

*В.М. Нуянзін, канд. техн. наук, М.О. Кропива, канд. техн. наук, С.А. Ведула
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЗМІНУ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ТА МІЦНІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАЛІЗОБЕТОНУ

В роботі проведено аналітичні дослідження впливу різного роду кліматичних факторів на структуру та якісні властивості бетону та арматури залізобетонних конструкцій. Встановлено, що на властивості бетону впливають наступні процеси: - процеси, які пов'язані з дією на бетон води з малою жорсткістю; - процеси, які пов'язані з хімічною взаємодією між цементним каменем та агресивними реагентами; - процеси, в результаті яких в порах та капілярах бетону відбувається накоплення кристалічних новоутворень. Встановлено, що значну негативну дію на бетон спричиняє поперемінне заморожування та відтаювання. Встановлено, що розвиток процесу корозії арматури можливий по двох основних схемах: - корозія арматури після руйнації бетону в захисному шарі; корозія арматури, коли бетон не володіє достатніми захисними якістьми.

Ключові слова: вогнестійкість, залізобетонні конструкції, теплофізичні характеристики, міцнісні характеристики, кліматичні фактори

Постановка проблеми.

Після розпаду Радянського Союзу, в Україні призупинено велику кількість будівництв і з'явилися так звані довгобуду. Залізобетонні конструкції таких об'єктів зазнають впливу кліматичних факторів (змінення температури, атмосферні опади, сонячна радіація тощо), що призводить до змінення їх властивостей [1]. За останні роки відновлено будівництво значну частини таких об'єктів, що обумовило актуальність питання забезпечення їхньої пожежної безпеки. На теперішній час нормативними документами не передбачено оцінювання вогнестійкості залізобетонних колон, які зазнали впливу кліматичних факторів, а будівлі, зведені з їх використанням, здаються як новобудови. Це призводить до порушень вимог стосовно забезпечення пожежної безпеки та до підвищення рівня загрози життєдіяльності громадян, які мешкають або працюють у таких будівлях.

Залізобетонні будівельні конструкції, можуть тривалий час зберігати свої експлуатаційні якості, проте під дією агресивних факторів оточуючого середовища (корозії) вони поступово змінюють свої фізико-хімічні та структурно-фазові властивості [1]. Залізобетон являє собою складний композиційний матеріал, що зумовлює складні процеси корозії в результаті дії агресивних факторів оточуючого середовища. Корозія залізобетону тісно пов'язана з його структурно-фазовим складом. Склад і властивості залізобетону вивчені і відомі [2–4].

Аналіз останніх досліджень.

Дослідженням вогнестійкості залізобетонних конструкцій займалися і займаються багато вчених, зокрема Поздєєв С.В., Яковлев О.І., Ройтман В.М., Бушев В.П., Мілованов О.Ф., Фомін С.Л., Страхов В.Л., T. Lie, V. Barteleml, G. Kruppa, T. Harmathy, проте в їх роботах не досліджено вплив кліматичних факторів на змінення теплофізичних та міцнісних властивостей залізобетону, який зазнав впливу цих факторів. Хоча зрозуміло, що вогнестійкість залізобетонних конструкцій залежить в першу чергу від якісних властивостей бетону. Зниження теплотехнічних і міцнісних властивостей в разі виникнення пожежі може призвести до серйозних людських та матеріальних збитків. Тому вивчення, аналіз та врахування факторів, які негативно впливають на властивості

залізобетону, при визначення його залишкової вогнестійкості є актуальною задачею, вирішення якої створює передумови уникнення помилок при відновленні будівництва будівель та споруд, виходячи з вимог пожежної безпеки.

Викладення основного матеріалу.

До чинників, що визначають поведінку залізобетонних конструкцій в умовах пожежі, відносять:

- теплофізичні та фізико-механічні характеристики матеріалів, із яких виконані будівельні конструкції;
- ступінь навантаження конструкцій та окремих елементів;
- вигляд і величина пожежного навантаження, що визначає температурний режим, а також теплоту пожежі;
- теплове навантаження на конструкцію;
- умови нагріву та способи з'єднання конструкцій.

