здійснення проектування конструкцій будівель і споруд будівництва (нового будівництва та реконструкції) (далі - проектування об'єктів), що належать до I, II, III та IV категорій складності.

Для проектування об'єктів замовник разом з проектувальником може застосовувати будівельні норми, розроблені на основі національних технологічних традицій, або будівельні норми, гармонізовані з нормативними документами ЄС, що обумовлюється в завданні на проектування.

На даному етапі напрями розвитку будівельної нормативної бази Європейського Союзу (далі – ЄС) визначено Регламентом (ЄС) № 305/2011 Європейського парламенту та Ради від 9 березня 2011 року, що встановлює гармонізовані умови для розміщення на ринку будівельних виробів та скасовує Директиву Ради 89/106/ЄЕС.

Регламент (ЄС) № 305/2011 встановлює вимоги до розміщення на ринку або забезпечення наявності на ринку будівельних виробів шляхом запровадження гармонізованих правил щодо відображення експлуатаційних характеристик будівельних виробів по відношенню до їх суттєвих характеристик та використання маркування CE на цих виробках.

В Регламенті (ЄС) № 305/2011 також висвітлені питання щодо:

- визначень та основних вимог до будівельних споруд та суттєвих характеристик буді-



вельних виробів;

- процедури прийняття Європейського документа атестації;
- декларації експлуатаційних характеристик та маркування CE;
- зобов'язань суб'єктів господарювання;
- гармонізованих технічних умов;
- органів технічної атестації;
- галузей виробів та вимог до органів технічної атестації;
- оцінки та перевірки стабільності експлуатаційних характеристик;
- спрощених процедур;
- нотифікуючих установ та нотифікованих органів;
- нагляду за ринком і процедури забезпечення безпеки.

Для імплементації в Україні положень Регламенту (ЄС) № 305/2011 Європейського Парламенту і Ради на сьогодні створено проект Закону «Про основні вимоги до будівель та споруд, а також умови розміщення на ринку будівельних виробів, гармонізовані з нормами законодавства Європейського Союзу» (далі - Законопроект).

Законопроект розроблено на виконання статті 56 і пункту 2.23 Додатка III до Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом та пункту 127.5 Плану заходів з виконання Програми діяльності Кабінету Міністрів України та Стратегії сталого розвитку «Україна-2020» у 2015 році, затверджених розпорядженням Кабінету Міністрів України від 4 березня 2015 р. № 213, а також з урахуванням положень Закону України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності», який набрав чинності 10 лютого 2016 року.

Цей Законопроект встановлює основні вимоги до будинків, будівель, споруд, лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури (далі – будівлі та споруди), а також декларування будівельних виробів.

При розробленні Законопроекту були також враховані основні положення Законів України “Про стандартизацію”, “Про технічні регламенти та оцінку відповідності”, “Про державний ринковий нагляд і контроль нехарчової продукції”, “Про загальну безпечність нехарчової продукції”, “Про будівельні норми”, “Про регулювання містобудівної діяльності”, “Про архітектурну діяльність”, “Про основи містобудування” та інших нормативно-правових актів, що регулюють відносини в цій сфері.

Законопроект встановлює:

- основні вимоги до будівель та споруд протягом усього життєвого циклу і до процедур технічної апробації будівельних виробів з метою їх розміщення на ринку, а також до суб'єктів, що беруть участь у процедурах технічної апробації та декларування у сфері

будівництва;

- механізм визначення суттєвих характеристик технічних показників будівельних виробів стосовно основних вимог до будівель та споруд, вимоги до регламентних технічних умов, що є національним стандартом або технічним свідоцтвом;
- що виробник або імпортер набуває права реалізовувати на території України будівельні вироби на підставі складеної ним декларації технічних показників будівельного виробу згідно з регламентними технічними умовами або спеціальною технічною документацією;
- існуючу в ЄС організаційну структуру системи технічної апробації у будівництві, відповідно визначено її складові (орган технічної апробації, Бюро з надання технічної інформації з питань будівельних виробів, комісія з технічного регулювання у будівництві). Функції учасників процесу технічної апробації мають бути уточнені відповідними нормативно-правовими актами, прийнятими на виконання Закону.

Така система працюватиме на суто ринкових засадах: визначені органи технічної апробації (далі - ОТА) працюють у конкурентному середовищі; замовник обирає ОТА та укладає з ним угоду.

Наразі Законопроект перебуває на повторному погодженні в Державній регуляторній службі України (лист Мінрегіону № 7/16-12154 від 03.10.2016).

Реалізація положень Законопроекту дозволить запровадити на практиці конкурентне середовище в Україні для українських та імпортованих виробів, у т.ч. з країн ЄС, на підставі єдиних і недискримінаційних технічних вимог.

Таким чином, впровадження Регламенту ЄС № 305/2011 в будівельній галузі України шляхом прийняття Законопроекту в межах національних особливостей на сьогодні знаходиться на стадії перехідного періоду та адаптації його положень.

І для прискорення євроінтеграційних процесів в Україні іще треба багато зробити, і насамперед необхідно прийняти проект Закону «Про основні вимоги до будівель та споруд, а також умови розміщення на ринку будівельних виробів, гармонізовані з нормами законодавства Європейського Союзу». Також слід продовжувати активну роботу щодо адаптації Європейської бази до нормативної бази в будівельній галузі України шляхом прийняття національних стандартів України, в першу чергу, європейських стандартів, що підпадають під дію Регламенту ЄС № 305/2011, а також прийняття європейських стандартів, посилення на які містяться в національних стандартах України, гармонізованих з Єврокодами.



ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 20.12.2006 № 1764 «Про затвердження Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд» // Офіційний вісник України від 02.01.2007. – 2006. - № 51. - С. 145.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 01.03.2006 № 240 «Про затвердження Правил підтвердження придатності нових будівельних виробів для застосування» // Офіційний вісник України від 22.03.2006. – 2006. - № 10. - С. 168.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 23 травня 2011 р. № 547 «Про затвердження Порядку застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу» // Офіційний вісник України від 06.06.2011. - 2011. - № 40. - С. 19.
4. Директива Ради Європи 89/106/ЄЕС від 21 грудня 1988 р. «Про зближення законів, підзаконних актів та адміністративних положень держав-членів стосовно будівельних виробів» // Оpublikovana v Ofitsialnom zhurnale. - № L 40. - 11.02.1989. - С. 12.
5. Регламент (ЄС) № 305/2011 Європейського парламенту та Ради від 9 березня 2011 року, що встановлює гармонізовані умови для розміщення на ринку будівельних виробів та скасовує Директиву Ради 89/106/ЄЕС // Офіційний вісник Європейського Союзу. - L 88/5. - 4.4.2011.

REFERENCES

1. Postanova Kabinetu Ministriv Yukrainy vid 20.12.2006 № 1764 «Pro zatverdzhennia Tekhnichnogo reglamentu budivelnnykh vyrobiv, budivel i sporud» [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of December 20, 2006 No. 1764 "On approval of the Technical regulation of construction products, buildings and constructions"] Ofitsiynny visnyk Yukrainy vid 02.01.2007. - Ofitsiynny News Ukraine from 02.01.2007. – 2006. - № 51. - p. 145.
2. Postanova Kabinetu Ministriv Yukrainy vid 01.03.2006 № 240 «Pro zatverdzhennia Pravyl pidtverdzhennia prydatnosti novykh bydivelnnykh vyrobiv dlia zastosuvannia» [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of March 1, 2006 No. 240 "On approval of the Rules for the confirmation of new construction products fitness for application"]

Ofitsiynny visnyk Yukrainy vid 22.03.2006. - Ofitsiynny News Ukraine from 22.03.2006. – 2006. - № 10. - p. 168.

3. Postanova Kabinetu Ministriv Yukrainy vid 23 travnia 2011 r. № 547 «Pro zatverdzhennia Poriadku zastosuvannia budivelnnykh norm, rozroblennykh na osnovi natsionalnykh tekhnologichnykh tradytsiy, ta budivelnnykh norm, harmonizovanykh z normatyvnymy dokumentamy Yevropeyskogo Soyuzu» [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of May 23, 2011 No. 547 "On approval of the application procedure for building codes developed based on the national technological traditions and construction standards harmonized with the regulations of the European Union"] Ofitsiynny visnyk Yukrainy vid 06.06.2011. - Ofitsiynny News Ukraine from 06.06.2011. - 2011. - № 40. - p. 19.
4. Dyrektyva Rady Yevropy 89/106/YeEC vid 21 grudnia 1988 r. «Pro zblyzhennia zakoniv, pidzakonnykh aktiv ta administratyvnykh polozhenderzhav-chlenivstosovnobudivelnnykh vyrobiv» [Council Directive 89/106/EEC of December 21, 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products] Opublikovana v Ofitsialnom zhurnale. - Published in the Official Journal. - № L 40. - 11.02.1989. - p. 12.
5. Reglament (YeC) № 305/2011 Yevropeyskogo parlamentu ta Rady vid 9 bereznia 2011 roku, sho vstanovlyuye harmonizovani umovy dlia rozmishennia na rynku budivelnnykh vyrobiv ta skasovuye Dyrektyvu Rady 89/106/YeEC [Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of March 9, 2011 laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC] Ofitsiynny visnyk Yevropeyskogo Soyuzu. - Official Journal of the European Union. - L 88/5. - 4.4.2011.



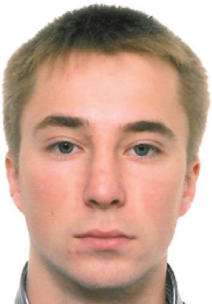
АВТОРИ



ГАЙДАЙЧУК В.В.
Доктор технічних наук, завідувач кафедри Київського національного університету будівництва та архітектури



КОТЕНКО К.Е.
Завідувач кафедри Київського національного університету будівництва та архітектури



ТКАЧЕНКО І.А.
Заступник генерального директора ТОВ «Міжнародний виставковий центр»



КЕДИК І.В.
Провідний інженер, ТОВ «СОЛДАТА УКРАЇНА»

СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНОЇ СПОРУДИ МІЖНАРОДНОГО ВИСТАВКОВОГО ЦЕНТРУ

УДК 539.3; 624. 042.8

АНОТАЦІЯ

Приведено результати обладнання споруди МВЦ комплексною системою моніторингу технічного стану. Сформульовані характерні особливості діючих систем. Відмічені напрямки удосконалення запровадженої системи моніторингу.

The results of IEC building equipment with a complex system of technical condition monitoring are presented. The characteristic features of the existing systems are formulated. The directions for the improvements of the implemented monitoring system are outlined.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

статичний моніторинг, динамічний моніторинг, частоти і форми коливань, скінчено-елементна модель

Будівля Міжнародного виставкового центру (МВЦ) збудована за проектом інституту ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій» ім. В. М. Шимановського і друга черга її будівництва була завершена у 2006 р. Основним призначенням споруди являється демонстрація промислових та наукових досягнень вітчизняних та закордонних підприємств, проведення самітів, конференцій, з'їздів, культурно-масових заходів та інше. Загальна площа споруди (57477 м²) та сервісне обладнання дозволяють одночасному перебуванню в ній понад 15 тис. відвідувачів. В цьому відношенні будівельна споруда є найбільшим об'єктом відповідного призначення в Україні.

Виконуються роботи щодо подальшого вдосконалення і розвитку інфраструктури центру. Розроблена документація третьої черги будівництва об'єктів комплексу. Удосконалюється і сервісне обладнання відповідно до сучасних європейських



вимог.

МВЦ – великорозмірна інженерна споруда 5 категорії складності, класу відповідальності СС3. В архітектурно-конструктивному відношенні представляє собою три поєднані блоки (А, Б, В), покриття блоків Б та В об'єднанні «Хвилю». Каркас будівлі металевий, виконаний з профільного сталевих прокату. Фундаменти монолітні залізобетонні. Покрівля – класичний піриг: профнастил, паробар'єр, утеплювач PAROC-AKL, EPDM та ПВХ покрівельна мембрана. Стіни – тришарові панелі типу «сэндвіч» з мінераловатним утеплювачем «ROCKWOOL».

Згідно вимогам безпеки будівлі і споруди класу відповідальності СС3, до якого відноситься споруда МВЦ, підлягають обов'язковому системному контролю і повинні бути обладнані автоматизованими системами моніторингу і управління [1, 2]. В 2012 р. згідно з розпорядженням державних служб [3] споруда МВЦ була обладнана автоматизованою системою статичного моніторингу металевих конструкцій і фундаментів (АСМ). Основою впровадженої системи є методика, що розроблена французькою компанією SOLDATA та Національним географічним інститутом Франції (IGN).

Принцип роботи системи ґрунтується на визначенні просторових положень контрольних точок спостереження з використанням технології лазерного наведення, що здійснюється за допомогою відповідного високоточного геодезичного обладнання та пакету спеціального програмного забезпечення.

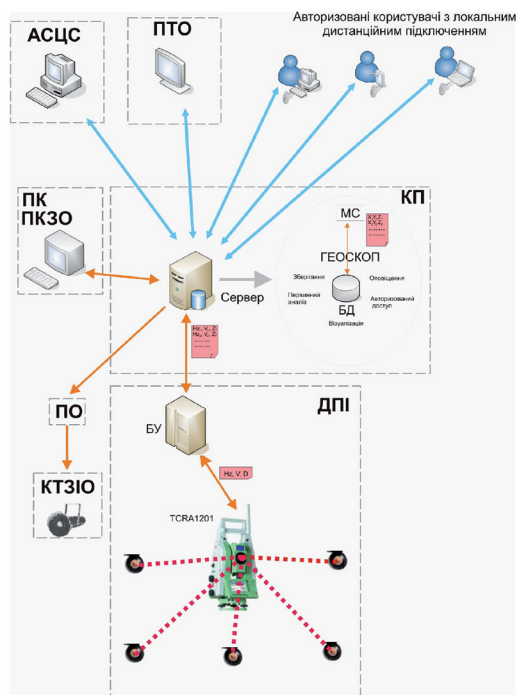


Рис.1. Структура та взаємодія складових частин АСМ : АСЦС – автоматизована система центрального спостереження, ПТО – пульт технічного обслуговування, ТАСЦО – територіальна автоматизована система централізованого оповіщення, ПО – пристрій оповіщення, КТЗІО – кінцеві технічні засоби, ДПІ – джерела первинної інформації.

Структура та взаємодія складових частин системи і комунікація її з іншими системами представлена на рис. 1.

Для дистанційного вимірювання положень контрольної точки використовуються мішені-відбивачі спеціальної конструкції (еталонні та спостереження). Еталонні розміщуються поза зоною впливу можливих деформацій конструкцій, а мішені спостереження кріпляться на елементах конструкцій. Величини переміщень фіксуються геодезичними високоточними тахеометрами TCRA, виробництва Leica. Дані вимірювань зберігаються в міні комп'ютері блоку управління та передаються каналами локальної комп'ютерної мережі на сервер АСМ для подальших розрахунків, а самі розрахунки положень контрольних точок виконуються за допомогою програмного забезпечення АСМ.

Впроваджена АСМ дозволяє здійснювати спостереження за можливими просторовими переміщеннями та деформаціями різних конструктивних елементів споруди і візуалізувати результати вимірювань в тримірній системі координат. Контроль виконується по 85 точкам спостереження. АСМ працює у постійному режимі і забезпечує вимірювання вертикальних прогинів та горизонтальних переміщень з точністю ± 1 мм. З моменту впровадження системи не було виявлено порушень в її роботі, а результати спостережень вказують на задовільний в цілому стан конструкцій, що спостерігаються. Виявлені однак і окремі недоліки в конструкціях будівлі, пов'язані з неякісним виконанням монтажних робіт при будівництві. Наприклад, 2012 р. при значному сніговому навантаженні нижній пояс підкороквяної ферми ПФ-6 пружно здеформувався в горизонтальній площині, як показав аналіз, через відсутність компенсаторів деформації в формі овальних отворів болтового з'єднання, що було оперативно виправлено.

Але вказана система відображає напружено-деформований стан окремих конструкцій, що спостерігаються, при дії на них статичного навантаження і, не дивлячись на вагому значимість цих конструкцій в споруді, характеризує лише її локальний стан. Показники системи не надають інформацію відносно динамічних впливів на споруду таких, наприклад, як мікросейсмічні коливання земної поверхні, вітрові імпульси, фонові впливи, пов'язані з рухом метрополітену та інших транспортних засобів, що робить діагностику споруди недостатньо ефективною.

Тому, враховуючи конструкційну наповненість споруди (більш 200 груп конструктивних елементів) і динамічний фоновий вплив на неї, пошук способів підвищення ефективності контролю був спрямований на його глобалізацію. Передбачалась доцільність створення розрахункової моделі споруди та використання динамічних характеристик в системі моніторингу.



