УДК 691.32
DOI https://doi.org/10.32782/2664-0406.2020.38.7

Шишкіна О.О.
к.т.н., доцент кафедри технології будівельних виробів, матеріалів та конструкцій,
Криворізький національний університет,
м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область

Шишкін О.О.
д.т.н., професор,
завідувач кафедри технології будівельних виробів, матеріалів та конструкцій,
Криворізький національний університет,
м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область

ВПЛИВ ЗМІННИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ТЕМПЕРАТУР НА АДГЕЗІЮ ГІПСОЦЕМЕНТНОГО БЕТОНУ

***Анотація**. У статті наведено результати досліджень міцності зчеплення гіпсоцементного бетону, модифікованого сполуками заліза, в умовах дії знакозмінних навантажень і знакозмінних температур. На основі аналізу літературних даних визначена мета досліджень, яка полягає в підвищенні міцності зчеплення гіпсоцементного бетону з поверхнею бетонних конструкцій в умовах дії знакозмінних навантажень та температур. Завдання: дослідити вплив комплексної добавки, що є системою «мінеральний комплекс на основі заліза – поліспирт» на величину адгезії гіпсоцементного бетону до бетонної поверхні в умовах дії знакозмінних навантажень і температур; визначити кількісні показники впливу означеної комплексної добавки. Основою досліджень стали відомі наукові положення. У роботі було вивчено вплив комплексної добавки до гіпсоцементного в'яжучого, яка складається із суміші мінерального комплексу, що містить залізо і модифікатора – вищого спирту. Особливістю досліджень представлених в роботі є вивчення одночасного впливу мінерального комплексу, що містить залізо, та вищого спирту на зміну міцності зчеплення гіпсоцементного бетону з поверхнею бетонної конструкції. У процесі досліджень встановлено, що означені мінеральні комплекси, що містять залізо, та застосовані вищі спирти змінюють величину адгезії гіпсоцементних бетонів до бетонної поверхні та зменшують вплив на величину адгезії знакозмінних температур та навантажень. Характер зміни адгезії гіпсоцементного бетону під впливом застосованих мінеральних комплексів, що містять залізо, та вищих спиртів залежить від їх кількості в бетоні. Проведеними дослідженнями встановлено особливості впливу на величину адгезії гіпсоцементного бетону комплексної добавки, яка являє собою дисперсну систему «мінеральний комплекс на основі заліза – поліспирт» залежно від кількості вищого спирту і кількості мінерального комплексу, що містить залізо, в бетоні. Адгезія гіпсоцементного бетону, який містить комплексну добавку, яка являє собою дисперсну систему «мінеральний комплекс на основі заліза – поліспирт», підвищується на 120...190% у порівнянні з бетоном без добавок.*

Ключові слова: бетон, мінеральний комплекс, залізо, вищий спирт, міцність зчеплення.

Постановка проблеми. Тривала експлуатація будівель і споруд більшості підприємств України зумовлює необхідність виконання робіт із відновлення їх експлуатаційних властивостей. Особливо складним є питання відновлення експлуатаційних властивостей бетонів конструкцій, які піддаються дії води або інших рідин.

При цьому важливе значення має напрямок руху цих рідин через тіло конструкції. Так, є значна кількість бетонних і залізобетонних конструкцій, які виконують захисну або огороджувальну роль, наприклад, конструкції підземних споруд (тунелів, гірничих виробок, метрополітенів та інші подібні до них).

Через тіло даних конструкцій, при втраті щільності бетоном в процесі експлуатації, починає просочуватися волога всередину споруди. Ліквідація даного явища питання досить складне і до теперішнього часу не вирішено остаточно.

Складність ремонту таких конструкцій полягає в тому, що зазвичай застосовується технічне рішення – нанесення шару монолітного бетону або покриття водонепроникними складами поверхні конструкцій, які влаштовуються з боку руху рідини, в даному випадку виконати практично неможливо. Оскільки це пов'язано з необхідністю забезпечення доступу до зовнішньої поверхні конструкції, а отже, до розкриття її. При неглибокому закладенні зазначених конструкцій це ще неможливо виконати, хоча призводить до значних, як фінансових, так і фізичних витрат, але при глибокому закладенні (гірничі виробки, метрополітени, тунелі під будівлями) це виконати неможливо.