Тривала циклічна дія кліматичних факторів може вплинути на теплофізичні та фізико-механічні характеристики залізобетону. А отже, кліматичні фактори прямо впливають на поведінку залізобетонних конструкцій в умовах пожежі. Тому, при відновленні призупиненого будівництва, важливо знати, як кліматичні фактори впливають на характеристики залізобетону, щоб забезпечити вимоги пожежної безпеки.

На макрорівні бетону розрізняють принаймні, три компоненти – розчин, який подібний до бетону, якщо розглядати його як комбінацію фази цементного каменя та мілкого заповнювача, крупний заповнювач та сталева арматура. Мікрорівень бетону при його затвердінні визначає набагато більшу кількість компонентів – негідратовані цементні ядра, гідратовані реакційні оболонки ядер, порові порожнини з вологою на поверхні. Фрагменти структури розчинної частини бетону подані на рис. 1. Хімічний склад основних структурних утворень та фаз бетону [2, 3] подані у таблиці 1.

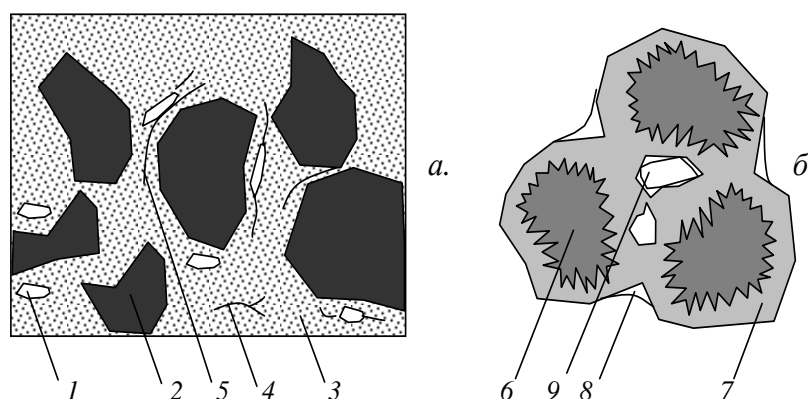


Рис. 1. Фрагменти структури розчинної частини бетону:

а – макроструктура; б – мікроструктура;

1 – повітряні порожнини; 2 – мілкий заповнювач; 3 – цементуюча речовина; 4, 5 – усадочні тріщини у цементуючій рідині та контактні зони; 6 – негідратоване цементне ядро; 7 – новоутворення; 8 – поверхнева волога; 9 – структурна пора.

Таблиця 1

Хімічний склад основних структурних утворень та фаз бетону

№, п/п	Структурне утворення, фаза важкого бетону	Речовина	Розміри структурних елементів	Хімічна формула
1.	крупний заповнювач	щебінь, (граніт)	5...70 мм	SiO ₂ , K ₂ O(Na ₂ O, CaO)·Al ₂ O ₃ ·6(2)SiO ₂

№, п/п	Структурне утворення, фаза важкого бетону	Речовина	Розміри структурних елементів	Хімічна формула
2.	мілкий заповнювач	пісок	1...3 мм	SiO ₂
3.	непрогідратоване цементне ядро	портландцементний клінкер	0,1...10мкм	аліт – 3CaO·SiO ₂ (C3S), беліт – 2CaO·SiO ₂ (C2S), целіт – 3CaO·SiO ₂ (C3A), целіт – 4CaO·SiO ₂ (C4AF).
4.	прогідратований портландцемент після затвердіння (новоутворення)	прогідратований портландцементний клінкер	0,1...10мкм	3CaO·2SiO ₂ ·6H ₂ O, Ca(OH) ₂ , 3CaO·Al ₂ O ₃ ·6H ₂ O, 3CaO Al ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ (31...32)H ₂ O, 3CaO Fe ₂ O ₃ ·nH ₂ O.
5.	порожнини	пори	0,001...2 мм	

Газоподібне середовище в містах – це атмосферне повітря, забруднене домішками різних газів, головним чином двоокису вуглецю CO₂, сірчастого газу SO₂, хлористого водню й хлору. Гази й тверді хімічні речовини агресивно впливають на бетон тільки в присутності вологи, що утворюють розчини різної концентрації проникають у пори бетону й викликають його корозію. З перших днів експлуатації залізобетонні конструкції, що піддаються впливу агресивних факторів оточуючого середовища, поступово починають втрачати свої механічні властивості. Цей процес буде мати різну швидкість, в залежності від багатьох чинників, зокрема географічного розміщення конструкцій.