Існує точка зору згідно якої, інструментальний моніторинг без опори та співставлення з набором адекватних математичних моделей об'єктів має випадково-беззмістовний характер, не представляє практичного значення і не відображає реальність проблеми [4], а математична модель реалізує фактичні фізико-механічні властивості матеріалу, геометричні форми елементів конструкції та реально характеризує роботу вузлів і з'єднань, і таким чином, являється ефективним інструментом діагностики технічного стану споруди.

Базуючись на такому підході, фахівцями Київського університету будівництва і архітектури, Національного транспортного університету та МВЦ була виконана препроцесорна підготовка і створена скінчено-елементна модель будівельної споруди МВЦ, що враховує її конструктивні та експлуатаційні особливості.

Використовувались програмні комплекси NASTRAN та SCAD. В подальшому передбачалось використання в основному скінчено-елементної моделі NASTRAN, що витримала перевірку на адекватність і була доопрацьована для можливого виконання розрахунків динамічних характеристик, у тому числі з приєднанням неконструкційних мас. Створена модель має універсальний характер і глобально відображає напружено-деформований стан конструкцій споруди. Надає інформацію відповідно статичних і динамічних характеристик, у тому числі осьових зусиль, згинальних моментів, поперечних сил, переміщень, стійкості, частот і форм власних коливань, при різних сполученнях діючих навантажень.

Однак, об'єктивність інформації може виявитися неадекватною в зв'язку з можливими змінами в технічному стані споруди пов'язаними, наприклад, зі зміною шарнірності в місцях з'єднань (зрізка болтів, поява пластичних шарнірів), просіданням ґрунтової основи під фундаментами несучих елементів конструкцій, вібрацією від працюючого технологічного устаткування та інше. Тому необхідною умовою стає попередня оцінка цілісності споруди. Ефективним в цьому відношенні представляється використання інструментального динамічного моніторингу, що характеризує загальний (цілісний) стан споруди за допомогою показників динамічних характеристик (власних частот і форм коливань). Попередній аналіз надає перевагу та орієнтує на першочерговість оцінки цілісності споруди, при позитивних результатах якої залишається ефективним використання розрахункової скінчено-елементної моделі, а при появі негативних сигналів – своєчасно інформуються служби, що відповідають за без-

пеку будівлі.

Цей підхід був використаний при розробці методики динамічного моніторингу споруди МВЦ. Аналізувались та доопрацьовувались відомі положення вказаного методу відповідно до конструктивних та експлуатаційних особливостей даної споруди. Використовувались показники динамічних характеристик: величини частот, форм власних коливань і параметрів затухання, що характеризують низькочастотний діапазон коливань (три перші частоти основного тону). Форми коливань відображались напрямками і величинами амплітуд, що відповідають вказаному частотному діапазону. Діапазон частот власних коливань приймався з врахуванням дії постійних неконструкційних навантажень: технологічного та огорожувальних конструкцій. Розрахунки виконувались в програмних комплексах SCAD і NASTRAN, а натурні величини частот вимірювались інструментальним методом за методикою Київського національного університету будівництва і архітектури з використанням сейсмографа ZET-048C (табл. 1). Експериментально вимірювались віброприскорення несучих конструкцій в реальному часі з подальшою їх обробкою та визначенням даних власних частот коливань споруди. Зареєстровані віброграми

Таблиця 1. Технічні характеристики сейсмографа ZET-048C.

Тип датчиків	диференціальні
Число вимірюваних координат	3 (X, Y, Z)
Параметр вимірювання	віброприскорення
Робочий діапазон, Гц	від 0,3 до 400
Чутливість	не більше 10^{-5} м/с ²
Основна відносна похибка, %	не більше ± 10
Робоча температура, °С	від -30 до +50

коливань оброблялись програмним забезпеченням ZETLAB SEISMO за допомогою спектрального аналізу методом дискретного перетворювання Фур'є.

Отримані спектри (рис. 2) аналізувались з метою визначення значень частот власних коливань, що відповідають основним пікам на спектрогра-

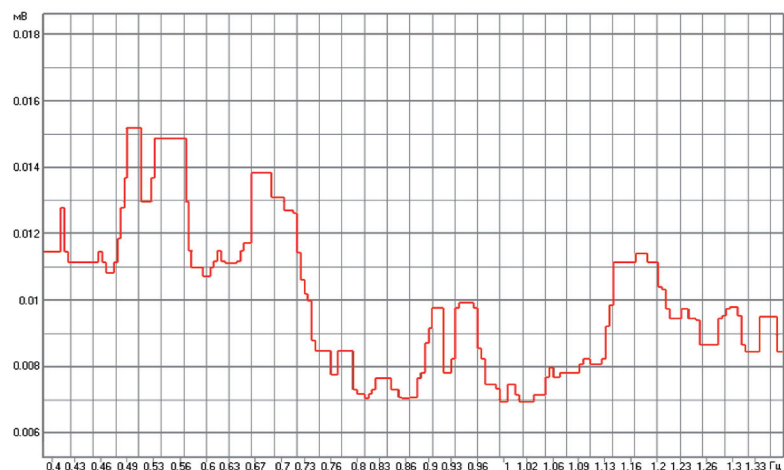


Рис.2. Спектр власних коливань споруди МВЦ.



мах та є наслідком відгуку конструкції на зовнішні джерела динамічної дії.

Спектральний аналіз дозволяє відфільтрувати власні частоти споруди від інших фонових впливів і є необхідним, особливо в системі динамічного моніторингу великорозмірних споруд. Але використання власних частот може виявитися неефективним, якщо дефекти споруди не порушують її цілісність. Наприклад, просідання ґрунтової основи під фундаментами конструкцій, що не викликало появи тріщин та інших порушень, локальна втрата стійкості окремих елементів, боковий нахил каркасу та інше. В цьому випадку доцільним стає використання форм власних коливань.

Розрахована за допомогою скінчено-елементної моделі форма і напрямки власних коливань споруди з першою нижчою частотою (0,492079 Гц) (рис. 3) свідчить, що «Хвиля» та знижена частина блоку Б рухаються поступально в одному напрямку вздовж осі Х.

При коливаннях з другою частотою (0,53825 Гц) «Хвиля» та знижена частина блоку Б рухаються вздовж осі Х у протилежних напрямках. Коливання з третьою частотою (0,66865 Гц) супроводжується накладанням поворотних рухів «Хвилі» по центру, вздовж її повздовжньої осі.

Величини амплітуд власних коливань в елементах металевого каркасу представлені на рис. 3 та вважаються якісними показниками, потребуючими коригування відповідно до експериментальної перевірки з врахуванням розрізнявальних характеристик апаратно-інструментального обладнання. Згідно теоремі Котельникова, спектр сигналу, що обмежений частотою, мусить бути в два рази вищим цієї частоти для того, щоб сигнал можна було відновити без втрати інформації. В цьому відношенні для моніторингу споруди МВЦ обґрунтованим може бути використання велосіметрів С-5-С, СМ-3, КМ-В російського вироб-

ництва та СМГ-3ЕС33 фірми Guralp та аксельометрів ИФЗ РАН та Guralp GMG-5T.

При частотах більше 1 Гц перспективним представляється використання сейсмостанції SYSCOM (Швейцарія) в поєднанні з програмним комплексом «GEOSCOPE». Сейсмостанції дозволяють в режимі реального часу виявляти акусто-сейсмічну вібрацію об'єкту спостереження, вимірювати та аналізувати параметри виявлених вібрацій з амплітудою від 1 мм/с до 200 мм/с (або в одиницях прискорення від 0 до 50 м/с²). Сейсмостанція складається з тривісного геофону (сейсмоприймач), що монтується безпосередньо на поверхню об'єкту спостереження, та пристрою управління. Залежно від потреб, сейсмоприймач може бути змонтований як в одному корпусі з пристроєм управління, так і окремо. В залежності від конструкції (одновісний чи тривісний) та частотного інтервалу чутливості, сейсмоприймач детектує сейсмічні коливання чи вібрацію різного походження. При цьому, пристрій управління забезпечує обробку, аналіз, збереження та передачу звіту за результатами детектування.

Після встановлення кожної сейсмостанції проходить її тестування, під час якого виконується калібрування для визначення рівня шумового фону вібрації. За результатом калібрування визначається пороговий рівень (або декілька рівнів) амплітуди вібрації, при досягненні якого сейсмостанція автоматично генеруватиме відповідні повідомлення. Сейсмостанція може працювати в неперервному режимі запису та в режимі відслідковування. В першому випадку станція записує сигнали, що поступають від сейсмоприймача протягом визначеного оператором часу (від 15 секунд до 5 хвилин). Отримані дані обробляються за допомогою спеціального програмного забезпечення для визначення амплітудно-частотних характеристик власних коливань об'єкту спостереження. Більш детальну інформацію передбачається представити в наступних публікаціях.

Обов'язковою умовою є достатня кількість датчиків, правильність їх розташування та синхронність роботи. Тому для визначення величин власних частот і форм коливань споруди МВЦ в системі її динамічного моніторингу необхідно використати мінімум три однотипних датчики, розмістив їх в моніторингових точках споруди.

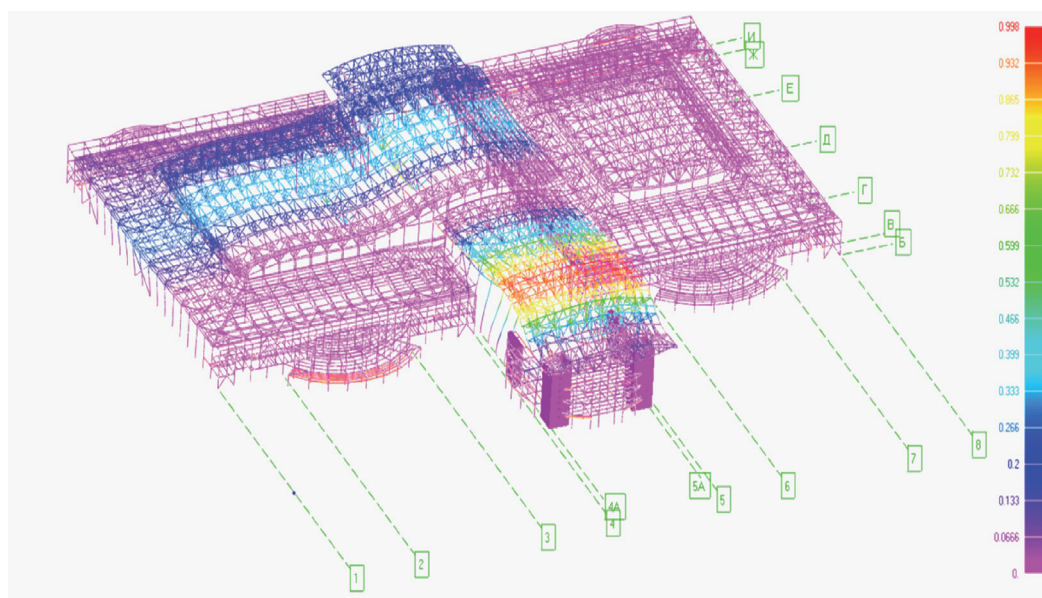


Рис.3. Коливання за першою власною частотою.



ВИСНОВКИ

1. Досить суттєвим елементом діагностики технічного стану будівельної споруди є динамічний моніторинг загального (цілісного) стану з використанням показників частот, форм власних коливань і параметрів затухання.
2. Найбільш інформативними є величини трьох перших частот основного тону коливань і відповідні форми власних коливань.
3. Розрахунковим методом, за допомогою створеної адекватної скінчено-елементної моделі та експериментальною перевіркою встановлені базові величини власних частот і напрямки коливань споруди.
4. Вивчається можливість використання діючої на МВЦ системи моніторингу та програмного забезпечення «GEOSCOR» для діагностики технічного стану споруди з використанням показників динамічних характеристик.

ЛІТЕРАТУРА

1. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14-2009. – [Чинні від 2009-12-01]. – К.: Мінірегіон України, 2009. – 43 с. – (Будівельні норми України).
2. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2006. – [Чинні від 2007-01-01]. – К.: Мінірегіон України, 2006. – 78 с. – (Будівельні норми України).
3. Автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення: ДБН В.2.5-76:2014. – [Чинні від 2014-06-01]. – К.: Мінірегіон України, 2014. – 38 с. – (Будівельні норми України).
4. Белостоцкий А.М. Адаптируемые конечно-элементные модели на основе динамического мониторинга несущих конструкций высотных зданий. Часть 1: Основа разработанной расчетно-экспериментальной методики / Белостоцкий А.М., Каличава Д.К. // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, 2012. – № 8(4). – С. 19-27.
5. Савин С.Н. Динамический мониторинг строительных конструкций на примере пандуса концертного зала «Пушкинский» в г. Москве / Савин С.Н. // Инженерно-строительный журнал, 2012. – №7.

REFERENCES

1. Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnnykh ob'ektiv. Zahalni pryncypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel, sporud, budivelnnykh konstrukttsii ta osnov [System for ensuring the reliability and safety of construction projects. General principles of reliability and structural safety ensuring for buildings, constructions, civil structures and bases]. (2009). DBN V.1.2-14-2009 from 01st Desember 2009. Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].
2. Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnnykh ob'ektiv. Navantazhennia ta vplyvy. Normy proektuvannia [System for ensuring the reliability and safety of construction projects. Loads and effects. Design norms]. (2006). DBN V. 1.2-2:2006 from 01st January 2007. Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].
3. Avtomatyzovani systemy rannioho vyavlennia zahrozy vynyknennia nadzvychainykh sytuatsii ta opovishchennia naselennia [Automated systems of emergency hazards early identification and emergency-broadcast]. (2014). DBN V.2.5-76:2014 from 01st June 2014. Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].
4. Belostotsky A.M. & Kalichava D.K. (2012). Adaptiruiemyie konechno-elementnyie modeli na osnovie dinamicheskogo monitoringa nesushchikh konstrukttsyi vysotnykh zdani. Chast 1: Osnova razrabotannoi raschetno-eksperimentalnoi metodiki [Adaptive finite element models based on the dynamic monitoring of high-rise building load-bearing structures. Part 1: Theoretical basis of the developed computational and experimental technique]. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering 8, 4, 19-27 [in Russian].
5. Savin S.N. (2012). Dinamicheskii monitoring stroitelnykh konstrukttsyi na primere kontsertnogo zala «Pushkinskii» v g. Moskve [Civil structures dynamic monitoring by an example of the ramp of the «Pushkinskii» Concert Hall in the city of Moscow]. Inzhenerno-stroitelnyi zhurnal – The Engineering and Construction Journal, 7 [in Russian].



АВТОР



ШИШКІНА О.О.

Канд. техн.
наук, доцент,
Криворізький
національний
університет

ЗАСТОСУВАННЯ МОДИФІКОВАНОГО НАНОКАТАЛІЗАТОРУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ДРІБНОЗЕРНИСТОГО БЕТОНУ

УДК 691.32

АНОТАЦІЯ

Проведено фізико-механічні дослідження наноструктурованого бетону, які показали, що модифікація міцелярного каталізатора, в якості якого використовуються наночастинки, а саме міцели поверхнево-активних речовин, за рахунок введення звичайних поверхнево-активних речовин, призводить до збільшення швидкості формування міцності, як цементного каменю, так і бетону, а також збільшує кінцеву міцність наноструктурованого таким чином бетону.

The carried out physical-and-mechanical studies of nanostructured concrete showed that the modification of such micellar catalyst as nanoparticles, especially micelles of surfactants, increases the rate of the strength formation of cement stone and concrete and also increases the final strength of so nanostructured concrete due to the introduction of conventional surfactants.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

бетон, міцели, поверхнево-активна речовина, міцність, склад

ВСТУП

Останні десятиліття двадцятого сторіччя ознаменувалися значними досягненнями в технології бетону. У відповідності до положень фізичної хімії, суміш цементу, мінерального меленого порошку, дрібного піску і води, є суспензією. Бетони нового покоління, зокрема реакційно-порошковий бетон (reactive powder concrete), можна називати суспензійними. Крім того, згідно з визначеннями [1], такий бетон відноситься до наноструктурованих матеріалів.

Поліпшення властивостей бетонів, зокрема підвищення його міцності, на цей час проводиться за трьома основними напрямками: модифікація структури цементного каменю [2-5]; каталіз реакцій, що проходять в системі «цемент – вода» [6, 7]; спрямоване регулювання мінералогічного складу цементу.

Найбільш перспективним способом поліпшення властивостей бетонів є застосування каталізу реакцій, що проходять в системі «цемент – вода».



Встановлена можливість здійснення такого каталізу за рахунок застосування наночастинок - міцел, які утворюють певні поверхнево-активні речовини [6, 7], що дозволяє значно скоротити час для досягнення бетоном необхідної міцності. Це, в свою чергу, призводить до скорочення термінів будівництва і підвищення якості бетону.