Створення захисного шару на внутрішній поверхні таких конструкцій ускладнюється необхідністю обмеження його товщини через обмеження в можливості зменшення робочого простору споруди.

Тому захисні покриття для таких конструкцій повинні мати досить високу водонепроникність, для можливості мінімізації їх товщини і високою міцністю зчеплення з бетоном конструкцій.

Ще одним важливим фактором, який впливає на кінцеві властивості захисного покриття, особливо на міцність його зчеплення з бетоном конструкції, яку ремонтують, є знакозмінні навантаження, що виникають у цьому покритті в результаті роботи технологічного обладнання або вибухових робіт в прилеглих кар'єрах, що спостерігається в умовах Криворізького залізорудного басейну.

Однак вплив знакозмінних механічних впливів при формуванні властивостей вказаних захисних покриттів на їх кінцеві властивості, зокрема на міцність зчеплення з бетоном ремонтованих конструкцій, одного з найважливіших показників якості ремонтних складів, у даний час практично не вивчено.

У зв'язку із цим проблема управління властивостями водозахисних покриттів бетону в умовах формування цих властивостей під час дії знакозмінних механічних впливів в тому числі сейсмічних є в даний час актуальною.

Аналіз останніх досліджень. Бетон являє собою дисперсну систему «цемент – комплексна добавка – заповнювач – вода», яка, згідно з визначенням [1], являє собою систему «матриця – поверхня розділу – заповнювач», в якій матрицею є дисперсна система «цемент – комплексна добавка – вода», або продукт, який утворився в наслідок її гідратації.

У процесі твердіння даної системи утворюється композиційний матеріал, пружні деформації якого, під час дії зовнішнього навантаження, переважають над пластичними. Основною властивістю цього композиційного матеріалу, згідно з [1–4] і з урахуванням мети досліджень даної роботи є міцність зчеплення з основою, з якою цей конгломерат контактував під час тверднення.

Властивості бетону починають формуватися безпосередньо з моменту змішування його компонентів. Тому адгезія

цементного тесту до основи, на яку воно наноситься, є одним із факторів, що визначають кінцеву якість ремонтних бетонів і розчинів.

Відомі дослідження міцності зчеплення цементного тіста і інших захисних покриттів із бетонною поверхнею [4–7] виконувалися в умовах відсутності дії тиску рідини з тіла бетону. Дані ж про вплив на міцність зчеплення цементного тіста і інших захисних покриттів із бетонною поверхнею знакозмінних механічних впливів практично відсутні, що і зумовило необхідність виконання таких досліджень.

Аналіз літературних даних [4; 8; 9] показав, що в даних умовах найбільш раціонально використовувати системи на основі гіпсоцементного в'яжучого, модифіковані комплексною добавкою, що представляє собою систему «мінеральний комплекс на основі заліза – поліспирт» із додатковим введенням у систему коригувальних добавок. Це дозволить забезпечити високу адгезію даної системи до матеріалів будівельних конструкцій за рахунок переведення значної кількості води в бетоні у зв'язаний стан і створення значної кількості контактів між компонентами цього бетону і матеріалом будівельної конструкції, а також утворенням продуктів взаємодії між іонами заліза і поліспиртів, що підвищують щільність бетону.

Мета дослідження – підвищити міцність зчеплення гіпсоцементного бетону з поверхнею бетонних конструкцій в умовах дії знакозмінних навантажень та температур для розширення галузі їх застосування в будівництві. Завдання: дослідити вплив комплексної добавки, що є системою «мінеральний комплекс на основі заліза – поліспирт», на величину адгезії гіпсоцементного бетону до бетонної поверхні в умовах дії знакозмінних навантажень і температур; визначити кількісні показники впливу означеної комплексної добавки.

Об'єкти та методи дослідження. У першій групі експериментів досліджувалася міцність зчеплення модифікованого гіпсоцементного тіста з бетонною поверхнею в залежності від часу додатки і тривалості знакозмінних навантажень.

Змінними параметрами даної системи були: утримання в гіпсоцементному тісті поліспиртів, залізовмісних речовин, час початку додавання та тривалість дії знакозмінних механічних впливів. Вихідним параметром – міцність зчеплення гіпсоцементного тіста з бетонною основою.