Класифікація та дослідження корозії капілярно-пористих цементних матеріалів широко представлені в роботах [1, 5–10].

Корозія залізобетону – це комплексний процес, який складається з корозії бетону та корозії арматури. Корозія бетону та корозії арматури мають різну природу та характер розвитку, проте являються взаємозв'язаними, тобто можуть викликати корозію і руйнацію один одного. Корозію залізобетону можуть спричинити різні види природного впливу. Характер руйнування при цьому буде різний. Тому важливо розібратись, які чинники оточуючого середовища спричиняють найбільш руйнівну дію на залізобетон.

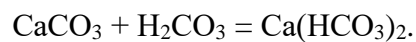
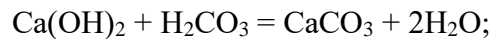
В роботах [9, 10] всі фізико-хімічні процеси, які визначають корозійне руйнування бетону, поділив на 3 основних види.

До першого виду відносяться процеси, які пов'язані з дією на бетон води з малою жорсткістю та водних розчинів деяких солей, які здатні розчинити цементний камінь, не вступаючи при цьому в хімічну взаємодію з його компонентами (корозія вилужування). Корозія першого виду відбувається в результаті розчинення та вимивання складових елементів цементного каменю водами з малою тимчасовою твердістю. Це вода гірських рік, дощова, болотна, конденсат. Зменшує агресивність води вміст у ній Ca(HCO₃)₂ і Mg(HCO₃)₂. І тільки вода з вмістом бікарбонатного луку менше 1,4-0,7 мг екв/л є агресивною. Руйнування цементного каменю починається вимиванням Ca(OH)₂, розчинність, якої становить 1,2 г/л з розрахунку на CaO, а потім іде руйнування клінкерних мінералів. Вилужування 15-30% CaO з цементного каменю приводить до зменшення міцності бетону на 40-50%.

До другого виду відносяться процеси, які пов'язані з хімічною взаємодією між цементним каменем та агресивними реагентами, які призводять до утворення легко розчинних продуктів, які виносяться з бетону у зовнішнє середовище в результаті дифузії чи фільтрації, або атмосферних речовин, які не володіють в'язучими властивостями та не спроможні чинити опір подальшій корозії. Процеси, які відносяться до другого виду, мають місце в тих випадках, коли на бетон впливають розчини кислот та деяких кислих

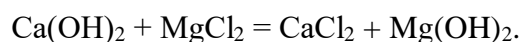
солей. В цих середовищах руйнування бетону відбувається в багато разів інтенсивніше, ніж при корозії вилужування. До цього виду корозії відносять вуглекислотну, загальнокислотну, магнезіальну.

Вуглекислотна корозія відбувається в наслідок того, що вуглекислий газ CO_2 , що перебуває в повітрі, розчиняється у воді, утворюючи вугільну кислоту H_2CO_3 . При наявності у воді достатньої кількості карбонату кальцію CaCO_3 в рівному співвідношенні з вугільною кислотою, він нейтралізує її за реакцією: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Вихідний реагент не є агресивним стосовно цементного каменю. Але якщо кількість вуглекислоти більше, ніж карбонату кальцію, вона стає агресивною й здатна зруйнувати цементний камінь при протіканні реакцій:



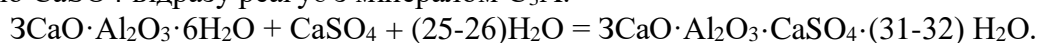
Гідрокарбонат кальцію легко розчиняється й вимивається водою. Вуглекислотна корозія відбувається в результаті дії розчинів неорганічних і органічних кислот при їх $\text{pH} < 7$. Не входять сюди кремнефтористо-воднева та полікремнієві кислоти. Кислоти містяться в стічних, болотних водах; у викидах промислових підприємств може бути сірчистий газ, хлор і інші гази, які утворюють з водою кислоти. Кислоти взаємодіють із гідрооксидом кальцію, у результаті чого виходять нескладні кальцієві солі, які вимиваються легко водою.