Особливого значення в останні роки набули нанокаталізатори – багатокомпонентні системи, які включають поверхнево-активні речовини, що утворюють міцели (МПАР) (рис. 1), молекулярні поверхнево-активні речовини (ПАР) (зазвичай це спирти C5-C12) і воду. Такі композиції ПАР (рис. 2) найчастіше мають більш високу здатність утворювати міцели і солюбілізуючу здатність [8], ніж окремі їх компоненти. Міцелярний прискорювальний ефект викликається комбінацією нековалентних взаємодій між міцелами з однієї сторони й реагентами та активованим комплексом, що складається із компонентів цементу, з іншої сторони. Це дозволило отримати реакційні порошкові бетони – бетони нового покоління [9,10].

Метою даної роботи було визначення можливості застосування модифікованого нанокаталізатору для отримання дрібнозернистого бетону.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі: визначити вплив багатокомпонентної системи, що складається з МПАР та ПАР, на міцність дрібнозернистого бетону.

МАТЕРІАЛИ, ЩО ЗАСТОСОВАНО У ДОСЛІДЖЕННЯХ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили згідно із стандартними методиками. Для виготовлення бетону використовували портландцемент М400 ПАТ «Хайдельберг цемент Кривий Ріг» (Україна), дрібний заповнювач - відходи збагачення залізних руд Новокриворізького гірничозбагачувального комплексу ПАТ «Арселор Мітал Кривий Ріг» (Україна), що мають максимальний розмір частинок 0,63 мм. У якості МПАР – олеат натрію (Simagchem Corp., Китай), в якості ПАР – поліспирт – пропандіол - 1, 2, 3.

Основним показником якості досліджуваного бетону була прийнята його межа міцності при стиску. Визначення міцності зразків здійснювали за допомогою універсальної випробувальної машини УММ-100.

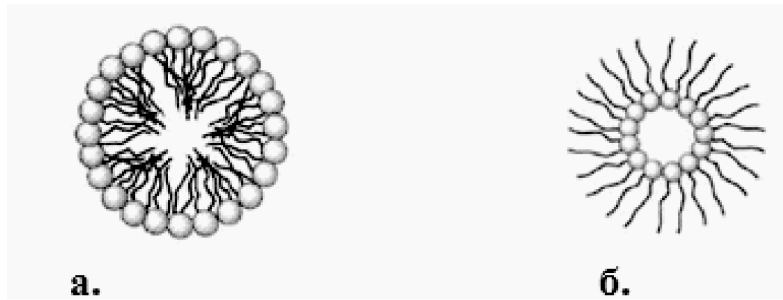


Рис. 1 Прості міцели: а – прямі, б – зворотні.

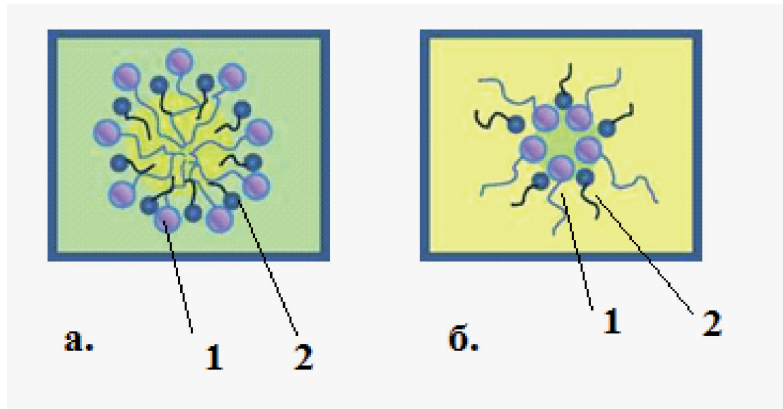


Рис. 2 Складні міцели: а - прямі, б - зворотні, 1 – ПАР, що утворюють міцели; 2 – молекулярні ПАР.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведені дослідження показали (рис. 3, 4), що одночасне застосування колоїдної ПАР, що утворює міцели (МПАР) та молекулярної більш слабкої ПАР – поліспирту у складі дрібнозернистого бетону призводить до збільшення міцності останнього у будь-якому віці його твердіння (від 7 до 28 діб).

Слід відзначити, що у будь-якому віці введення у склад дрібнозернистого бетону певної кількості як МПАР, так і ПАР, призводить до збільшення міцності бетону. Однак вплив МПАР на при-

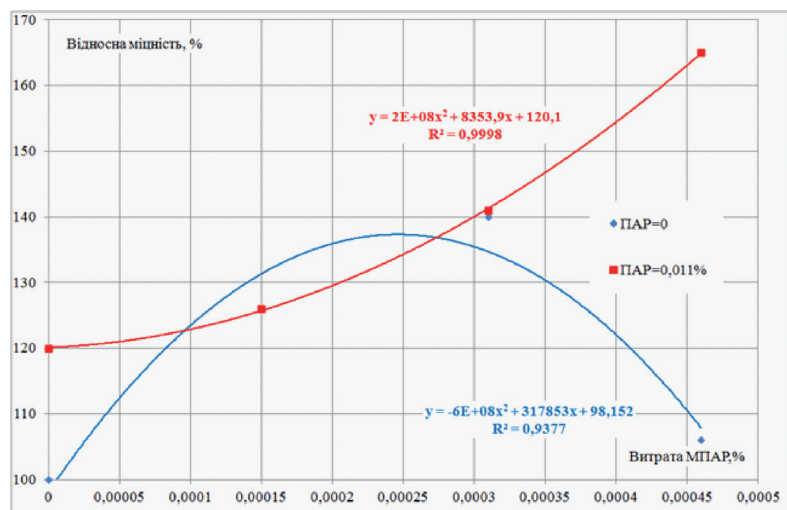


Рис. 3 Вплив суміші поверхнево-активних речовин на міцність дрібнозернистого бетону у віці 7 діб.

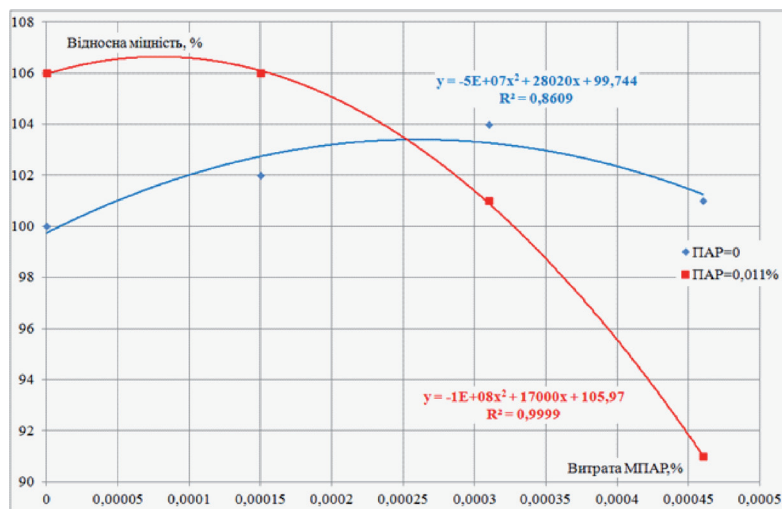


Рис. 4 Вплив суміші поверхнево-активних речовин на міцність дрібнозернистого бетону у віці 28 діб.

ріст міцності бетону у віці 7 діб значно більший, ніж у віці 28 діб. Але в усіх випадках найбільшу міцність має бетон, до складу якого введено суміш МПАР та ПАР. Що й підтверджує каталітичний характер дії МПАР та її модифікацію звичайною молекулярною ПАР – поліспиртом.

В умовах експерименту у віці 7 діб основний вплив на міцність бетону здійснює МПАР, так як із збільшенням її кількості в бетоні його міцність постійно зростає.

Але у віці 28 діб при кількості МПАР більше 0,0003% від маси цементу, міцність бетону із МПАР стає меншою за міцність такого ж бетону

без добавок (рис. 5).

Таким чином, витрати МПАР слід обмежувати величиною у 0,0003% від маси цементу. У цьому випадку міцність бетону із сумішшю поверхнево-активних речовин у віці 7 діб буде складати 140% від міцності бетону без добавок, а у віці 28 діб буде дорівнювати їй.

Цей факт підтверджує, що міцели як наночастинки виконують роль каталізатора фізико-хімічних процесів, що відбуваються при твердінні цементного каменю в бетоні, а їх сумарний із молекулярною ПАР вплив перевищує вплив кожного із названих компонентів

Таким чином, на перших етапах твердіння бетону, тобто на початку формування його міцності, основний вплив здійснюють наночастинки – міцели,

що виконують роль каталізатора, у подальшому все більший вплив на формування міцності бетону здійснює інша поверхнево-активна речовина – молекулярна ПАР – поліспирт.

Загальна зміна міцності дрібнозернистого бетону у часі показує (рис. 6), що суміш міцелярного нанокаталізатору (МПАР) та молекулярної ПАР – поліспирту суттєво прискорює процеси формування міцності бетону, особливо на ранніх стадіях цього процесу.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що молекулярна поверхнево-активна речовина, зокрема поліспирт, модифікує міцели нанокаталізатору, який бере участь у формуванні міцності наноструктурованих матеріалів, зокрема дрібнозернистого бетону.

В статті визначено характер впливу суміші поверхнево-активних речовин, що утворюють міцели - нанокаталізаторів, та молекулярної поверхнево-активної речовини - поліспирту. На

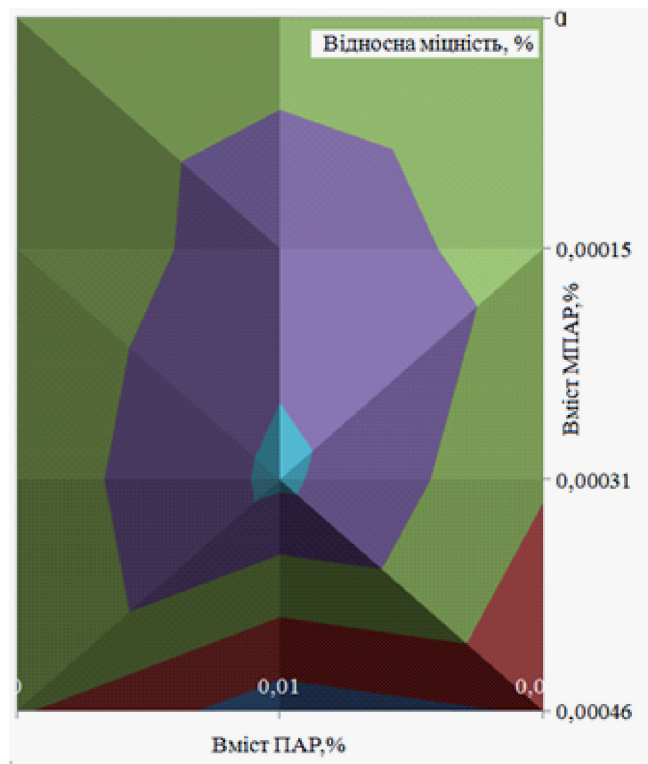


Рис. 5 Загальна залежність міцності дрібнозернистого бетону від суміші поверхнево-активних речовин у віці 28 діб.

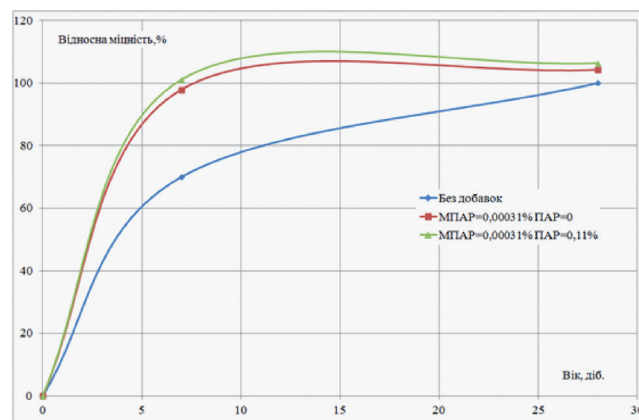


Рис. 6 Вплив суміші поверхнево-активних речовин на зміну міцності дрібнозернистого бетону у часі.



основі результатів експериментів доведено, що застосування одночасно поверхнево-активних речовин, що утворюють міцели - нанокаталізаторів, та молекулярної поверхнево-активної речовини – поліспирту, призводить до збільшення швидкості формування міцності наноструктурованих матеріалів, таких як дрібнозернистий бетон.

ЛІТЕРАТУРА

1. Справочник по наноматериалам [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.thesaurus.rusnano.com/wiki/article1371>.
2. Баженов Ю.М. Исследование наномодифицированного мелкозернистого бетона / Ю.М. Баженов, Н.П. Лукутцова, Е.Г. Матвеева // Вестник МГСУ. – 2010. – №4. – С. 28-35.
3. Chujie Jiao, Wei Sun, Shi Huan & Guoping Jiang. (2009). Behavior of steel fiber-reinforced high-strength concrete at medium strain rate. Front. Archit. Civ. Eng. China, Vol. 3. - №2. - P. 131-136.
4. Шишкина А.А. Пористые реакционные порошковые бетоны / А.А. Шишкина // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – 7(23). – С. 128-135.
5. A. Shishkin, A. Shishkina & N. Vatin. (2014). Low-shrinkage alcohol cement concrete. Applied Mechanics and Materials. – Vol. 633-634. – P. 917-921.
6. Шишкин А.А. Наномодифицированный реакционный порошковый бетон / А.А. Шишкин // Науковий вісник будівництва. – 2016. – 2(84). – С. 290-293.
7. Шишкин А.А. Влияние коллоидных поверхностно-активных веществ на прочность мелкозернистых бетонов / А.А. Шишкин, А.А. Шишкин // Наука та будівництво. – 2016. – 1(7). – С. 10-13.
8. Щукин Е.Д. Коллоидная химия. / Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. - М.: Изд-во мос. универ., 1982. – 348 с.
9. Шишкін О.О. Дослідження впливу нанокаталізу на формування міцності реакційного порошкового бетону / О.О. Шишкіна, О.О. Шишкін // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2016. – 1/6 (79). – С. 55-60.
10. Шишкина О.О. Дослідження впливу поверхнево-активних речовин, що утворюють міцели, на міцність ніздрюватого реакційного порошкового бетону / О.О. Шишкіна // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2016. – 2/6 (80). – С. 66-70.

REFERENCES

1. Spravochnyk po nanomaterialam [Handbook of nanomaterials]: <http://www.thesaurus.rusnano.com/wiki/article1371>.
2. Bashenov U., Lukutsova N. & Matveeva E. (2010). Issledovaniye nanomodyfytirovannogo melkozernistogo betona [Research of nanomodified fine concrete]. Announcer of Moscow SBU, Vol. 4. - P. 28-35.
3. Chujie Jiao, Wei Sun, Shi Huan & Guoping Jiang. (2009). Behavior of steel fiber-reinforced high-strength concrete at medium strain rate. Front. Archit. Civ. Eng. China, Vol. 3. - №2. - P. 131-136.
4. Shishkina A. (2014). Porystie reaktsyonnie poroshkovye betonu [The porous reactive powder concretes]. Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. - Construction of unique buildings and structures, Vol. 7(23). - P. 128-135.
5. A. Shishkin, A. Shishkina & N. Vatin. (2014). Low-shrinkage alcohol cement concrete. Applied Mechanics and Materials, Vol. 633-634. – P. 917-921.
6. Shishkin A. (2016). Nanomodyfytirovanny reaktsyonny poroshkovy beton [Nanomodified reaction powder concrete]. Naukovy Vestnik budivnitstva. Scientific Announcer of Building, Vol. 2(84). - P. 290-293.
7. Shishkin A. & Shishkina A. (2016). Vliyanie kolloidnykh poverhnostno-aktivnykh veshchestv na prochnost melkozernistykh betonov [Colloidal surfactants effect on the strength of fine-grained concretes]. Nauka ta budivnitsstvo. - Science & Construction, Vol. 1(7). - P. 10-13.
8. Schukin E., Percov A. & Amelina E. (1982). Kolloidnaya himiya [Colloid chemistry]. Mos. Univ. - 348 p.
9. Shishkin A. & Shishkina A. (2016). Doslidzhennya vplyvu nanokatalizu na formuvannya mitsnosti reaktsionnoho poroshkovoho betonu [The influence on the formation nanokatalizu reaction strength concrete powder]. Vostochno-evropeiskiy zurnal peredovuh tehnologiy. - Eastern European advanced technology magazine, Vol. 1/6 (79). - P. 55-60.
10. Shishkina A. (2016). Doslidzhennya vplyvu poverkhnevo-aktyvnykh rechovin, shcho utvoryuyut mitsely, na mitsnist nizdryuvatoho reaktsionnoho poroshkovoho betonu [The study of the effect of surfactants, which form micelles, on the strength of the porous reactive powder concrete]. Eastern European advanced technology magazine, Vol. 2/6 (80). - P. 66-70.