Цементне тісто готувалося на портландцементі М 400 (ПАТ «Хайдельберг цемент Кривий Ріг»), дрібний заповнювач – відходи збагачення залізних руд Новокриворізького гірничо-збагачувального комплексу ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг» (Україна), що мають максимальний розмір часток 0,63 мм. У вищого спирту – пропандіол-1,2,3.

До портландцементу додавали гіпс і комплексну добавку «ЖПС», що є системою «мінеральний комплекс на основі заліза – поліспирт». Вміст мінерального комплексу на основі заліза в гіпсоцементному тісті, згідно з даними [4], у всіх випадках був прийнятим 19% від маси системи. Приготоване гіпсоцементне тісто наносили на поверхню спеціально підготовлених бетонних зразків – основи, і отриману систему піддавали дії знакозмінних температурних і механічних впливів.

Температуру гіпсоцементного тіста змінювали від (291±2)К до (263±2)К шляхом розташування системи «гіпсоцементне тісто – основа» в морозильній камері. Знакозмінні механічні навантаження створювали докладанням вібраційних навантажень частотою 3000 кол./хв. амплітудою 0,5 мм.

Результати досліджень. В умовах експерименту введення в гіпсоцементне тісто поліспирту (ПС) призводить до збільшення його адгезії до бетонної поверхні (табл. 1), при мінусовій температурі системи.

Таблиця 1. Адгезія цементного тесту до бетону при температурі системи (263±2)К

Вміст ПС, %	Величина адгезії, кПа, при вмісті добавки в цементі, %			
	0	0,2	0,4	0,6
0	0,20	0,28	0,34	0,36
0,1	1,69	1,92	2,15	1,85
0,15	2,38	2,45	2,49	2,35
0,20	1,61	2,12	2,12	1,86

Введення в гіпсоцементне тісто комплексної добавки «ЖПС» в умовах експерименту призводить до зниження впливу знакозмінних механічних впливів на міцність його зчеплення з бетонною основою (табл. 2).

В умовах заморожування гіпсоцементного тіста, після його нанесення на бетонну поверхню конструкції, збільшення часу до початку докладання знакозмінного навантаження до деякої величини призводить до збільшення міцності зчеплення гіпсоцементного тіста з основою (табл. 3).

Таблиця 2. Міцність зчеплення цементного тесту з основою

Наявність добавки	Міцність зчеплення, кПа, при часу до початку додатки знакозмінної навантаження, хв						
	0	10	30	50	70	100	150
1	2	3	4	5	6	7	8
без добавки	1,1	1,22	1,26	1,3	1,22	1,18	0,5

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8
хлористий кальцій 1%	1,32	1,35	1,37	1,34	1,20	1,10	0,6
Силикат натрия 1%	1,36	1,38	1,35	1,31	1,20	1,00	0,5
ЖПС 20%	1,85	1,98	2,17	2,43	2,36	2,35	2,26

Примітка: температура середовища твердіння (291±2)К

При цьому міцність зчеплення гіпсоцементного тіста з основою збільшується під час дії знакозмінного навантаження, якщо початок його застосування не перевищує часу початку тужавлення гіпсоцементного в'яжучого (табл.4).

Таблиця 4. Оптимальний час докладання знакозмінного навантаження

Умови твердіння	Час початку тужавіння гіпсоцементного в'яжучого, хв	Оптимальний час докладання знакозмінного навантаження, хв
1	2	3
Температура (291±2)К	30	22
Заморожування 20 хв.	50	42
Заморожування 40 хв.	100	95

Таблиця 3. Міцність зчеплення гіпсоцементного тіста з основою при заморожуванні системи

Умови заморожування	Міцність зчеплення, кПа, при часу до початку докладання знакозмінного навантаження, хв							
	0	10	30	50	70	100	150	200
без заморожування	1,85	1,98	2,17	2,43	2,36	2,35	2,26	2,1
заморожування 20 хв.	-	-	1,78	1,91	2,6	2,2	1,93	1,85
Те саме 40 хв.	-	-	-	1,62	1,86	1,94	1,9	1,73
Те саме 60 хв.	-	-	-	-	1,76	1,93	2,4	1,87

Примітка: заморожування до температури (263±2)К

Продовження таблиці 4

Заморожування 60 хв.	120	110

Примітка: заморожування до температури (263±2)К

Збільшення часу дії знакозмінних навантажень у всіх випадках знижує міцність зчеплення гіпсоцементного тіста з основою (табл. 5), якщо час початку їх застосування перевищує час початку тужавіння гіпсоцементного в'яжучого. І збільшує – якщо воно не перевищує час початку тужавіння гіпсоцементного в'яжучого.