Чисто магнезіальна корозія відбувається при дії магнезіальних солей, окрім MgSO_4 . Наприклад, у морській воді втримується хлорид магнію MgCl_2 , що взаємодіє із цементним каменем по реакції:



Утвориться розчинний хлорид кальцію й нескладний гідрооксид магнію. Корозія стає помітною при вмісті у воді MgCl_2 більше 1,5-2%.

До третього виду відносяться процеси, в результаті яких в порах та капілярах бетону відбувається накоплення кристалічних новоутворень. Вони тиснуть на стінки пор і руйнують цементний камінь. Корозія відбувається при дії вод, що містять сульфат кальцію CaSO_4 , сульфат натрію Na_2SO_4 та ін. Na_2SO_4 спочатку реагує із $\text{Ca}(\text{OH})_2$ за схемою $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow \text{CaSO}_4 + 2\text{NaOH}$, а потім CaSO_4 з мінералом C_3A . Сульфат кальцію CaSO_4 відразу реагує з мінералом C_3A :



У результаті взаємодії утворюється кристалічний трьохсульфатний гідроалюмінат (етрингіт) з об'ємом в 2,8 рази більшим об'єму вихідних речовин.

Сульфатно-магнезіальна корозія виникає при дії на цементний камінь сульфату магнію MgSO_4 . Реакція йде за схемою: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{MgSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{Mg}(\text{OH})_2$. Утворюється пухка маса $\text{Mg}(\text{OH})_2$ і кристали $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, які розчиняються у воді. Вплив на цемент відбувається при концентрації MgSO_4 більше 0,5-0,75%. Відбувається сполучення двох видів корозії - магнезіальної й сульфатної.

Окрім трьох основних видів корозії, які охоплюють переважну більшість процесів, які призводять до руйнування бетону, досліджені [7] також деякі специфічні види корозійного впливу, з яких слід виділити процеси адсорбційного зниження міцності капілярно-пористих матеріалів. Ці процеси відбуваються в результаті дії на бетон поверхнево-активних речовин, які адсорбуючись на цементному камені, суттєво зменшують його поверхневу енергію, що спричиняє розвиток мікротріщин в бетоні та знижує його міцність. Враховувати адсорбційне зниження міцності потрібно перш за все в

тих випадках, коли поверхнево-активні речовини впливають на бетон, в напруженому стані.

Велику негативну дію на бетон спричиняє поперемінне заморожування та відтаювання [5, 6]. Зі зниженням температури насиченого водою затверділого бетону вода, проникаючи в пори цементного каменю, замерзає аналогічно замерзанню в капілярах гірських порід і викликає розширення бетону. При повторному заморожуванні відбувається подальше розширення, так що повторні цикли заморожування й відтаювання мають кумулятивний ефект. Великі пори в бетоні, утворені при недостатньому ущільненні, звичайно заповнені повітрям і тому не роблять істотного впливу на дію морозу. Заморожування - процес поступовий внаслідок невеликої швидкості теплопереносу через бетон, збільшення концентрації лугів ще у рідкій воді, а також внаслідок зміни температури замерзання залежно від розміру пор. Хоча поверхневий натяг кристалів льоду в капілярах створює в них тиск, тим більший, чим менше кристал, заморожування починається в більших порах і поступово поширюється на менші. Пори гелю занадто малі для утворення кристаликів льоду при температурі вище -78°C , тому звичайно лід у них не утворюється. Зі зниженням температури внаслідок різної ентропії води гелю й льоду вода гелю здобуває потенційну енергію, що дозволяє їй рухатися по капілярах, що містять лід. Дифузія води гелю приводить до росту кристалів льоду й до розширення цементного каменю. Таким чином, ми маємо два джерела тиску розширення. Перший: замерзання води викликає збільшення обсягу новоутворень приблизно на 9% так, що надлишок води з пор віддаляється. Швидкість заморожування визначає швидкість, з якої віддаляється вода, що витісняє фронтом льоду. Величина гідравлічного тиску залежить від опору фільтрації, тобто від довжини шляху й проникності цементного каменю між замерзлою порою й часом, у яку може переміститися надлишок води. Друга: розширювальна сила в бетоні виникає внаслідок дифузії води, що приводить до росту відносно невеликої кількості кристалів льоду. Ступінь руйнування варіює від шелушіння поверхні до повного руйнування, тому що лінзи льоду утворюються, починаючи з поверхні бетону й поширюються у його глиб. В результаті довготривалого процесу заморожування та відтаювання змінюється цілісність бетону, тобто збільшується кількість тріщин та їх розмір, та розмір його пор, що призводить до пришвидшення хімічної корозії та впливає на міцність бетону.