АВТОРИ



ФОМІН С.Л.

Докт. техн. наук,
професор,
Харківський
національний
університет
будівництва та
архітектури



БУТЕНКО С.В.,
Канд. техн. наук,
доцент - докто-
рант, Харківський
національний
університет
будівництва та
архітектури



ПОКЛОНСЬКИЙ В.Г.,

Канд. техн. наук,
завідувач лабораторії
ДП «Державний
науково-дослідний
інститут будівельних
конструкцій»

БЕТОННІ ТА ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ, ЩО ПРИЗНАЧЕНІ ДЛЯ РОБОТИ ЗА УМОВ ВПЛИВУ ПІДВИЩЕНИХ І ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

УДК 624.012:53.09

АНОТАЦІЯ

За наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України здійснено перевіряння СНиП, у тому числі СНиП 2.03.04-84. За результатами перевіряння запропоновано розробити нормативний акт на заміну СНиП 2.03.04-84 зі зміною статусу на ДБН.

In compliance with the Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine the verification of SNiPs including SNiP 2.03.04-84 was carried out. Based on the verification results it is proposed to develop a new regulation with a DBN status to replace SNiP 2.03.04-84.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

жаростійкий бетон, залізобетонні конструкції, підвищені і високі температури

ВСТУП

На даний час нормативна база України перейшла на європейські норми. Закінчено процес гармонізації з Єврокодами, розроблені і введені в дію нові національні нормативні документи ДБН і ДСТУ, що замінили СНиП. При цьому в Єврокодах виявився відсутній великий розділ «Бетонні та залізобетонні конструкції, що призначені для роботи за умов впливу підвищених і високих температур», для якого були розроблені будівельні норми і правила СНиП.

За наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 18.04.2016 № 93 (зі змінами, внесеними наказом Мінрегіону від 20.09.2016 № 256) здійснено перевіряння СНиП, у тому числі СНиП 2.03.04-84. Ці норми і правила поширюються на проектування бетонних і залізобетонних конструкцій, що призначені для роботи в умовах систематичного впливу підвищених (від



50 до 200 °С включно) і високих (вище 200 °С) технологічних температур.

Висновок та пропонуване рішення щодо СНиП 2.03.04-84

За результатами перевіряння СНиП 2.03.04-84 «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур» та керуючись вимогами ДСТУ Б А.1.1-91:2008, згідно з якими будівельні норми повинні ґрунтуватися на сучасних досягненнях науки, техніки та технології, передовому вітчизняному та зарубіжному досвіді проектування і будівництва та враховувати вимоги національних, міжнародних і міждержавних нормативних документів, нормативно-правових актів, до дії яких приєдналась Україна, запропоновано:

- з метою наповнення національної нормативної бази нормативним актом національного рівня, який регламентуватиме вимоги до проектування бетонних і залізобетонних конструкцій, що перебувають в умовах впливу підвищених і високих температур, розробити нормативний акт на заміну СНиП 2.03.04-84 зі зміною статусу на ДБН;
- згідно з ДБН А.1.1-1-93 віднести до комплексу нормативних документів В.2.6 «Конструкції будинків і споруд» та віднести до класифікаційних угруповань – «Вогнетривкість будівельних матеріалів і елементів» (код УКНД 13.220.50), «Технічні аспекти» (код УКНД 91.010.30) і «Бетонні та залізобетонні конструкції» (код УКНД 91.080.40) згідно з ДК 004.

Запропонована назва нормативного акту – «Бетонні та залізобетонні конструкції, що призначені для роботи за умов впливу підвищених і високих температур».

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В цей час проведена робота щодо актуалізації нормативної бази в цій галузі, в СП 52-101-2003 з'явився розділ з деформаційною моделлю, проте багато чого не вистачає для проведення правильного аналізу. Жаростійкі бетони в елементах теплових агрегатів застосовуються відповідно до Додатку А СП 52-110-2009, що включає галузі чорної металургії (доменні печі, повітрянагрівачі, вагранки для плавки чавунця, коксові батареї та ін.), кольорової металургії (графітові печі, печі киплячого шару, алюмінієві і магнієві електролізери, термічні, нагрівальні, випалювальні печі й ін.), нафтопереробної та нафтохімічної промисловості (трубчасті печі, вертикально-секційні печі та ін.), в промисловості будівельних матеріалів, в різних галузях промисловості.

При розробленні нормативного акту на заміну СНиП 2.03.04-84 зі зміною статусу на ДБН доцільно використовувати Збірку правил СП 27.13330.2011 «Бетонні та залізобетонні конструкції, призначені для роботи в умовах впливу підвищених і високих температур».

Цей збір правил побудовано на основі численних теоретичних і експериментальних досліджень Некрасова К.Д. [1], Бельського В.І. [2], Тотурбієва А.Б. [3], Гитман Г.Ф., Малкіної Т.Н., Милованова А.Ф. [4, 5], Десова А.Є. [6], Р. Фон дер Хейдена, Фріча П., Кріщаніца Р., Рампла Р. [7] та ін.

Збір правил розроблений НДІЗБ ім. Гвоздьова О.О. – інститутом ВАТ «НДЦ «Строительство»: керівник – д-р техн. наук, проф. Милованов А.Ф. Виконавці: д-ри техн. наук, проф. Кричевський А.П., Фомін С.А.; кандидати техн. наук Горячев В.Н., Жданова Н.П., Заславський І.М., Мілонов В.Н., Петров-Денисов В.Г., Самойленко В.Н., Соломонов В.В., Кузнецова І.С., інженери Хворих Е.М., Тарасова В.А., за участю ТОВ «УралНИИСтром» (канд. техн. наук. Ахтямов Р.Я.) [8].

Про необхідність створення ДБН свідчать також роботи по коксохімічній промисловості для фундаментів коксових батарей. Нелінійна модель введення-виведення для коксової батареї розглянута в роботі [9], розрахунок втрат тепла фундаментної плити при нерівномірних температурних профілях внутрішньої температури в [10], технічні тенденції в перепроєктуванні та будівництві коксових батарей викладені в [11], аналіз перенесення тепла в фундаментах проведено в [12]. В роботах [13-14] отримані температурні поля в залізобетонних конструкціях, виявлено нові особливості напружено-деформованого стану залізобетонних монолітних конструкцій фундаментів коксових батарей, одержані результати експериментальних досліджень, що виявили ряд нових особливостей роботи залізобетонних конструкцій і дозволили удосконалити характер армування, довести доцільність конструктивних рішень фундаментів з жаростійкого бетону без футерування борів.

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою проекту є створення нового національного нормативу ДБН «Бетонні та залізобетонні конструкції, що призначені для роботи за умов впливу підвищених і високих температур», що ґрунтуються на сучасних досягненнях науки, техніки та технології, передовому вітчизняному та зарубіжному досвіді проектування і будівництва та враховують вимоги національних, міжнародних і міждержавних нормативних документів і в той же час використовують теоретичні і експериментальні дослідження актуалізованої редакції СНиП 2.03.04-84.

Основні завдання стосуються макету ДБН: сфе-



ри застосування, термінів і визначень, загальних вказівок, розрахункових вимог, матеріалів для бетонних і залізобетонних конструкцій – бетону і арматури, розрахунку елементів бетонних і залізобетонних конструкцій на дію температури, розрахунку елементів бетонних і залізобетонних конструкцій за граничними станами першої групи, розрахунку за граничними станами другої групи і конструктивні вимоги.

Сфера застосування

Цей ДБН поширюється на проектування бетонних і залізобетонних конструкцій, що систематично зазнають дії підвищених (від 50 до 200 °C включно) і високих (понад 200 °C) технологічних температур, та зволоженню технічною парою.

Терміни і визначення

У даних нормах застосовані терміни зі зведення правил [8] і інших нормативних документів, на які є посилання в тексті.

Загальні вказівки

Бетонні і залізобетонні конструкції мають бути забезпечені необхідною надійністю щодо виникнення усіх видів граничних станів: розрахунком, вибором показників якості матеріалів, призначенням розмірів і конструюванням. При цьому мають бути виконані технологічні вимоги при виготовленні конструкцій і дотримані вимоги по експлуатації споруд і теплових агрегатів, а також вимоги з екології, що встановлюються відповідними нормативними документами.

Бетонні і залізобетонні конструкції, що призначені для роботи в умовах дії високих температур вище 200 °C, слід передбачати з жаростійкого бетону.

Несучі елементи конструкцій теплових агрегатів, що виконуються з жаростійкого бетону, переріз яких може нагріватися до температури вище 1000 °C, допускається приймати тільки після їх дослідної перевірки.

Циклічний нагрів – тривалий температурний режим, при якому в процесі експлуатації конструкція періодично піддається нагріву, що повторюється, з коливаннями температури більше 30 % розрахункового значення при тривалості циклів від 3 год до 30 діб.

Постійний нагрів – тривалий температурний режим, при якому в процесі експлуатації конструкція піддається нагріву з коливаннями температури до 30 % розрахункового значення.

Жаростійкі бетони в елементах конструкцій теплових агрегатів слід застосовувати відповідно до рекомендованого додатку А.

Класи жаростійкого бетону за гранично допустимою температурою застосування відповідно до ГОСТ 20910 залежно від виду в'язучого, заповнювачів, тонкомелених домішок і отверджувача

наведено в таблиці 5.1.

Основні розрахункові вимоги

Розрахунки бетонних і залізобетонних конструкцій слід виконувати за граничними станами, що включають:

- граничні стани першої групи (за повної непридатності до експлуатації внаслідок втрати несучої здатності);
- граничні стани другої групи (за непридатності до нормальної експлуатації внаслідок утворення або надмірного розкриття тріщин, появи неприпустимих деформацій).

При проектуванні бетонних і залізобетонних конструкцій надійність конструкції встановлюють розрахунком шляхом використання розрахункових значень навантажень і температур, розрахункових значень характеристик матеріалів, що визначені за допомогою відповідних часткових коефіцієнтів надійності за їх характеристичними значеннями з урахуванням класу відповідальності споруди або теплового агрегату.

Розрахунок конструкцій, що працюють в умовах дії підвищених і високих температур, повинен виконуватися на усі можливі несприятливі поєднання навантажень від власної ваги, зовнішнього навантаження і температури, з урахуванням тривалості їх дії і, у разі потреби, після охолодження.

Розрахунок конструкції з урахуванням дії підвищених і високих температур необхідно виконувати для таких основних розрахункових стадій роботи:

- короткочасний нагрів - перший розігрів конструкції до розрахункової температури;
- тривалий нагрів - дія розрахункової температури в період експлуатації.

Розрахунок статично визначених конструкцій за граничними станами першої і другої груп (за винятком розрахунку за утворенням тріщин) слід вести тільки для стадії тривалого нагріву. Розрахунок за утворенням тріщин необхідно виконувати для стадій короткочасного і тривалого нагріву з урахуванням зусиль, що виникають від розподілу температури бетону по висоті перерізу елементу.

Температура бетону в перерізах конструкцій від нагріву при експлуатації повинна визначатися теплотехнічним розрахунком теплового потоку, що встановився, при заданій за проектом розрахунковій температурі робочого простору або повітря виробничого приміщення.

При розрахунку міцності залізобетонних елементів на дію стискаючої подовжньої сили слід враховувати випадковий ексцентриситет еа, що приймається не менше: 1/600 довжини елементу або відстані між перерізами, закріпленими від зміщення; 1/10 висоти перерізу і не менше 10 мм.

Матеріали для бетонних і залізобетонних кон-



струкцій Бетон

Для бетонних і залізобетонних конструкцій, призначених для роботи в умовах дії підвищених і високих температур, слід передбачати:

звичайний бетон - конструкційний важкий бетон середньої густини від 2200 до 2500 кг/м³ включно за ГОСТ 25192;

жаростійкий бетон конструкційний і теплоізоляційний щільної структури середньої густини 900 кг/м³ і більше за ГОСТ 20910, склади яких наведено в табл. 5.1 (№ складів бетонів, клас бетону за гранично допустимої температури застосування, початкові матеріали - в'язуче, отверджувач, тонкомолота добавка, заповнювачі, найбільший клас бетону за міцністю на стиск, середня густина бетону природної вологості, кг/м³).

Жаростійкий бетон середньої щільності до 1100 кг/м³ включно слід передбачати переважно для несучих огорожувальних конструкцій і в якості теплоізоляційних матеріалів.

Жаростійкий бетон середньої густини більше 1100 кг/м³ слід передбачати для несучих конструкцій.

При проектуванні бетонних і залізобетонних конструкцій, що працюють в умовах дії підвищених і високих температур, залежно від їх призначення й умов роботи повинні встановлюватися показники якості бетону, основними з яких є:

- а) клас бетону за міцністю на стиск;
- б) клас звичайного бетону за міцністю на осьовий розтяг (призначається у випадках, коли ця характеристика має головне значення і контролюється на виробництві);
- в) клас жаростійкого бетону за гранично допустимою температурою застосування згідно з ГОСТ 20910 (повинен вказуватися в проєкті в усіх випадках);
- г) марка жаростійкого бетону за термічною стійкістю у водних θ_1 і в повітряних θ_2 теплових режимах (призначається для конструкцій, до яких висуваються вимоги з термічної стійкості);
- д) марка за водонепроникливістю W (призначається для конструкцій, до яких висуваються вимоги з обмеження водонепроникливості);
- е) марка за морозостійкістю F (призначається для конструкцій, що в період будівництва або при зупинці теплового агрегату можуть піддаватися епізодичній дії температури нижче 0 °C);
- ж) марка за середньою густиною D (призначається для конструкцій, до яких окрім конструктивних висуваються вимоги теплоізоляції, і контролюється при їх виготовленні).

Для бетонних і залізобетонних конструкцій,

призначених для роботи в умовах систематичної дії підвищених і високих температур, передбачають бетони:

а) класів за міцністю на стиск:

звичайний бетон складів №1 і №1а за табл. 5.1 - від $f_{ck(\theta)}$ 20 до $f_{ck(\theta)}$ 60;

жаростійкі бетони складів за табл. 5.1:

№ 2, 3, 6, 7 - від $f_{ck(\theta)}$ = 15 до $f_{ck(\theta)}$ = 50;

№ 10, 11, 21 - від $f_{ck(\theta)}$ = 15 до $f_{ck(\theta)}$ = 40;

№ 19, 20 - від $f_{ck(\theta)}$ = 15 до $f_{ck(\theta)}$ = 35;

№ 12, 13, 14, 15 - від $f_{ck(\theta)}$ = 12,5 до $f_{ck(\theta)}$ = 25;

№ 4, 5, 8, 9, 16-18, 23, 29 - від $f_{ck(\theta)}$ = 12,5 до $f_{ck(\theta)}$ = 20;

№ 24, 27, 30 - від $f_{ck(\theta)}$ = 2 до $f_{ck(\theta)}$ = 10;

№ 22, 24, 30, 32, 35-37 - від $f_{ck(\theta)}$ = 1 до $f_{ck(\theta)}$ = 5;

№ 25, 28, 31, 32, 34 - від $f_{ck(\theta)}$ = 1 до $f_{ck(\theta)}$ = 3,5;

№ 26, 33 - від $f_{ck(\theta)}$ 1 до $f_{ck(\theta)}$ = 2,5.

Для залізобетонних конструкцій з жаростійкого бетону, що працюють в умовах дії високих температур, рекомендується приймати клас бетону за міцністю на стиск не нижче $f_{ck(\theta)}$ = 12,5.

Для попередньо напружених залізобетонних конструкцій зі звичайного і жаростійкого бетонів, що працюють в умовах дії підвищених і високих температур, клас бетону за міцністю на стиск повинен прийматися залежно від виду і класу напруженої арматури, її діаметру і наявності анкерних пристроїв, але не менше $f_{ck(\theta)}$ = 25.

Деформаційні характеристики бетону

Основними деформаційними характеристиками бетону є значення:

граничних відносних деформацій бетону при осьовому стиску ε_{b0} і розтягу ε_{bt0} ;

початкового модуля пружності бетону E_b ;

коефіцієнта повзучості $\varphi_{b,cr}$;

коефіцієнта поперечної деформації (коефіцієнт Пуассона) $\nu_{b,p}$;

коефіцієнта лінійної температурної деформації α_{bt} ;

коефіцієнта температурної усадки бетону α_{cs} .

При розрахунку міцності, утворення і розкриття тріщин і деформацій залізобетонних конструкцій з урахуванням впливу температури за деформаційною моделлю для оцінки напружено-деформованого стану стиснутого бетону, як найбільш проста може бути використана двохлінійна діаграма стану бетону і трилінійна діаграма.