Якщо знакозмінні навантаження починають здійснювати вплив на систему «ремонтний бетон – конструкція, що ремонтується» після придбанням ремонтним бетоном певної міцності зчеплення з основою, їх вплив на властивості системи значно знижуються (табл. 6).

Таблиця 5. Вплив часу докладання знакозмінного навантаження на міцність зчеплення гіпсоцементного тіста з основою

Час початку докладання знакозмінного навантаження, хв	**Міцність зчеплення, кПа, при часу докладання знакозмінного навантаження, хв.**				
	0	20	40	60	120
0	1,85	1,98	2,24	2,3	2,27
20	1,85	1,92	1,98	2,10	2,12
70	1,45	1,43	1,40	1,36	1,33
120	1,30	1,34	1,30	1,24	1,22

Примітка: початок тужавіння гіпсоцементного в'яжучого – 30 хв

Таблиця 6. Вплив часу докладання знакозмінного навантаження і початкової міцності гіпсоцементного каменю на міцність його зчеплення з бетонною поверхнею будівельної конструкції

Міцність цементного каменю, МПа	**Міцність зчеплення, МПа, при тривалості дії знакозмінного навантаження, с.**				
	0	20	40	60	120
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
0,5	2,1	1,9	1,86	1,82	1,75

Продовження таблиці 6

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1,2	2,4	2,3	2,26	2,23	2,21
1,8	2,5	2,45	2,42	2,40	2,38

Примітка: температура твердіння (268±2)К

При цьому чим вище міцність зчеплення бетону з основою в момент докладання знакозмінних навантажень, тим менше їх вплив.

Таким чином, вплив знакозмінних навантажень і температури навколишнього середовища на систему «ремонтний бетон – конструкція, що ремонтується» викликає зниження міцності зчеплення гіпсоцементного тіста ремонтного бетону з поверхнею будівельних конструкцій. При цьому значну роль відіграє час початку докладання та тривалість цих впливів на дану систему.

Висновки. Проведені дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. Знакозмінні температури і навантаження здійснюють значний вплив на міцність зчеплення гіпсоцементного каменю, а отже, і бетону з основою.

2. Збільшення часу впливу негативних температур і докладання знакозмінного навантаження призводить до зменшення міцності зчеплення ремонтного бетону з поверхнею ремонтованої будівельної конструкції.

3. Зменшення впливу дії знакозмінних навантажень і температури навколишнього середовища на властивості системи «ремонтний бетон – конструкція, що ремонтується» здійснюється введенням в ремонтний бетон комплексної добавки, що представляє собою дисперсну систему «мінеральний комплекс на основі заліза – поліспирт», що сприяє поліпшенню якості ремонтних робіт за рахунок підвищення міцності контакту між елементами системи.

4. При цьому оптимальне співвідношення між компонентами комплексної добавки мінеральний комплекс на основі заліза: поліспирт становить 10: 0,5 при її загальному вмісті у кількості 20% від маси системи.

Література

1. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Сиренко А.В. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости. Київ : Будивельник, 1991. 144 с.
2. Кузнецова Т.В., Кудряшов И.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих материалов. Москва : Высш.шк., 1989. 384 с.
3. Баженов Ю.М. Технология бетона. Москва : Высш.шк.,1978. 449 с.
4. Шишкин А.А. Специальные бетоны для усиления строительных конструкций, эксплуатирующихся в условиях действия агрессивных сред : дис. ... докт. техн. наук. Кривой Рог, 2003. 356 с.
5. Руденко Н.Н. Тяжелые бетоны с высокими эксплуатационными свойствами. Днепропетровск : Арт-Пресс, 1999. 260 с.
6. Пшінько О.М. Підводне бетонування та ремонт штучних споруд : монографія. Дніпропетровськ : Пороги, 2000. 411 с.
7. Большаков В.И., Деревянко В.Н. Дисперсно-армированные покрытия строительных конструкций и технологического оборудования. Днепропетровск : Gaudeamus, 2001. 231 с.
8. Миронов С.А. Теория и методы зимнего бетонирования. Москва : Стройиздат, 1975. 700 с.
9. Сизов В.Н. Строительные работы в зимних условиях. Москва : Гостстройиздат, 1951. 512 с.