В роботах [6, 8] доведено, що збільшення кількості тріщин викликає, також і внутрішні процеси корозії, які не залежать від зовнішніх впливів на залізобетон. Реакційна здатність компонентів бетону створює можливість хімічної реакції між цементним каменем та заповнювачем. Найбільш поширеними та небезпечними являються взаємодії між з'єднаннями лужних металів (Na, K) та аморфних кремнеземом заповнювачів. Обов'язкова умова проходження хімічних реакцій є участь у них рідкої фази, водяного розчину, який заповнює поровий простір бетон та з'єднуючись з компонентами цементного каменю утворює порову рідину. Причиною внутрішньої корозії може бути і вміст в заповнювачах домішок, яких відносять до «шкідливих», це в першу чергу з'єднання сірки.

Другий клас процесів внутрішньої корозії визначається нестабільністю новоутворень, які виникають в процесі гідратації та процесами фазових перетворень гідратованих з'єднань, цементного каменю, які продовжуються. Сюди ж слід віднести процеси перекристалізації з укріпленням кристалів в наслідок відомої тенденції до зменшення поверхневої енергії тонко дисперсних матеріалів у відповідності з законами термодинаміки. Також, внутрішня корозія може біти викликана хімічними добавками.

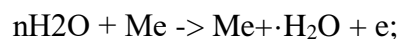
Внутрішня корозія виявляється у вигляді тріщин та прошарків гелеподібних речовин на контакті заповнювача з цементним каменем. Процеси внутрішньої корозії розвиваються порівняно повільно на протязі декількох місяців або літ. В деяких випадках вони призупиняються на початковій стадії, проте, якщо процес руйнації з утворенням тріщин почався, то зупинити його можливо лише при створенні сухих умов.

Поряд з корозією бетону, на якість та довговічність залізобетону впливає також корозія арматури. Характер, процес та наслідки корозії арматури розглянуто в роботах [7, 8].

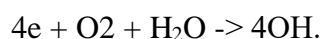
Розвиток процесу корозії можливий по двох основних схемах [7]. По першій - корозія арматури починається після руйнації бетону в захисному шарі, тобто причина пошкодження конструкцій заключається в недостатній стійкості бетону. Розвиток корозії по другій схемі починається з арматури, коли бетон не володіє достатніми захисними якостями, але і не руйнується під дією навколишнього середовища, яка в даному випадку не являється для нього агресивною. Руйнація бетону відбувається під тиском іржі, що росте на арматурі, тобто носить виключно механічний характер. За звичай такий вид руйнації залізобетонних конструкцій викликається дією волого повітря або періодичного зволоження, особливо при забрудненні атмосфери агресивними газами.

Корозія арматури в бетоні є окремим випадком явища корозії металів. Процес корозії металів – це процес поступової руйнації їх поверхні в результаті хімічної чи електрохімічної взаємодії металів з навколишнім середовищем. Чисто хімічна взаємодія металів з середовищем зустрічається значно рідше, а ніж електрохімічна. Корозія арматури в бетоні являється електрохімічним процесом. Бетон, окрім основної своєї ролі – сприймати в конструкції стискаючого навантаження, забезпечує довготривалу цілісність сталевих арматур в умовах впливу агресивних середовищ. Основною захисною здатністю бетону по відношенню до сталі являється передусім лужна природа його рідкої фази. Проте не всі в'язучі створюють в бетоні необхідної лужної рідкої фази. В деяких бетонах через нещільність структури відбувається швидка нейтралізація лугів кислотними рідинами або газами.