Арматура

Для армування температуростійких залізобетонних конструкцій застосовують арматуру, що відповідає вимогам відповідних державних стандартів ГОСТ 5781, ГОСТ 10884, ГОСТ 6727, ГОСТ 4543, ГОСТ 5949 і технічних умов СТО АСЧМ 7 [3], наступних класів і марок:

стрижнева арматурна сталь:

гарячекатана гладкого профілю класу А240, періодичного профілю з постійною і змінною висотою виступів (відповідно кільцевий і сер-



повідний профілі) класів: А300, А400, А500, А600, А800, А1000;

холоднодеформована періодичного профілю класу В500;

дротяна арматурна сталь:

холоднотягнута високоміцна гладка і періодичного профілю класів Вр1200 - Вр1500;

арматурні канати спіральні семидротні класів: К-1400(К-7), К-1500(К-7) і дев'ятнадцятидротні класу К-1500(К-19).

Для залізобетонних конструкцій з жаростійкого бетону при нагріві арматури вище 400 °С передбачають стрижневу арматуру і прокат з:

легованої сталі марки 30ХМ;

корозійностійких жаростійких і жароміцних сталей марок 12Х13, 20Х13, 08Х17Т, 12Х18Н9Т, 20Х23Н18, 45Х14Н14В2М.

Із-за розвитку пластичних деформацій і зміни структури сталі температура застосування арматури лімітується. У попередньо напруженій арматурі з підвищенням температури відбуваються додаткові втрати попереднього напруження, що ще більш обмежує допустиму температуру нагріву в попередньо напруженої арматури.

Деформаційні характеристики арматури

При дії температури основними деформаційними характеристиками арматури є значення відносних деформацій подовження арматури $\varepsilon_{s\theta}$ при досягненні напругою розрахункового опору $f_{sp,\theta}$ і модуля пружності арматури $E_{s,\theta}$ і коефіцієнта лінійного температурного розширення арматури $\alpha_{s\theta}$. Значення відносних деформацій арматури $\varepsilon_{s\theta}$ визначають як пружні при значенні опору арматури $R_{s\theta}$:

$$\varepsilon_{s\theta} = \frac{R_{st}}{E_{st}}. \quad (1)$$

Значення модуля пружності арматури E_s приймають однаковими при розтягу і стиску.

Вплив температури на зміни модуля пружності арматури враховують множенням модуля пружності арматури E_s на коефіцієнт β_s :

$$E_{s,\theta} = E_{s\beta s}. \quad (2)$$

В якості розрахункової діаграми стану (деформації) арматури, що встановлює зв'язок між напруженням $\sigma_{s\theta}$ і відносними деформаціями ε_s арматури, приймають двохлінійну діаграму, яку використовують при розрахунку залізобетонних елементів за деформаційною моделлю.

Розрахунок температури у бетоні залізобетонних конструкцій

Розрахунок розподілу температури в залізобетонних конструкціях роблять для теплового потоку, що встановився, шляхом розв'язання диференційного рівняння нестационарної теплопровід-

ності. Температуру арматури в перерізах залізобетонних конструкцій приймають рівній температурі бетону в місці її розташування.

Теплотехнічний розрахунок статично невизначених конструкцій, працюючих в умовах температурних дій, виконують на розрахункову температуру, що викликає найбільші зусилля.

Розрахунок зусиль від дії температури

Розрахунок статично невизначених залізобетонних конструкцій на дію температури виконують одним з методів будівельної механіки, шляхом послідовних наближень, з прийняттям дійсної жорсткості перерізів.

Розрахунок елементів бетонних і залізобетонних конструкцій за граничними станами першої групи

Бетонні елементи розраховують за міцністю на дію поздовжніх стискальних сил і на місцевий стиск при постійному нагріві і температурах вище гранично допустимих для застосування арматури.

Розрахунок за міцністю елементів бетонних конструкцій, що піддаються дії подовжньої стискальної сили і високих температур, повинен виконуватися для перерізів, нормальних до їх подовжньої осі без урахування опору бетону розтягнутої зони.

Розрахунок позацентрово-стиснутих елементів без урахування опору бетону розтягнутої зони виконують, приймаючи, що досягнення граничного стану характеризується руйнуванням стиснутого бетону.

Розрахунок залізобетонних елементів за міцністю

Розрахунок за міцністю залізобетонних елементів в умовах дії температури на дію згинаючих моментів, поздовжніх сил (позацентровий стиск або розтяг) виконують для перерізів, нормальних до їх поздовжньої осі, на основі граничних зусиль.

Перевірка міцності нормальних перерізів на основі деформаційної моделі

При розрахунку міцності в умовах дії температури зусилля і деформації в перерізі, нормальному до подовжньої осі елементу, визначають на основі деформаційної моделі, використовуючи рівняння рівноваги зовнішніх сил і внутрішніх зусиль в перерізі елементу з урахуванням зміни властивостей бетону і арматури від дії температури.

Розрахунок залізобетонних елементів на місцевий стиск

Розрахунок залізобетонних елементів на місцевий стиск (зминання) виконують при дії стискаючої сили, прикладеної на обмеженій площі нормально до поверхні залізобетонного елементу. При цьому враховують підвищений опір стиску бетону в межах вантажної площі (площі зминання) за рахунок об'ємного напруженого стану бето-



ну під вантажною площею, залежне від розташування вантажної площі на поверхні елементу.

Розрахунок залізобетонних елементів на продавлювання

Розрахунок на продавлювання виконують для плоских залізобетонних елементів (плит) при дії на них (нормально до площини елементу) місцевих, концентрованих докладених зусиль у вигляді зосереджених сили і згинального моменту.

При розрахунку на продавлювання розглядають розрахунковий поперечний переріз, розташований навколо зони передачі зусиль на елемент на відстані $0,5h_0$ нормально до його подовжньої осі, по поверхні якого діють дотичні зусилля від зосередженої сили і згинального моменту.

Розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за граничними станами другої групи

Розрахунки за граничними станами другої групи включають:

- розрахунок на розкриття тріщин;
- розрахунок за деформаціями.

Розрахунок на утворення тріщин виконують для перевірки необхідності розрахунку на розкриття тріщин, а також для перевірки необхідності урахування тріщин при розрахунку за деформаціями.

Розрахунок залізобетонних елементів на розкриття тріщин

Розрахунок залізобетонних елементів на розкриття тріщин виконують в тих випадках, коли згинальний момент від зовнішнього навантаження і температури M відносно осі, нормальної до площини дії моменту і приведенного поперечного перерізу елементу, що проходить через центр ваги, більше згинального моменту $M_{ст}$, що сприймається нормальним перерізом елементу при утворенні тріщин.

Ширина розкриття тріщин $a_{ст}$ від дії зовнішнього навантаження і температури не повинна перевищувати гранично допустиму ширину розкриття тріщин, що приймають рівною:

- а) з умови забезпечення збереження арматури:
 - 0,3 мм - при тривалому розкритті тріщин;
 - 0,4 мм - при нетривалому розкритті тріщин;
- б) з умови обмеження проникливості конструкцій:
 - 0,2 мм - при тривалому розкритті тріщин;
 - 0,3 мм - при нетривалому розкритті тріщин.

Розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за деформаціями

Розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за деформаціями виконують з урахуванням експлуатаційних вимог, що пред'являються до конструкцій.

Розрахунок за деформаціями слід виконувати на дію:

- постійних, тимчасових тривалих і короткочасних навантажень і короткочасного нагріву при обмеженні деформацій технологічними або конструктивними вимогами;
- постійних і тимчасових тривалих навантажень і тривалого нагріву при обмеженні деформацій естетичними вимогами.

Розрахунок залізобетонних елементів за прогинами

Розрахунок залізобетонних елементів за прогинами виконують з умови: прогин залізобетонного елементу від дії зовнішнього навантаження і температури не повинен перевищувати значення гранично допустимого прогину залізобетонного елементу.

При дії постійних, тривалих і короткочасних навантажень і короткочасного і тривалого нагріву прогин балок або плит в усіх випадках не повинен перевищувати $1/150$ прольоту і $1/75$ вильоту консолі.

Визначення кривизни залізобетонних елементів на основі деформаційної моделі

Значення кривизни визначають із рішення системи рівнянь. При цьому при визначенні кривизни від нетривалої дії навантаження і короткочасного нагріву в розрахунку використовують діаграми короткочасної деформації стиснутого і розтягнутого бетону, а при визначенні кривизни від тривалої дії навантаження і температури – діаграми тривалої деформації бетону з розрахунковими характеристиками для граничних станів другої групи.

Конструктивні вимоги

Для забезпечення несучої здатності, придатності до нормальної експлуатації і довговічності бетонних і залізобетонних конструкцій окрім вимог, визначуваних розрахунком, слід виконувати конструктивні вимоги: з геометричних розмірів елементів конструкцій; з армування (вмісту і розташуванню арматури, товщині захисного шару бетону, анкерування і з'єднанням арматури); із захисту конструкцій від несприятливого впливу дій середовища.

Армування

Арматура, що розташована усередині перерізу конструкції, повинна мати захисний шар бетону (дотична відстань від поверхні арматури до відповідної грані конструкції), щоб забезпечувати:

- спільну роботу арматури з бетоном;
- захист арматури від зовнішніх дій (технологічних, температурних, вологості і так далі);
- можливість анкерування і стикування арматури;
- вогнестійкість і вогнезахист конструкцій.

Товщину захисного шару бетону слід приймати залежно від призначення конструкції, характеру



роботи арматури в конструкції і температури. Мінімальні значення товщини захисного шару бетону слід приймати не менше:

20 мм - для робочої арматури в монолітних конструкціях;

15 мм - для робочої арматури у збірних конструкціях;

на 5 мм менше - для конструктивної арматури, в порівнянні з необхідною товщиною захисного шару бетону для робочої арматури;

у всіх випадках - не менше діаметру арматурного стрижня.

Мінімальна товщина захисного шару бетону має бути при температурі арматури:

від 50 до 100 °C включно1,5d;

від 100 до 300 °C включно2,0d;

від 300 °C включно 2,5d.

Вимоги, що вказуються в проектах

У робочих кресленнях конструкцій або в пояснювальній записці до проекту мають бути вказані:

найбільша температура нагріву конструкції при експлуатації, прийнята в розрахунок;

вид і клас бетону за гранично допустимою температурою застосування;

клас бетону за міцністю на стиск і необхідна міцність бетону при температурі під час експлуатації;

види (класи) арматури і марка жаростійкої сталі;

вид зволоження бетону і його періодичність при експлуатації;

міцність бетону при відпустці збірних елементів підприємством-виробником;

способи обетонування стиків і вузлів, марка і склад розчину для заповнення швів у стиках елементів.

ВИСНОВКИ

За наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України здійснено перевіряння СНиП 2.03.04-84. Ці норми і правила поширюються на проектування бетонних і залізобетонних конструкцій, що призначені для роботи в умовах систематичного впливу підвищених і високих технологічних температур. Запропоновано розробити нормативний акт на заміну СНиП 2.03.04-84 зі зміною статусу на ДБН. Метою проекту є створення нового національного нормативного акту, що ґрунтується на сучасних досягненнях науки, техніки та технології, передовому вітчизняному та зарубіжному досвіді проектування і будівництва і в той же час використовує теоретичні і експериментальні дослідження актуалізованої редакції СНиП 2.03.04-84. Цей нормативний акт вкрай необхідний для розвитку національного виробництва України.

Наведено основні завдання, що стосуються ма-

кету ДБН.

ЛІТЕРАТУРА

1. Некрасов К.Д. Огнеупорные бетоны, их свойства и применение / К.Д. Некрасов. – М.-Л.: Стройиздат, 1949. – С. 162-164.
2. Бельский В.И. и др. Строительство промышленных печей и труб из жаростойкого бетона / Бельский В.И. – М.: Госстройиздат, 1962. – 268 с.
3. Тотурбиев А.Б. Влияние поровой структуры на шлакоустойчивость жаростойкого цирконового бетона на полисиликатнатриевом композиционном вяжущем / Тотурбиев А.Б. // Бетон и железобетон. – 2011. – №4. – С. 10-13.
4. Гитман Г.Ф. Прочность жаростойкого бетона на сжатие при нагреве / Гитман Г.Ф., Малкина Т.Н., Милованов А.Ф. // в кн.: Жаростойкий бетон и железобетон и области их эффективного применения. – Волгоград: ВИИГХ, 1969.
5. Милованов А.Ф. Жаростойкий железобетон / Милованов А.Ф. - М.: Госстройиздат, 1963. – 234 с.
6. Десов А.Е. Кубиковая и призмная прочность бетона при повышенных температурах. Бетоны для атомных реакторов. Т.П. / Десов А.Е., Некрасов К.Д., Милованов А.Ф. // Американский институт бетона. Специальная публикация SP-34. Детройт—Мичиган, 1972.
7. Новое поколение огнеупорных бетонов, не содержащих цемента / [Р. фон дер Хейде, П.Фрич, Р. Кришаниц, П. Рампл] // Цемент и его применение. – 2012. – №1. – С. 200-204.
8. СП 27.13330.2011. Свод правил «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур». Актуализированная редакция СНиП 2.03.04-84.
9. Bénard C., Berekdar S., Duhamel C. & Rosset M.-M. (1989, 1990). Input-output nonlinear model of a coke oven battery. Control Applications of Nonlinear Programming and Optimization. — P. 95-99.
10. Choi S. & Krarti M. (1996). Slab heat loss calculation with non-uniform inside air temperature profiles. Energy Conversion and Management. – Vol. 37, Is. 9. – P. 1435-1444.
11. 98/03564 Technical trends in the redesign and construction of coke oven batteries and units for dry quenching of coke. Fuel and Energy Abstracts. – September 1998. – Vol. 39, Is. 5. – P. 336.
12. Smolka J., Slupik L., Fic A., Nowak A.J. &



Kosyrczyk L. (2015). CFD analysis of the thermal behaviour of heating walls in a coke oven battery. *International Journal of Thermal Sciences* – Vol. 104. – P. 186-193.

13. Исследования в области жаростойкого бетона: сборник научных трудов / НИИ бетона и железобетона; под ред. Б.А. Крылова. – Москва: Стройиздат, 1981. – 119 с.
14. Справочник коксохимика: в 6-ти томах. Том 5. Коксохимическое производство. Проектирование, сооружение и ввод в эксплуатацию. Экологическая и промышленная безопасность; ред. А.М. Кравченко, Л.Н. Борисова. - Харьков: ФЛП Данилко Н.С., 2016. – 552 с.

REFERENCES

1. Nekrasov, K.D. (1049). *Ohneupornye betony, ykh svoystva i primeneniye* [Heat-resistant concretes, their properties and application]. – Moskva; Leningrad: Stroyizdat, 1949. – 164 p.
2. Bel'skiy V.Y. and other (1962). *Stroytel'stvo promyshlennykh pechey y trub yz zharostoykoho betona* [Building of industrial stoves and pipes from a heat-resistant concrete]. – M.: Hosstroyizdat. – 268 p.
3. Toturbiev A.B. (2011). *Vliyanie porovoy struktury na shlakoustoychivost' zharostoykoho tsyrkonovoho betona na polysilykatnatryevom kompozitsionnom vyazhushchem* [Influence of porous structure on slag stability of heat-resistant zircon concrete on polysilicate sodium composition astringent]. *Beton i zhelezobeton – Concrete and reinforced concrete*. – №4. – P. 10-13.
4. Hytman H.F., Malkyna T.N., Mylovanov A.F. (1969). *Prochnost' zharostoykoho betona na szhatye pry nahreve* [Durability of heat-resistant concrete on a compression at heating]. – V kn.: *Zharostoykyy beton y zhelezobeton y oblasti ykh effektivnoho primeneniya*. – in book *Heat-resistant concrete and reinforced concrete and their effective application domains*. - Volhohrad, VYHKh.
5. Mylovanov A.F. (1963). *Zharostoykyy zhelezobeton* [Heat-resistant reinforced concrete]. Moskva: Hosstroyizdat. – 234 p.
6. Desov A.E., Nekrasov K.D. & Mylovanov A.F. (1972). *Kubikovaya y pryzmennaya prochnost' betona pry povyshennykh temperaturakh. Betony dlya atomnykh reaktorov. T. II*. [Cube and prism durability of concrete at enhanceable temperatures. Concretes for atomic reactors. Vol. II]. *Amerikanskyy ynstytut betona. Spetsyal'naya publikatsiya SP-34*. – American Concrete Institute. Special publication. Detroit—Mychyan.
7. R. fon der Kheyde, Frych P., Kryshchanyts R. & Rampl P. (2012). *Novoe pokoleniye ohneupornykh betonov, ne soderzhashchykh tsementa* [New generation of heat-resistant concretes, not containing cement]. *Tsement y ego primeneniye – Cement and its application*. – № 1. – P. 200-204.
8. SP 27.13330.2011 *Svod pravyl Betonnye y zhelezobetonnye konstruksyy, prednaznachennyye dlya raboty v usloviyakh vozdeystviya povyshennykh y vysokikh temperatur*. Aktualizirovannaya redaktsiya SNyP 2.03.04-84 [A vault governed «Concrete and reinforce-concrete constructions intended for work in the conditions of influence of enhanceable and high temperatures». Actualized release SNyP 2.03.04-84.
9. Bénard C., Berekdar S., Duhamel C. & Rosset M.-M. (1989, 1990). *Input-output nonlinear model of a coke oven battery. Control Applications of Nonlinear Programming and Optimization*. — P. 95-99.
10. Choi S. & Krarti M. (1996). *Slab heat loss calculation with non-uniform inside air temperature profiles. Energy Conversion and Management*. – Vol. 37, Is. 9. – P. 1435-1444.
11. 98/03564 *Technical trends in the redesign and construction of coke oven batteries and units for dry quenching of coke. Fuel and Energy Abstracts*. – September 1998. – Vol. 39, Is. 5. – P. 336.
12. Smolka J., Slupik L., Fic A., Nowak A.J. & Kosyrczyk L. (2015). CFD analysis of the thermal behaviour of heating walls in a coke oven battery. *International Journal of Thermal Sciences* – Vol. 104. – P. 186-193.
13. *Yssledovaniya v oblasti zharostoykoho betona: sbornik nauchnykh trudov; pod red. B.A. Krylova* [Researches in area of heat-resistant concrete: collection of scientific works; under a release M.A. Krylova] / *NIi betona i zhelezobetona– SRI of concrete and reinforced concrete*. Moskva: Stroyizdat, 1981. – 119 p.
14. *Spravochnik koksohymyky: v 6-ty tomakh. Tom 5. Koksohymicheskoe proyzvodstvo. Proektyrovaniye, sooruzheniye y vvod v ekspluatatsiyu. Ekologicheskaya y promyshlennaya bezopasnost'; red. A.M. Kravchenko, L.N. Borysova* [Reference book of cocschemist: in 6 volumes. Vol. 5. Cocs chemical production. Planning, building and putting into an operation. Ecological and industrial safety]; release A.M. Kravchenko, L.N. Borysova. - Khar'kov: FLP Danylo N.S., 2016. – 552 p.