References

1. Solomatov V.I., Vyirovoy V.N., Dorofeev V.S., Sirenko A.V. Kompozitsionnyie stroitelnyie materialyi i konstruktsii ponizhennoy materialoemkosti. KiYiv: Budivelnik, 1991. 144.
2. Kuznetsova T.V., Kudryashov I.V., Timashev V.V. Fizicheskaya himiya vyazhuschih materialov. Moskva: Vyissh.shk., 1989. 384.
3. Bazhenov Yu.M. Tehnologiya betona. Moskva: Vyissh.shk.,1978. 449 s.
4. Shishkin A.A. Spetsialnyie betonyi dlya usileniya stroitelnyih konstruktsiy, ekspluatiruyuschihsya v usloviyah deystviya agressivnyih sred. Dis..... dokt. tehn. nauk. Krivoy Rog, 2003. 356.
5. Rudenko N.N. Tyazhelyie betonyi s vyisokimi ekspluatatsionnyimi svoystvami. Dnepropetrovsk: Art-Press, 1999. 260.
6. PshInko O.M. PIdvodne betonuvannya ta remont shtuchnih sporud: MonografIya. DnIpropetrovsk: Porogi, 2000. 411.
7. Bolshakov V.I., Derevyanko V.N. Dispersno-armirovannyie pokryitiya stroitelnyih konstruktsiy i tehnologicheskogo oborudovaniya. Dnepropetrovsk: Gaudeamus,2001. 231.
8. Mironov S.A. Teoriya i metodyi zimnego betonirovaniya. Moskva: Stroyizdat, 1975. 700.
9. Sizov V.N. Stroitelnyie rabotyi v zimnih usloviyah. Moskva: Gostsroyizdat, 1951. 512.

THE INFLUENCE OF CHANGING FORCES AND TEMPERATURES ON THE CONNECTING STRENGTH OF GYPSOCEMENT CONCRETE

Abstract. *The article presents the results of studies of the adhesion strength of gypsum-cement concrete modified with iron compounds under the conditions of alternating loads and alternating temperatures. Based on the analysis of literature data, the purpose of the research is determined, which is to increase the adhesion strength of gypsum-cement concrete to the surface of concrete structures under the conditions of alternating loads and temperatures. Objectives: to investigate the effect of a complex additive that is a system of "mineral complex based on iron – polyalcohol" on the value of the adhesion of gypsum-cement concrete to the concrete surface under conditions of alternating loads and temperatures; to determine quantitative indicators of the impact of the specified complex additive. The basis of research were known scientific positions. The effect of a complex additive to gypsum-cement binder, which consists of a mixture of a mineral complex containing iron and a modifier – higher alcohol, was studied. The peculiarity of the research presented in the work is the study of the simultaneous effect of a mineral complex containing iron and higher alcohol on the change in the strength of adhesion of gypsum-cement concrete to the surface of the concrete structure. In the course of research it was found that these mineral complexes containing iron and higher alcohols used change the amount*

of adhesion of gypsum cement concrete to the concrete surface and reduce the impact on the amount of adhesion of alternating temperatures and loads. The nature of the change in the adhesion of gypsum cement concrete under the influence of the applied mineral complexes containing iron and higher alcohols depends on their amount in concrete. The research established the peculiarities of the influence of the complex additive on the value of adhesion of gypsum cement concrete, which is a dispersed system "mineral complex based on iron – polyalcohol", depending on the amount of higher alcohol and the amount of mineral complex containing iron in concrete. The adhesion of gypsum-cement concrete, which contains a complex additive, which is a dispersed system of "mineral complex based on iron – polyalcohol", increases by 120... 190% compared to concrete without additives.
Key words: concrete, mineral complex, iron, higher alcohol, adhesion strength.

Shishkina O.O.
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department
of Technology of Building Products, Materials and Structures,
Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Dnipropetrovsk region
Shishkin O.O.
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department of Technology of Building Products, Materials and Structures,
Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Dnipropetrovsk region