Корозія арматури, як зазначалось вище, являється електрохімічним процесом, для реалізації якого обов'язкові наступні умови [7]: наявність різниці потенціалів на поверхні металу; наявність електролітичного зв'язку між ділянками поверхні металу з різними потенціалами; активний стан поверхні арматури на анодних ділянках, де розчиняється метал за реакцією



наявність достатньої кількості деполяризатора (кисню), необхідного для асиміляції зайвих електронів на катодних ділянках поверхні металу:



Перша умова виконується повсякчас, оскільки арматурні сталі досить неоднорідні по структурі, так як і неоднорідна структура контактного шару бетону біля поверхні арматури.

Для виконання другої вимоги, необхідно щоб вміст води в бетоні був достатнім для існування на стінках каплярів неперервних плівок порової рідини, яка забезпечує переміщення іонів між катодними та анодними ділянками. Такі плівки стабільно існують в бетоні при відносній вологості навколишнього повітря не менше 50 %.

Реалізація третьої умови можлива в тих випадках, коли по яких небудь причинам порушується пасивний стан арматурної сталі, в якому вона постійно знаходиться через високу лужність рідкої фази бетону.

Виконання четвертої умови зв'язано зі швидкістю дифузії кисню в поверхню арматури, яка може коливатись в широких межах і залежати від щільності захисного шару бетону та степені його водонасичення. Доведено, що залізобетонних конструкціях, які експлуатуються при реальних параметрах навколишнього середовища, перша, друга та четверта умова в більшості випадків виконується і відсутність поширеної корозії арматури пояснюється тільки тим, що сталь в лужному середовищі бетону знаходиться в пасивному

стані. Захисні оксидні плівки, які утворюються на поверхні сталі в результаті дії лугів, перешкоджають розчину заліза та забезпечують цілісність арматури.

Корозія арматури залізобетонних конструкцій може початися лише після її депасивації (порушення цілісності захисних плівок). Основними причинами депасивації є: оголення арматури в результаті механічного ушкодження захисного шару бетону, нейтралізація захисного шару бетону під впливом кислих агресивних середовищ, у результаті чого знижується рН порової рідини в зоні розташування арматури, дія на залізобетон хлорвмісних і деякі інших агресивних середовищ, здатних руйнувати захисну плівку при високих (більше 12) значеннях рН.

Якщо арматура перебуває в напруженому стані, то швидкість її корозії в агресивному середовищі може значно збільшуватись, тому що при високих розтягуючих напругах порушується цілісність захисних оксидних плівок і поверхня в місцях розривів різко активізується, що може привести до утворення анодних ділянок і локальних ділянок корозії. Особливо небезпечно спільна дія агресивного середовища й розтягуючих напруг для високоміцних термічно зміцнених арматур, що характеризується зниженою пластичністю та схильністю до корозійного розтріскування. У таких випадках у структурі сталі розвиваються тріщини, орієнтовані нормально напрямку розтягування та приводять до крихкого руйнування.

Якщо вогнестійкість стиснутих елементів залізобетонних будівельних конструкцій визначається несучою здатністю, тоді важливими будуть види корозійного впливу природного оточуючого середовища, які впливають на механічні та теплофізичні властивості залізобетону. З огляду на вище викладене, зведемо основні види корозійного впливу природного середовища на стиснуті елементи залізобетонних конструкцій в таблицю 2.