АВТОРЫ



ПАРУТА В.А.

Канд. техн. наук,
доцент, Одесская
государственная
академия
строительства и
архитектуры



БРЫНЗИН Е.В.,

Канд. техн. наук,
начальник отдела
маркетинга
ООО «ЮДК»

НОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ ШТУКАТУРНЫХ РАСТВОРОВ

УДК 691.55

АННОТАЦИЯ

Причиной трещинообразования и развития трещин в контактной зоне кладки со штукатурным покрытием является его усадка, деформация кладки, воздействие влаги, льда и агрессивных веществ. Для решения проблемы предложены концепции: эластичного штукатурного покрытия, демпфирующей прослойки, объединенная.

Reason of cracks origin and development of cracks in the contact area of laying with clout coverage is shrinkage, deformation of laying, influence of moisture, ice and aggressive matters. For the decision of problem conceptions are offered: elastic clout coverage, antivibration layers, incorporated.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

система «кладка - штукатурное покрытие», контактная зона между ними, концепции и критерии для проектирования свойств и составов штукатурных растворов

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение доли высотного строительства и широкое применение автоклавного газобетона требуют переосмысления подхода к проектированию свойств и составов штукатурных растворов. Необходимость вызвана тем, что воздействия и нагрузки на штукатурное покрытие, находящееся на 24 этаже здания, кардинально отличаются от тех, которые испытывает такое же покрытие на 1-3 этажах (рис. 1).

Необходимо учитывать и то, что изменяется и основной кладочный материал, применяемый при возведении многоэтажных зданий. В основном на территории Украины для этого используют автоклавный газобетон со средней плотностью 150...600 кг/м³, свойства которого (прочность при сжатии, модуль упругости, температурные деформации) значительно отличаются от свойств традиционных стеновых материалов (кирпича керамического и силикатного, блоков из легкого бетона и горных пород).

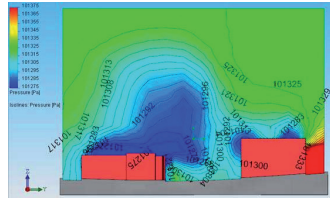
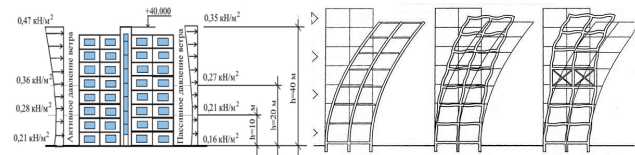


Рис. 1. Изменение воздействий и нагрузок на штукатурное покрытие с увеличением высоты здания

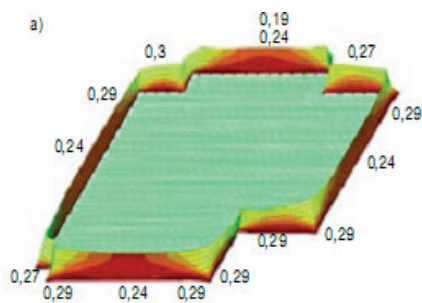


Рис. 2. Напряжения в облицовке из кирпича керамического и вызванные ими трещины

Отказ от учета этого уже имел плачевные последствия при устройстве многослойных стен с облицовкой кирпичом керамическим (рис. 2).

Решить поставленную задачу в рамках существующих представлений и принципов невозможно. Они применимы для растворов, эксплуатируемых в малоэтажном строительстве. Нормативные требования, предъявляемые к штукатурным растворам для стен из автоклавного газобетона, также этого не учитывают, они противоречивы и, по нашему мнению, не обоснованы. Так, например, прочность при сжатии должна составлять 1,5...7,5 МПа (Россия), 2,5 МПа (Украина) и 10 МПа (Германия). Прочность на изгиб должна составлять 1...1,25 МПа (Украина) и 2 МПа (Россия). Величина адгезии к газобетонной кладке должна составлять 0,15...3 МПа (Россия) и 0,5 МПа (Украина).

Для достижения требуемых целей необходима разработка новых базовых принципов проектирования свойств и составов штукатурных растворов, базирующихся на учете напряженно-деформированного состояния стеновой конструкции. Для этого необходимы знания процессов разрушения системы «кладка - штукатурное покрытие», расчет её напряженного состояния и

проектирование свойств и составов штукатурных растворов, способных работать при максимальном уровне таких напряжений.

Долговечность стеновой конструкции в значительной мере зависит от количества дефектов в штукатурном покрытии и контактной зоне между ним и кладкой. Разрушение системы «кладка - покрытие» обусловлено накоплением и развитием микро- и макротрещин, в ней. Для оценки ресурса работы системы необходимо знание процессов зарождения, накопления повреждений и роста макротрещин. Необходимы определение внутренних и внешних факторов, степень их воздействия, расчет напряженного состояния и проектирование свойств и составов штукатурных растворов, способных работать при максимальном уровне таких напряжений.

МЕХАНИЗМ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ КОНТАКТНОЙ ЗОНЫ «КЛАДКА - ШТУКАТУРНОЕ ПОКРЫТИЕ»

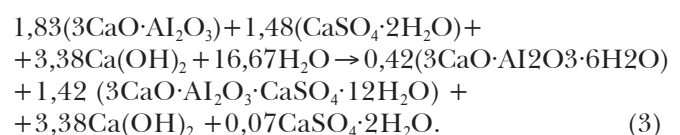
Для управления формированием контактной зоны необходимо рассмотреть происходящие в ней процессы. Кладка из автоклавного газобетона обладает высоким капиллярным потенциалом из-за значительного объема пор (520 мм³/г) и их высокой удельной поверхности (22...34 м²/г) [1]. При нанесении известково-цементной растворной смеси на кладку из-за ее низкой водоудерживающей способности происходит отсасывание жидкости из нее лиофильными порами и капиллярами материала кладки (рис. 1 а, б, в). Скорость заполнения поры (v) определяется уравнением Пуазейля:

$$v = -\frac{r^2 \Delta p}{8\eta l}, \quad (1)$$

где l - длина участка впитавшейся жидкости, η - ее вязкость, Δp - перепад давления на участке l , равный капиллярному давлению мениска:

$$\Delta p = -2\sigma_{12} \cos \theta / r. \quad (2)$$

Поэтому растворение цемента и образование пересыщенного раствора происходит при пониженном содержании воды. Из-за этого происходит неполная гидратация цемента, образуются неравновесные, метастабильные новообразования типа:



Потеря воды приводит также к усадке штукатурного раствора (пластической и гидра-

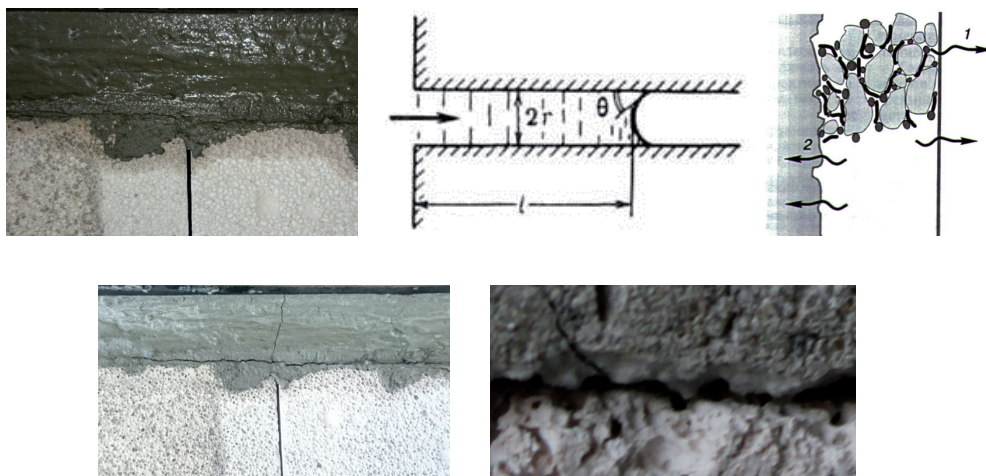


Рис. 3. Трещинообразование: в контактной зоне «кладка - покрытие»

тационной): гидратационная - 0,3...0,8 мм (в среднем 0,4...0,5 мм/м), пластическая - 2...5 мм/м [2]. В результате, в контактной зоне «кладка - покрытие» образуются трещины и полости (рис. 3 г, д).

При эксплуатации они развиваются и объединяются в магистральную трещину. Причинами развития трещин в контактной зоне являются деформации кладки (температурные, влажностные) (рис. 4) [3, 4], разность деформаций штукатурного покрытия и кладки, воздействия влаги, льда и агрессивных веществ.

Величину линейных изменений размеров кладки при температурных воздействиях определяют из выражения [5]:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha_t \cdot \Delta t; \quad (4)$$

$$\Delta t = t_2 - t_1, \quad (5)$$

где: ΔL - относительное удлинение или сокращение стеновой конструкции; L_0 - длина стеновой конструкции на момент возведения;

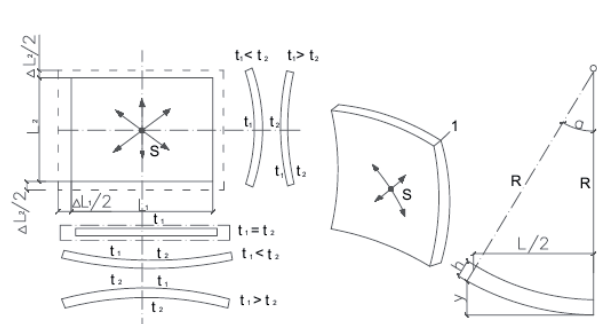


Рис. 4. Температурные и влажностные деформации кладки (а, в) и напряжения в ней (б)

α_t - коэффициент температурного расширения автоклавного газобетона, $\alpha_t = 8 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ [1, 5], Δt - изменение температуры стеновой конструкции; t_1 - температура окружающей среды в момент возведения газобетонной кладки; t_2 - максимальная и минимальная температуры, воздействию которых подвергается стеновая конструкция в летний и зимний периоды.

Зимой, при -20°C , для кладки, выполненной летом при температуре

$+30^\circ\text{C}$, при коэффициенте температурного расширения газобетонной кладки $8 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$ и изменении температуры от $+30$ до -20°C , т.е. $\Delta t = 50^\circ\text{C}$, полная деформация сжатия составит:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha_t \cdot \Delta t = 8 \cdot 0,000008 \cdot 50 = 0,0032 \text{ м} = 3,2 \text{ мм}; \quad \Delta t = 50^\circ\text{C}.$$

Летом, при нагреве до $+80^\circ\text{C}$ [1], деформация расширения составит:

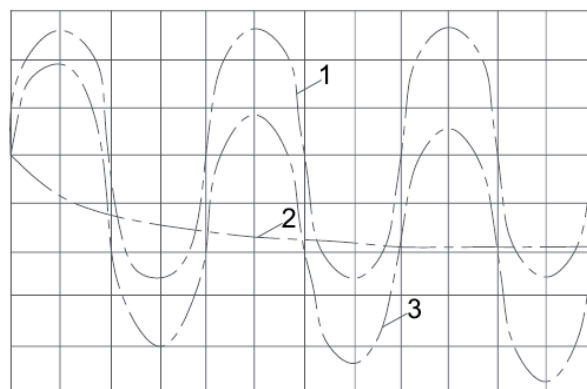


Рис. 5. Температурные (1), усадочные (2) и суммарные деформации (3) стеновой конструкции при эксплуатации

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha_t \cdot \Delta t = 8 \cdot 0,000008 \cdot 50 = 0,0032 \text{ м} = 3,2 \text{ мм}; \quad \Delta t = 50^\circ\text{C}.$$

В общем виде графики деформации стеновой конструкции показаны на (рис. 5). Наибольшие деформации расширения проявляются летом, а для зимы характерны самые большие деформации сжатия.

Кладка и штукатурное покрытие имеют разные по величине температурные деформации. Зимой деформация сжатия штукатурно-



го раствора (цементный раствор 1:4) составит 0,55 мм/м, а полная деформация штукатурного покрытия, например, стены длиной 8 м:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha_i \cdot \Delta t = 8 \cdot 0,0000104 \cdot 50 = 0,0044 \text{ м} = 4,4 \text{ мм};$$

$$\Delta t = 50^\circ \text{C}.$$

Деформация сжатия штукатурного раствора (сложный раствор) составит 0,3 мм/м, а полная деформация штукатурного покрытия:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha_i \cdot \Delta t = 8 \cdot 0,000006 \cdot 50 = 0,0024 \text{ м} = 2,4 \text{ мм};$$

$$\Delta t = 50^\circ \text{C}.$$

Летом деформация расширения штукатурного раствора (цементный раствор 1:4) составит 0,55 мм/м, а полная деформация штукатурного покрытия:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha_i \cdot \Delta t = 8 \cdot 0,0000104 \cdot 50 = 0,0044 \text{ м} = 4,4 \text{ мм};$$

$$\Delta t = 50^\circ \text{C}.$$

Деформация расширения штукатурного раствора (сложный раствор) составит 0,3 мм/м, а полная деформация:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha_i \cdot \Delta t = 8 \cdot 0,000006 \cdot 50 = 0,0024 \text{ м} = 2,4 \text{ мм};$$

$$\Delta t = 50^\circ \text{C}.$$

Деформации расширения или сжатия вызывают напряжения (σ) в кладке и штукатурном покрытии, которое можно определить, преобразовав уравнение:

$$\Delta L : L_0 = \sigma : E, \quad (6)$$

где: ΔL - относительное удлинение или сокращение стеновой конструкции; L_0 - длина стеновой конструкции на момент возведения; σ - напряжения в Н/мм²; E - модуль упругости в Н/мм² [5].

Деформации кладки (рис. 6а), разность деформаций и модулей упругости ее и штукатурного покрытия, являются причиной деформаций сдвига в контактной зоне «кладка - штукатурное

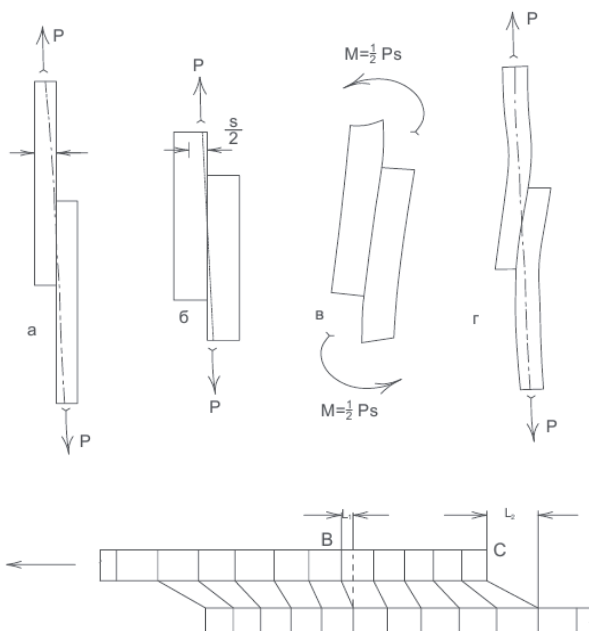


Рис. 6. Изгиб стеновой конструкции (а) и деформации сдвига в контактной зоне «кладка - покрытие» (б)

покрытие» (рис. 6а, б).

Как следствие, в контактной зоне между ними возникают напряжения сдвига (τ) (рис. 7), которые предопределяют развитие трещины в контактной зоне:

$$\tau = [\Delta T_1 \alpha_1 - \Delta T_2 \alpha_2] \left[\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right], \quad (7)$$

где: τ - напряжение сдвига от температурных деформаций, кгс/см²; $\Delta T_1, \Delta T_2$ - разность температур в момент устройства и эксплуатации штукатурного покрытия и кладки, °С; α_1, α_2 - коэффициент температурного расширения кладки и штукатурного покрытия; E_1, E_2 - модули упругости кладки и штукатурного покрытия, кгс/см².

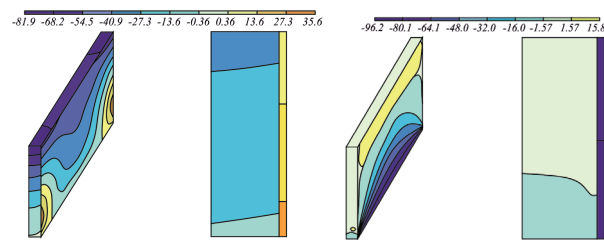


Рис. 7. Температурные деформации (а) и напряжения сдвига (б) в контактной зоне «кладка - покрытие».

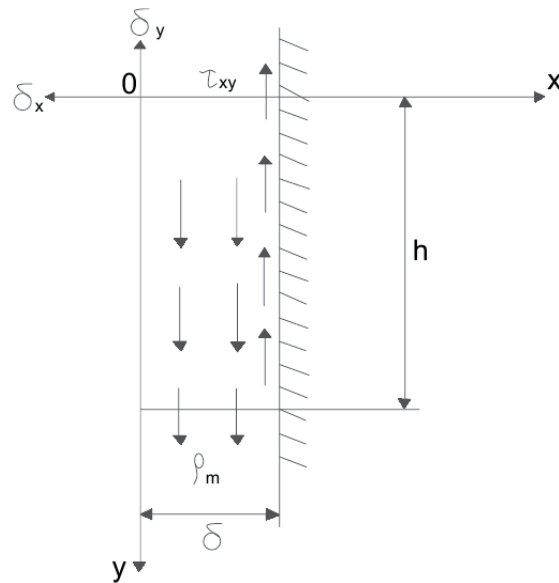


Рис. 8. Касательные напряжения в контактной зоне «кладка - покрытие» из-за массы покрытия

На поле напряжений, возникающем в контактной зоне, из-за разности температурных и влажностных деформаций накладываются касательные напряжения (τ_k) из-за массы штукатурного покрытия (рис. 8) [6].

$$\tau_k = \rho \cdot \left(-\frac{1,5 \cdot \delta^3}{h^2} - 4 \cdot \delta \right), \quad (8)$$

где: δ - толщина штукатурного покрытия, м; ρ - средняя плотность штукатурного раствора, кг/м³;



τ_k - напряжения в контактной зоне; h - высота штукатурного покрытия, м;

Разрушение контактной зоны обусловлено действием как тангенциальных напряжений, так и растягивающими усилиями в перпендикулярном направлении к плоскости стены. Напряжения распределены неравномерно, поэтому участкам, подвергающиеся более высоким напряжениям, разрушаются в первую очередь, уменьшая тем самым прочность всей контактной зоны в целом. Эти напряжения могут превысить адгезионную прочность, и тогда происходит старт магистральной трещины.

Этот процесс включает зарождение и развитие микротрещин в зоне предразрушения и их объединение в макротрещину. Основной причиной ее развития является изменение деформации и напряжения в вершине трещины, возникающие при увлажнении и нагревании стеновой конструкции, замораживании и оттаивании влаги, находящейся в трещине. При нагревании или увлажнении или при их совместном воздействии, происходит рост деформаций, что приводит к увеличению радиуса кривизны вершины трещины. До тех пор, пока уровень напряжений будет меньше предельного значения адгезионной прочности, трещина не растет. При дальнейшем росте деформации напряжения в устье трещины превзойдут предельный уровень, что приведет, к ее подрастанию (рис. 9).

На обратном ходе цикла нагружения (снижении температуры или влажности), происходит частичное восстановление геометрии вершины трещины и размера упругопластической зоны, однако, в дальнейшем трещина увеличивает свою длину.

Разрушение имеет усталостный характер, при относительно низком уровне напряжений и частой их цикличности. Это связано с характером разрушающей нагрузки и тем, что и в процессе возникновения трещины и ее распространения участвует пластическая деформация из-за наличия цементного геля, так как в противном случае ничто не останавливало бы трещину от бесконечного роста во время одного цикла нагружения. Трещина может остановиться на некоторое вре-

мя, так как не хватает энергии на обеспечение динамического роста, но в дальнейшем происходит ее развитие. Скорость развития магистральной трещины (dl/dN) определяется уравнением [7]:

$$dl/dN = A(\Delta K)^n, \quad (9)$$

где: N - число циклов; A и n - эмпирические коэффициенты, $n = 2 - 7$, с увеличением хрупкости материала n увеличивается; $\Delta K = K_{max} - K_{min}$ - перепад коэффициента интенсивности напряжений за один цикл. Коэффициент интенсивности напряжений цементного раствора в зависимости от В/Ц отношения имеет следующие значения: при В/Ц=0,35...0,67 коэффициент интенсивности напряжений составляет 0,8...0,41.

Влага также способствует развитию магистральной трещины. Причин появления влаги в контактной зоне несколько. Это и наличие на фасаде плотной, с низкой паропроницаемостью штукатурки, что приводит к конденсации и накоплению парообразной влаги, идущей из помещения, между штукатурным слоем и наружной плоскостью кладки. Атмосферная влага проникает через трещины (более 0,2 мм) в контактную зону благодаря гидрофильности материала, а также кинетической энергии, которой она обладает, скатываясь по плоскости стены [8]. Попадая в трещину, вода получает повышенную плотность и вязкость, а ее упругость становится равной упругости материала. Упругость влаги повышается к вершине трещины и в результате увеличивается расклинивающее действие влаги. В устье магистральной трещины возникают растягивающие напряжения (рис. 10а), что приводит к значительному снижению адгезионной прочности и дальнейшему развитию магистральной трещины в контактной зоне.

При минусовых температурах в зимнее время развитие магистральной трещины в контактной зоне интенсифицируется из-за образования льда. Влажность газобетона возле контактной зоны может достигать 46%. Несмотря на высокую морозостойкость газобетона, при влажности более 30% и минусовых температурах наступает его разру-

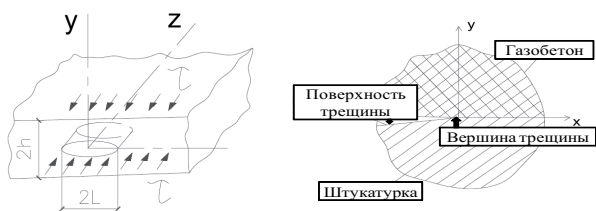


Рис. 9. Старт магистральной трещины в контактной зоне «кладка-покрытие»

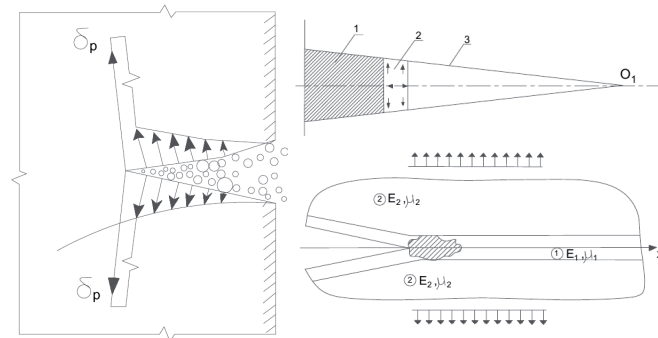


Рис. 10. Развитие магистральной трещины в контактной зоне под воздействием воды (а) и льда (б, в)



шение [9]. Отслоение штукатурного покрытия происходит за счет образования льда в контактной зоне, либо за счет постепенного разрушения материала кладки в зоне, расположенной рядом с контактной зоной (рис. 10 б, в) [8].

В результате, на фасаде образуется большое количество макротрещин в контактной зоне, которые постоянно развиваются. На определенном этапе они объединяются в одну магистральную трещину, образуя полость, что приводит к отслоению штукатурного покрытия от кладки (рис. 11).



Рис. 11. Разрушение и отслоение штукатурного покрытия от газобетонной кладки

Предварительное грунтование или увлажнение газобетонной кладки перед нанесением штукатурной смеси малоэффективно, так как не предотвращает испарение влаги из штукатурки со стороны фасада, а поэтому существенно не влияет на основные свойства раствора.

Для того, чтобы избежать деструктивных процессов, разработаны теоретические предпосылки. Штукатурный раствор следует рассматривать как покрытие, связанное с кладкой через контактную зону. Ранее мы рассматривали процессы, протекающие в штукатурном покрытии, а в этой работе акцентируем внимание на формировании качественной контактной зоны. Необходимо использовать компоненты смеси в нужном количестве с учетом процессов, протекающих в контактной зоне при твердении штукатурного покрытия и разрушении системы «кладка - покрытие» при эксплуатации. Их использование должно обеспечить уровень напряжений в контактной зоне, меньших, чем разрушающие, необходимо также уменьшить трещинообразование и замедлить развитие образовавшихся трещин.

Ранее превалировала точка зрения, что штукатурные растворы должны иметь высокую адгезию к кладке. Однако, если прочность штукатурного раствора будет больше прочности материала кладки, то это приведет к когезионному разрушению, то есть по материалу кладки.

Автором предложены три концепции для решения проблемы: эластичного штукатурного покрытия, демпфирующей прослойки между кладкой и штукатурным покрытием, а также объединенная, по которой эластичными должны быть как штукатурное покрытие, так и контактная зона.

Концепция эластичного штукатурного покрытия исходит из того, что деформации кладки (температурные, усадочные и др.) компенсируются за счет эластичности (упругой растяжимости) штукатурного покрытия, для чего материал, имеющий адгезионное сцепление с основанием, должен обладать достаточным удлинением. Заданная величина относительного удлинения будет перекрывать деформации кладки, предотвращать образование и развитие трещин, исключая разрушение штукатурного покрытия. При этом предпочтительно, чтобы материал работал в упругой стадии и имел величину остаточного относительного удлинения.

Концепция демпфирующего слоя предполагает, что при деформации кладки растягивающие усилия воспринимаются за счет эластичности контактной зоны между кладкой и покрытием. И в этом случае прочность на разрыв штукатурного покрытия также должна превышать растягивающие в нем напряжения. Но основной демпфирующий эффект берет на себя уже контактная зона. Для штукатурных покрытий наружных стен существует условие отсутствия растрескивания и отслаивания в условиях эксплуатации, которое сводится к тому, что адгезионная прочность должна быть выше внутренних усадочных напряжений в покрытии и ниже предела прочности при растяжении материала покрытия. В связи с этим для повышения его трещиностойкости необходимо формирование эластичной контактной зоны в виде прослойки из материала с высокой эластичностью. Этого можно добиться целенаправленным формированием контактной зоны «кладка - покрытие» или предварительным нанесением на кладку полимерцементной смеси с увеличенным содержанием редиспергируемого полимерного порошка.

Объединенная концепция предусматривает формирование как эластичного штукатурного покрытия, так и контактного слоя между кладкой и покрытием.

Для обеспечения реализации концепций формализованы критерии требований к штукатурному покрытию:

1. Проверка прочности сцепления штукатурного слоя с кладкой выполняется по формуле, определяющей величины напряжения при растяжении:

$$\sigma = \frac{F_k}{A_k} \leq R_a, \quad (10)$$



где: F_k – реакция в податливой связи метода конечных элементов, кН; A_k – площадь элемента, м²; R_a – расчетный предел прочности сцепления штукатурного покрытия с газобетонным основанием, кПа.

2. Сдвигающее напряжение (τ) должно быть меньше прочности сцепления покрытия с кладкой:

$$\tau = [\Delta T_1 \alpha_1 - \Delta T_2 \alpha_2] / \left[\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right], \quad (11)$$

где: τ – напряжение сдвига от температурных деформаций, кгс/см²; ΔT_1 , ΔT_2 – разность температуры штукатурного покрытия и кладки, °С; α_1 , α_2 – коэффициент термического расширения кладки и штукатурного покрытия; E_1 , E_2 – модули упругости кладки и штукатурного покрытия, кгс/см²;

Используя эти концепции и критерии, мы получаем основу для управления качеством контактной зоны в системе «кладка – покрытие».

Способы реализации теоретических предпосылок

Для обеспечения оптимальных условий твердения, предотвращения трещинообразования в контактной зоне, растворная смесь должна иметь высокую водоудерживающую способность. Для этого в смесь необходимо вводить известь, взамен части цемента, известняковую муку, эфиры целлюлозы и редиспергируемые полимерные порошки. В результате получаем цементно-полимерную массу, по реологическим параметрам приближающуюся к мастикам. Теперь для формирования качественной контактной зоны можно использовать высокий капиллярный потенциал материала кладки. Это обеспечит присасывание вязкой массы при помощи всасывающего давления (ΔP), которое можно вычислить из уравнения Пуазейля [10]:

$$(r^2 \Delta P) / 8 \eta \ell, \quad (12)$$

где r – радиус капилляра, м; ΔP – всасывающее давление капилляра, Па; η – динамическая вязкость жидкого реагента растворной смеси, Па·с; ℓ – глубина проникновения жидкого реагента растворной смеси, м; t – время, с.

Изменение микроструктуры пор, при всасывании, может быть рассмотрено на основе баланса энергии на границе раздела фаз:

$$\sigma_m = 2\sigma_m - \frac{p \cos \theta}{2}, \quad (13)$$

где σ_m – поверхностное натяжение материала кладки, кДж/м²; σ_{m-p} – поверхностная энергия на границе раздела фаз жидкого реагента растворной смеси и материала кладки, кДж/м²; θ – краевой угол смачивания, °. Тогда значение всасывающего давления поры (ΔP) будет равно:

$$\Delta P = 2\sigma_p \cos \theta / r, \quad (14)$$

где σ_p – поверхностное натяжение жидкого реагента растворной смеси и штукатурного раствора; кДж/м².

Преобразовывая формулы (12) и (15), можем определить глубину проникновения жидкой фазы (ℓ) и ее количество (D) при помощи уравнения Эйнштейна (17):

$$\frac{dl}{d\tau} = r \sigma_p \cos \theta / 4 \eta \ell, \quad (15)$$

Объединив и преобразовав обе стороны уравнения (4), получаем:

$$\ell^2 = \left(\frac{r \cos \theta}{2} \right) (\sigma_p / \eta) \tau; \quad (16)$$

$$D = \frac{k T}{6 \pi \eta r}, \quad (17)$$

где D – количество жидкого реагента растворной смеси, м²/с; r – радиус частиц диффундирующего вещества, м.

Из уравнений (12-17) следует, что скорость проникновения жидкого реагента растворной смеси уменьшается с повышением его вязкости. По мере протекания реакции гидратации вязкость жидкого реагента растворной смеси увеличится так, что дальнейшее ее проникновение в капилляры материала кладки становится невозможным. Однако благодаря присасывающему эффекту капиллярных пор (рис. 10 а), крупные поры-ячейки автоклавного газобетона оказываются полностью заполненными растворной смесью, что обеспечивает формирование контактной зоны с минимальным количеством дефектов (рис. 12 б).

Во время проникновения жидкого реагента растворной смеси, в реакцию вступает жидкость и твердое вещество материала кладки, что обеспечивает анкерующий эффект (рис. 12а), прочно фиксирую-



Рис. 12. Схема формирования контактной зоны «кладка-покрытие» (а) и ее фотографии (б): 1 – растворная смесь, в ячейке-поре; 2 – капилляры в стенке крупной поры ячеистого бетона



щий штукатурное покрытие на поверхности кладки. В результате формируется эластичная, с малым количеством дефектов, контактная зона между кладкой и штукатурным покрытием (рис. 126).

Формирование эластичной контактной зоны, наряду с образованием штукатурного покрытия с повышенной эластичностью, меняет качественную картину работы системы «кладка - покрытие». Трещиностойкость такого покрытия в значительной мере, наряду с их собственной деформативностью, определяется интенсивностью взаимодействия покрытий с кладкой. При соотношении (18) обеспечивается предотвращение растрескивания и отслаивания:

$$A > \sigma_y < \sigma_p, \quad (18)$$

где A – адгезия штукатурного покрытия к поверхности кладки, МПа; σ_y – внутреннее усадочное напряжение в покрытии, МПа; σ_p – предел прочности при растяжении материала покрытия и кладки, МПа.