Таблиця 2

Види корозійного впливу природного оточуючого середовища, що мають вплив на механічні та теплофізичні властивості залізобетону

№, п/п	Вид корозійного впливу	Характер руйнування	Вплив на механічні властивості	Вплив на зміну ТФХ
Корозія бетону				
1.	Вилужування	Розчинення та вимивання складових елементів цементного каменю водами з малою тимчасовою твердістю	Повільне протікання процесу – слабкий вплив	Повільне протікання процесу – слабкий вплив
2.	Вимивання	Взаємодія між цементним каменем та агресивними реагентами призводить до утворення легко розчинних продуктів, які виносяться з бетону у зовнішнє середовище в результаті дифузії, фільтрації, або атмосферних речовин	Повільне протікання процесу – слабкий вплив	Повільне протікання процесу – слабкий вплив
3.	Накопичення кристалічних новоутворень	Хімічні процеси призводять до утворення та накопичення новоутворень в порах та капілярах бетону	Повільне протікання процесу – слабкий вплив	Повільне протікання процесу – слабкий вплив

№, п/п	Вид корозійного впливу	Характер руйнування	Вплив на механічні властивості	Вплив на зміну ТФХ
4.	Поперемінне заморожування та відтаювання	Вода, якою насичений бетон під дією мінусових температур замерзає, викликаючи розширення бетону. При повторному заморожуванні відбувається подальше розширення та руйнування бетону	Достатньо швидке протікання процесу для Черкаського регіону – сильний вплив	Достатньо швидке протікання процесу для Черкаського регіону – сильний вплив
5.	Внутрішня корозія	Реакційна здатність компонентів бетону призводить до хімічної реакції між цементним каменем та заповнювачем, яка руйнує бетон	Повільне протікання процесу – слабкий вплив	Повільне протікання процесу – слабкий вплив
Корозія арматури				
1.	Електрохімічна корозія	Нейтралізації лужного середовища в бетоні кислотними рідинами або газами призводить до електрохімічної взаємодії арматури з навколишнім середовищем та як наслідок руйнування арматури	Повільне протікання процесу – слабкий вплив	Повільне протікання процесу – слабкий вплив

Висновки.

Отже, можна зробити висновок, що зі збільшенням часу впливу факторів оточуючого середовища корозійна руйнація залізобетону, а з ним і зміна механічних та теплофізичних властивостей, буде збільшуватись. Найбільший вплив на втрату залізобетоном своїх несучих властивостей чинить поперемінне заморожування та відтаювання. Тому при відновлення призупиненого будівництва необхідно вживати заходів, що підвищення теплофізичних та міцнісних властивостей залізобетонних конструкцій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Руфферт Г. Дефекты бетонных конструкций / Гюнтер Руфферт ; пер. с нем. И. Г. Зеленцова ; под ред. канд. техн. наук В. Б. Семенова. – М. : Стройиздат, 1987. – 111 с.
2. Домокеев А. Г. Строительные материалы : учеб. [для строит. спец. вузов инж.-пед. профиля] / Александр Георгиевич Домокеев. – [2-е изд. перераб. и доп.]. – М. : Высшая школа, 1989. – 495 с.
3. Ахвердов И. Н. Моделирование напряженного состояния бетона и железобетона / Ахвердов И. Н., Смольский А. Е., Скочеляс В. В. – Минск : Изд-во «Наука и техника», 1973. – 232 с.
4. Соломин Н. В. Высокотемпературная устойчивость материалов и элементов конструкций : [монография] / Николай Васильевич Соломин. – М. : Машиностроение. 1980. – 128 с.
5. Ильинский В. М. Строительная теплофизика (ограждающие конструкции и микроклимат зданий) : учеб. пособ. [для инж.-строит. вузов] / Ильинский В. М. – М. : Высш. школа, 1974. – 320 с.
6. Невилль А. М. Свойства бетона / Невилль А. М. ; пер. с англ. В. Д. Парфенова и Т. Ю. Якуб. – М. : Изд-во лит-ры по строительству, 1972. – 345 с.

7. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений : справочник в 2 т. / [под ред. д-ра техн. наук А. А. Герасименко]. – М. : Машиностроение, 1987– . – Т. 2. – 1987. – 688 с.
8. Долговечность железобетона в агрессивных средах / [Алексеев С. Н., Иванов Ф. М., Модры С., Шисль П.] ; под ред. Ф. М. Иванова. – М. : Стройиздат, 1990. – 320 с.
9. Москвин В. М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / [Москвин В. М., Иванов Ф. М., Алексеев С. Н., Гузеев Е. А.]. – М. : Стройиздат, 1980. – 536 с.
10. Москвин В. М. Коррозия бетона / Москвин В. М. – М. : Госстройиздат, 1952. – 344 с.