Относительное деформирование контактной зоны увеличивается за счет изменения модулей упругости и пластичности [10]:

$$e_t = \frac{\sigma_t}{E_y} + \frac{\sigma_e}{E_3(1 - e^{-\frac{t}{\theta}})} + \frac{(\sigma_t - \sigma_0)^\beta}{\eta_0} \cdot t e^{-\frac{t}{\theta}}, \quad (19)$$

где e_t – относительная деформация от напряжения σ_t ; E_y – модуль упругости материала МПа; E_3 – модуль пластичности, МПа; θ – время релаксации напряжений, с; σ_0 – предел длительной прочности, МПа; β – мера аномальности вязкости для аномально вязких материалов, какими являются мастики и штукатурки на полимерцементных вяжущих; η_0 – наибольшая структурная вязкость не разрушенной структуры материала, Па·с.

Из зависимостей следует, что температурные напряжения в штукатурном покрытии (20) и контактной зоне (21, 22), из-за релаксации напряжений и меньшего значения модуля эластичности снижаются, при условии, что время (t) изменения температуры (T) больше времени релаксации θ :

$$\sigma_t = (L_0 - L_n) (T_{max} - T_{min}) E_y, \quad (20)$$

где: L_0, L_n – коэффициенты линейного температурного расширения основания (кладка) и покрытия, соответственно; T_{max}, T_{min} – максимальная и минимальная температура покрытия, соответственно.

Для контактной зоны с повышенной эластичностью:

$$\sigma_t = \frac{(L_n - L_0)(T_{max} - T_{min}) E_y E (1 - e^{-\frac{t}{\theta}})}{E_y + E (1 - e^{-\frac{t}{\theta}})}, \quad (21)$$

$$\tau = [\Delta T_1 \alpha_1 - \Delta T_2 \alpha_2] / \left[\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right], \quad (22)$$

Приведенные выкладки свидетельствуют о том, что реализация предложенных концепций и критериев позволят уменьшить напряжения в системе «кладка-покрытие» и трещинообразование на стадии нанесения и твердения растворной смеси и их развитию на стадии эксплуатации. А это позволит увеличить долговечность стеновой конструкции, уменьшить эксплуатационные затраты.

ВЫВОДЫ

Снижение долговечности стеновой конструкции происходит из-за разрушения и отслоения штукатурного покрытия от кладки. В работе рассмотрен механизм трещинообразования в контактной зоне системы «кладка - покрытие», предложены концепции и критерии, позволяющие проектировать свойства и составы штукатурных растворов обеспечивающих оптимальную работу системы «кладка - покрытие».

Концепция эластичного штукатурного покрытия исходит из того, что деформации кладки (температурные, усадочные и др.) компенсируются за счет эластичности (упругой растяжимости) штукатурного покрытия, для чего материал, имеющий адгезионное сцепление с основанием, должен обладать достаточным относительным удлинением.

Концепция демпфирующего слоя предполагает, что при деформации кладки растягивающие усилия воспринимаются за счет эластичности контактной зоны между кладкой и покрытием.

Объединенная концепция предусматривает формирование как эластичного штукатурного покрытия, так и контактного слоя между кладкой и покрытием.

Реализация предложенных концепций и критериев позволит уменьшить трещинообразование в системе «кладка - покрытие» на стадии нанесения и твердения растворной смеси и их развитию на стадии эксплуатации. А это приведет к увеличению долговечности стеновой конструкции, уменьшит эксплуатационные затраты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галкин С.А. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика / [Галкин С.А., Сажнев Н.П., Соколовский Л.В. и др.] – Минск: НП ООО "Стринко", 2006. – 458 с.
2. Кнатько М.В. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий / Кнатько М.В., Ефименко М.Н., Горшков А.С. // Инженерно-строительный



журнал. – 2008. – № 2. – С. 50-53.

3. Волдржих Ф. Деформационные швы в конструкциях наземных зданий / Волдржих Ф. – М.: Стройиздат, 1978. – С. 209-221.
4. Емельянов А.А. Повреждения наружных панелей жилых полносборных зданий при температурных деформациях по данным натурных исследований / Емельянов А.А. // Анализ причин аварий и повреждений строительных конструкций. – М.: Издательство литературы по строительству, 1964. – Вып. 2. – С. 153-177.
5. Блази В. Справочник проектировщика. Строительная физика / В. Блази – М.: Техносфера, 2005. – 536 с.
6. Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів / [Рунова Р.Ф., Шейнич Л.О., Гелевера О.Г., Гоц В.І.]. – К.: КНУБА, 2001. – 354 с.
7. Партон В.З. Механика упруго-пластического разрушения / Партон В.З., Морозов Е.М. – М.: Наука, 1985. – 504 с.
8. Гранау Е. Предупреждение дефектов в строительных конструкциях / Гранау Е. – М.: Стройиздат, 1980. – С. 217.
9. Гринфельд Г.И. Инженерные решения обеспечения энергоэффективности зданий. Отделка кладки из автоклавного газобетона : учеб. пособие / Г.И. Гринфельд. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 130 с.
- outward panels of dwellings fullcollapsible buildings at temperature deformations from data of model researches]. Analiz prichin avariij i povrezhdenij stroitelnuh konstruktziy - Analysis of reasons of failures and damages of build constructions – М.: Publishing house of literature on building. – Vol.2. - P. 153-177 [in Russian].
5. V. Blazi (2005). Spravochnik proektirovshchika. Stroitel'naja fizika. [Reference book of designer. Build physics.] – Moscow: Tehnosfera. – 536 p. [in Russian].
6. Runova R.F. (2001). Osnovi virobniictva stinovyh ta ozdobyvalnyh materialiv [Bases of production of wall and finishings materials]. – Kyiv: KNUBA, 2001. - 354 p. [in Ukrainian].
7. Parton V.Z. (1985). Mehanika uprugoplasticheskogo razrusheniya [Mechanics of resiliently-plastic destruction]. - Moscow: RIF «Nauka». – 504 p. [in Russian].
8. Granau E. (1980). Predupregdenie defektov v stroitel'nykh konstrukcijah [Warning of defects in building constructions]. – Moscow: RIF «Strojizdat». – 217 p. [in Russian].
9. Grinfeld G. (2011). Inzhenernoe obespechenie energo-effektivnykh zdaniy. Otdelka zdaniy iz avtoklavnoho gazobetona [Engineering decisions of providing energy efficiency buildings. Finishing of laying from an autoclave aerocrete]. – SPb.: Izd-vo Politehn. In-ta. – 130 p. [in Russian].

REFERENCES

1. Galkin S.L., Sagnev N.P. & Sokolovskij L.V. (2006). Primenenie jacheistobetonnyh izdelij. Teorija i praktika [Application of cellular concrete wares. Theory and practice]. – Minsk: NP ООО "Strinko". – 458 p. [in Russian].
2. Knatk'o M.V., Efimenko M.N. & Gorshkov A.S. (2008). K voprosu o dolgovechnosti i energoefektivnosti sovremennyh ograzdayuchih stenovyh konstruktziy zilyh, administrativnyh i proizvodstvennyh zdaniy [To the question about longevity and energy efficiency of modern non-load-bearing wall constructions of dwellings, administrative and production buildings]. Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal – Engineering building magazine. No 2. – P. 50-53 [in Russian].
3. Voldrzhij F. (1980). Deformacionnye shvy v nazemnykh konstrukcijah zdaniy [Deformation guy-sutures in the constructions of surface buildings]. – Moscow: RIF «Strojizdat». – 224p. [in Russian].
4. Emel'yanov A.A. (1964). Povrezhdeniya naruzhnykh paneley zilyh polosbornykh zdaniy pri temperaturnykh deformatsiyah po dannym naturnykh issledovaniy [Damages of



До 80-річчя з дня народження провідного вченого в галузі дослідження будівельних конструкцій та будівництва в складних інженерно-геологічних умовах

ТКАЧЕНКА ІГОРЯ МИКОЛАЙОВИЧА

Ігор Миколайович Ткаченко народився 10 грудня 1936 року в місті Києві.

За спеціальністю інженер-будівельник, в 1958 році закінчив Київський інженерно-будівельний інститут.

Після закінчення інституту деякий час працював в тресті «Укрпромбуд» Мінпромбуду України.

З грудня 1959 року вся трудова діяльність І.М. Ткаченка проходила в Державному науково-дослідному інституті будівельних конструкцій, в якому він пройшов шлях від молодшого наукового співробітника до заступника директора з наукової роботи.

Початок творчого шляху І.М. Ткаченка пов'язаний з розробкою та дослідженням армоцементних конструкцій з полімерних матеріалів, які знайшли широке застосування на об'єктах легкої та машинобудівної промисловостей.

З 1967 по 1970 роки навчався в очній аспірантурі при НДІБК, в 1977 році захистив кандидатську дисертацію на тему «Дослідження міцності та деформативності елементів будівельних конструкцій із орієнтовано армованих склопластиків», в 1985 році йому присуджено учене звання – старший науковий співробітник.

Під його керівництвом в інституті створено новий напрямок в будівництві – дослідження мобільних будинків та споруд із збірно-розбірних блок-секцій, що складаються, та блок-контейнерів. Виготовлення розроблених в інституті конструкцій для таких споруд здійснюється Павлоградським заводом мобільних будинків в Дніпропетровській області, Старокосятинівським заводом «Металіст» Хмельницької області, Серпуховським комбінатом будівельних конструкцій, Октябрьським заводом в Російській Федерації та іншими.

За його участі створена нормативна база з проектування та випробування мобільних будинків.

Протягом ряду років І.М. Ткаченко очолював Міжгалузовий науково-технічний колектив, який об'єднував заводи та інститути бувших Міннафтогазбуду, Міненерго та Держбуду СРСР. В результаті була створена уніфікована конструктивна система «Темп» одноповерхових промспоруд із легких металевих конструкцій в мобільному виконанні для облаштування магістральних газо- та нафтопроводів.

В таких конструкціях вирішені об'єкти на магістральних нафто- і газопроводах: Уренгой-Помари-Ужгород, Кременчук-Ананьев-Чернівці-Богородчани та інші.

За розробку, дослідження та впровадження в практику будівництва мобільних будинків та споруд І.М. Ткаченко удостоєний звання Лауреата премії Ради Міністрів СРСР.

З 1987 року І.М. Ткаченко – заступник директора інституту з наукової роботи, і наряду з тематикою по мобільним будинкам здійснює керівництво науково-технічним напрямком по вирішенню проблеми спорудження будинків та споруд в складних інженерно-геологічних умовах.

Розроблена та успішно використовується електрогідравлічна система по ліквідації кренів будинків. З її допомогою ліквідувались наднормативні крени будинків в містах Запоріжжі, Дніпропетровську, а також Москві і Вологодонську Російської Федерації.

При його участі розроблені рішення по реставрації і відновленню унікальних об'єктів – пам'яток архітектури та історії (Національний банк України, будинок філармонії в м. Києві, театр опери та балету в м. Одесі та інші).

Поряд з цим він був науковим керівником досліджень з організації та наукового супроводження робіт по оцінці основ та фундаментів об'єкту «Укриття» Чорнобильської АЕС.

І.М. Ткаченко автор понад 80 наукових праць та автор 25 винаходів. Має 6 патентів України. Він був дійсним членом Академії будівництва України та членом бюро її відділення «Механіка ґрунтів, основи та фундаменти, конструкції та споруди для складних умов будівництва».

Поряд з науково-виробничою діяльністю І.М. Ткаченко приділяв багато уваги громадській діяльності в інституті та виконував роботу по підготовці наукових кадрів.

Його науково-технічні розробки використовуються сучасними інженерами-будівельниками та молодими науковцями.

Удостоєний багатьох подяк, медалей ВДНГ СРСР і України, Почесних грамот Президії республіканського правління НТО будіндустрії, Міського комітету профспілки працівників будівництва та будіндустрії, медаллю «В пам'ять 1500-річчя Києва» та ін.

Ігор Миколайович Ткаченко належить до того типу вчених і керівників, які надовго залишаться в пам'яті сучасників.

І.М. Ткаченко пішов із життя в лютому 2003 року, його ім'я будуть пам'ятати всі, з ким він працював, товаришував та відпочивав.



**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ
ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ»
(ДП НДІБК)**

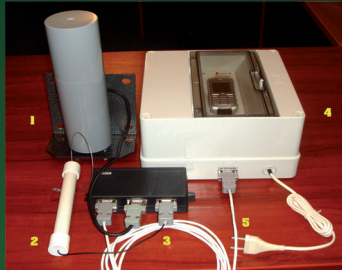
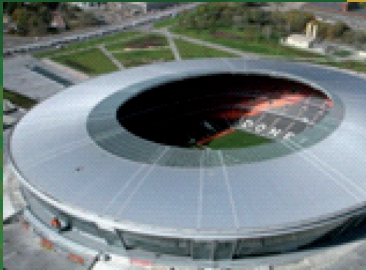


НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ У БУДІВНИЦТВІ

1. Розроблення будівельних норм, державних стандартів (ДСТУ) технічних свідоцтв
2. Науково-технічний супровід проектування, зведення та експлуатації будівель і споруд в т.ч.: на територіях зі складними інженерно-геологічними і сейсмічними умовами; об'єктів ядерної та теплової енергетики
3. Розроблення конструктивних рішень та технології зведення доступного житла
4. Розроблення технічних рішень з підвищення енергоефективності будівельних об'єктів
5. Інжинірингові послуги:
 - оптимізація проектних рішень будівельних об'єктів або їх елементів
 - розроблення методів розрахунків будівельних конструкцій
 - розроблення технологій виготовлення будівельних конструкцій
 - розроблення рекомендацій при реконструкції будівель і споруд
 - обстеження і оцінка будівельних конструкцій; розробка паспортів технічного стану будівель та споруд
 - технічний нагляд за будівництвом
 - геодезичний контроль за будівництвом
 - сертифікація будівельних матеріалів, виробів та конструкцій
 - експертиза науково-технічної продукції, у тому числі проектних, науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт
 - консультаційні послуги;
 - підготовка кадрів вищої кваліфікації через аспірантуру
6. Інженерно-геологічні, геофізичні вишукування
7. Статичне і динамічне випробування паль
8. Чисельні розрахунки будинків і споруд
9. Проектування спеціальних видів робіт в будівництві:
 - основ і фундаментів всіх типів
 - каркасів монолітних будинків
 - посилення будівельних конструкцій
10. Будівництво під ключ:
 - усунення наднормативних кренів будинків і споруд
 - зміцнення ґрунтів методом глибинного змішування
 - ущільнення ґрунтів гідровибухом
 - водопониження
 - гідроізоляція фундаментів і стін
 - посилення будівельних конструкцій
 - компенсатори для трубопроводів
11. Контроль якості матеріалів та конструкцій:
 - суцільність та довжина паль
 - міцність бетону залізобетонних конструкцій
 - ущільнення ґрунтів
 - закріплення цементом скалистих масивів
 - оцінка рівня та розробка захисту акустичного опорядження житлових, громадських, у т.ч. спеціалізованих театральних, музейних, архівних, виробничих та інших об'єктів
 - оцінка рівня теплотехнічних якостей будівельних конструкцій
12. Моніторинг будинків і споруд, в т.ч. автоматизований

**НОРМИ, СТАНДАРТИ
ТЕХНІЧНІ СВІДОЦТВА
РОЗРАХУНКИ
ПРОЕКТУВАННЯ
МОНІТОРИНГ
ОБСТЕЖЕННЯ
ВИПРОБУВАННЯ
ЕКСПЕРТИЗА
КОНСУЛЬТАЦІЇ**





АДРЕСА ІНСТИТУТУ, ЙОГО ФІЛІЙ ТА ЛАБОРАТОРІЙ

м. Київ, вул. Преображенська, 5/2,
03037, Україна тел.: 044 249-72-34,
044 249-38-00, факс: 044 248-89-09
E-mail: adm-inst@ndibk.gov.ua
www.niisk.com

м. Запоріжжя, вул. Новобудов, 4,
69076, Україна
тел./факс: 061 277-13-59
E-mail: zv@ndibk.gov.ua
www.niisk.ad.ua

м. Полтава, тел./факс: 044 249-37-72
E-mail: 0679199507@ukr.net
E-mail: 0504046376@ukr.net

м. Рівне, вул. 16-го липня, 38, 33001,
Україна
тел./факс: 0362 22-34-60

м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4, 65029,
Україна
тел./факс: 048 723-53-11

м. Лиман, Донецька обл.,
вул. Соборна, 147-В

м. Дніпро,
вул. Паторжинського, 25, кв. 1, 49006
тел./факс: 096 613-95-92



www.niisk.com