REFERENCES

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

В работе проведены аналитические исследования влияния разного рода климатических факторов на структуру и качественные свойства бетона и арматуры железобетонных конструкций. Установлено, что различают по крайней мере, три компонента - раствор, который подобен бетону, если рассматривать его как комбинацию фазы цементного камня и мелкого заполнителя, крупный заполнитель и стальная арматура. Исследовано влияние климатических факторов окружающей среды на теплофизические и физико-механические характеристики бетона. Установлено, что на свойства бетона влияют следующие процессы: - процессы, связанные с воздействием на бетон воды с малой жесткостью и водных растворов некоторых солей, которые способны растворять цементный камень, не вступая при этом в химическое взаимодействие с его компонентами (коррозия выщелачивания) - процессы, связанные с химическим взаимодействием между цементным камнем и агрессивными реагентами, которые приводят к образованию легко растворимых продуктов, которые выносятся из бетона во внешнюю среду в результате диффузии или фильтрации, или атмосферных веществ, которые не обладают вяжущими свойствами и не способны сопротивляться дальнейшей коррозии; - процессы, в результате которых в порах и капиллярах бетона происходит накопление кристаллических новообразований. Кроме этого на свойства железобетона влияют некоторые специфические виды коррозионного воздействия (процессы адсорбционного снижения прочности капиллярно-пористых материалов). Значительное негативное воздействие на бетон вызывает попеременное замораживание и оттаивание. Установлено, что увеличение количества трещин вызывает, также и внутренние процессы коррозии, которые не зависят от внешних воздействий на железобетон. Реакционная способность компонентов бетона создает возможность химической реакции между цементным камнем и заполнителем. Наряду с коррозией бетона, на качество и долговечность железобетона влияет также коррозия арматуры. Развитие процесса коррозии возможен по двум основным схемам: - коррозия арматуры после разрушения бетона в защитном слое; коррозия арматуры, когда бетон не обладает достаточными защитными качествами.

Ключевые слова: огнестойкость, железобетонные конструкции, теплофизические характеристики, прочностные характеристики, климатические факторы

*V. Nuyanzin, PhD, M. Kropyva, PhD, S. Vedula
Cherkassy institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes National University of Civil
Defense of Ukraine*

THE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON THE CHANGE OF HEAT AND PHYSICAL PROPERTIES OF FERROUS CONCRETE

The influence of various climatic factors on the structure and qualitative properties of concrete and reinforced concrete structures were carried out in the work. It is established that at least three components are distinguished in the composition of concrete - a solution that is similar to concrete, if considered as a combination of the phase of cement and fine filler, a large filler and steel fittings. It is established that the following processes are poured onto the properties of concrete: - processes which are related to the action on concrete of water with a low rigidity and aqueous solutions of certain salts that are capable of dissolving the cement stone without entering into the chemical interaction with its components (corrosion of the liquefaction); - processes that are related to the chemical interaction between cement stone and aggressive reagents, which lead to the formation of easily soluble products that are applied from the concrete into the environment by diffusion or filtration, or atmospheric substances that do not possess astringent properties and not able to resist further corrosion; - processes, resulting in accumulation of crystalline tumors in pores and capillaries of concrete. In addition, the properties of reinforced concrete are influenced by some specific types of corrosion effects (processes of adsorption decrease in the strength of capillary-porous materials). Significant negative impact on concrete is conditioned by another freezing and thawing. It is established that the increase in the number of cracks causes internal processes of corrosion, which do not depend on external influences on reinforced concrete. The reactivity of the concrete components creates the possibility of a chemical

reaction between the cement stone and the filler. Along with the corrosion of concrete, the quality and durability of reinforced concrete is also affected by corrosion of reinforcement. The development of the corrosion process is possible in two main schemes: - Corrosion of reinforcement after the destruction of concrete in the protective layer; corrosion of reinforcement, when concrete does not possess sufficient protective qualities.

Key words: fire resistance, reinforced concrete structures, thermophysical characteristics, strength characteristics, climatic factors