

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. Загальна характеристика і класифікація добавок для бетонів і будівельних розчинів.....	7
1.1. Загальна характеристика добавок.....	8
1.2. Класифікація добавок.....	10
1.3. Методи оцінки і визначення ефективності добавок для бетонів і розчинів.....	19
1.4. Визначення окремих класифікаційних груп добавок	22
2. Добавки пластифікувальної групи.....	25
2.1. Суперпластифікувальні добавки.....	33
2.2. Сильнопластифікувальні добавки.....	43
2.3. Пластифікувальні добавки.....	49
2.4. Техніко-економічна ефективність добавок пластифікувальної групи.....	54
3. Стабілізуючі, водоутримувальні добавки. Добавки, що поліпшують перекачування.....	58
4. Добавки, що регулюють терміни зберігання легкоукладальності сумішей, тужавіння і тверднення бетонів та будівельних розчинів.....	68
4.1. Добавки, що збільшують терміни зберігання рухомості сумішей, сповільнюють тужавіння і тверднення бетонів та будівельних розчинів.....	68
4.2. Добавки, що зменшують термін зберігання рухомості сумішей, прискорюють тужавіння і тверднення бетонів та будівельних розчинів.....	74
4.3. Застосування добавок-прискорювачів тужавіння і тверднення.....	83
5. Повітровтягувальні, піноутворювальні та газоутворювальні добавки.....	88
5.1. Повітровтягувальні добавки.....	88
5.2. Газоутворювальні добавки.....	96

5.3. Піноутворювальні добавки.....	100
6. Кольматуючі добавки для бетонів та розчинів. Добавки, що підвищують захисні властивості бетону щодо сталевій арматури.....	108
6.1. Кольматуючі добавки.....	108
6.2. Добавки, що підвищують захисні властивості бетону щодо сталевій арматури (інгібітори корозії сталі).....	111
7. Гідрофобізуючі добавки	117
8. Протиморозні добавки	123
9. Мінеральні добавки. Добавки, що підвищують корозійну стійкість.....	136
10. Добавки, що підвищують морозостійкість.....	154
11. Добавки, що регулюють процеси усідання і розширення.....	156
12. Біоцидні добавки.....	163
13. Полімерні добавки.....	168
14. Добавки, що підвищують стійкість щодо висолоутворення.....	173
15. Комплексні добавки.....	178
16. Особливості технології бетону з добавками.....	191
16.1 Вибір добавок.....	191
16.2 Технологія приготування добавок.....	196
17. Охорона праці та техніка безпеки при роботі з хімічними добавками.....	211
Додатки.....	216
Список літератури.....	221

Добавки, що надають бетонам (розчинам) спеціальних властивостей:

- 1) протиморозні;
- 2) гідрофобні;
- 3) біоцидні;
- 4) підвищують стійкість щодо висолоутворення.

Поділ індивідуальних добавок на класи за механізмом дії на процеси тверднення мінеральних в'язучих речовин покладений в основу систематизації В. Б. Ратіновим [24].

Варто зазначити, що якщо для мономінеральних в'язучих речовин класифікація добавок за механізмом їх дії може бути однозначною, то для полімінеральних в'язучих така можливість часто ускладнюється, особливо коли мова йде про добавки електролітів. Це пояснюється тим, що складові портландцементного клінкера, які вміщують алюміній і кремній, досить різко відрізняються за своєю здатністю до взаємодії з добавками електролітів: C_3A і C_4AF - схильні до реакцій приєднання з утворенням відповідних подвійних солей-гідратів; C_3S і β - C_2S - не схильні до реакцій приєднання з цими добавками, що вводяться у звичайних для них дозуваннях.

Отже, та сама добавка за її впливом на різні фази цементу може бути віднесена до різних класів. Однак така ж ситуація спостерігається і при використанні інших принципів побудови систематизації добавок, причому в цьому випадку не тільки не ускладнюється їх вивчення, але навпроти, це дозволяє ширше розкрити різноманіття дії добавок на процеси тверднення і структурно-механічні властивості бетонів. Більше того, врахування впливу добавки на різні фази цементу дозволяє визначити, який з аспектів механізму дії цієї добавки превалює на різних стадіях гідратації в'язучих і як впливає склад в'язучих, температура, водоцементне відношення та інші технологічні фактори на ефективність добавки. Тобто це дозволяє наблизитися до свідомого керування процесами

тверднення бетонів за допомогою добавок та кількісному врахуванню їх ролі в структуроутворенні і підборі нових ефективних індивідуальних добавок і їх композицій.

Добавки в запропонованій класифікації залежно від складу підрозділяються на індивідуальні і комплексні. Комплексні добавки розглядаються як сполучення індивідуальних. Таким чином, класифікація комплексних добавок не носить самостійного характеру, а є похідною від основної класифікації.

Всі індивідуальні добавки виходячи з механізму їх дії на процеси гідратаційного тверднення в'язучих у бетонах за Ратіновим В. Б. можна розділити на чотири класи:

1. Добавки **першого класу** - електроліти, що змінюють розчинність в'язучих речовин (добавки, що регулюють терміни тужавіння та швидкість тверднення в'язучих речовин).

1.1. Добавки, що не вміщують однойменних з в'язучими іонів (K_2SO_4 , KCl , $NaNO_3$ тощо).

1.2. Добавки, що містять однойменні з в'язучими іони (ХК, НК, ННК, ННХК, гіпс тощо).

2. Добавки **другого класу**, що реагують із в'язучими речовинами з утворенням важкорозчинних або малодисоційованих сполук (добавки, що суттєво впливають на терміни тужавіння та гідратаційне тверднення в'язучих речовин).

2.1. Добавки **першої групи**, що вступають із в'язучими речовинами в реакції приєднання (ХК, НК, гіпс, спирти, аміни, органічні кислоти тощо).

2.2. Добавки **другої групи**, що вступають з в'язучими речовинами в обмінні реакції ($NaCl$, KCl , $NaNO_2$, KNO_3 , Na_2SiO_3 , K_2SiO_3 , Na_2SO_4 , K_2CO_3 , NaF , $Fe_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $Fe(NO_3)_3$, натрієві та калієві солі органічних кислот тощо).

3. Добавки **третього класу** - готові центри кристалізації (кристалічні затравки – гідросульфоалюмінати та гідросілікати кальцію, молотий бій силікатних виробів тощо).

4. Добавки **четвертого класу** - органічні поверхнево-активні речовини (ПАР).

4.1. Добавки **першої групи** – гідрофілізуючі (суперпластифікатори полікарбоксилатного, нафталін-формальдегідного, меламінформальдегідного типів, лігносульфонати тощо).

4.2. Добавки **другої групи** – гідрофобізуючі (ГФ113-63, ГФ136-41, 136-157М, ГКЖ-10, ГКЖ-11 тощо).

Класифікація комплексних добавок В. Б. Ратіновим пропонується у наступному вигляді:

1. Комплексні добавки **першої категорії**.

1.1. Суміші добавок **першого класу**.

1.2. Суміші добавок **другого класу**.

1.3. Суміші добавок **третього класу**.

1.4. Суміші добавок **четвертого класу**.

2. Комплексні добавки **другої категорії**.

2.1. Суміші добавок **першого і другого, першого або другого і третього класів** - електролітів і готових центрів кристалізації.

2.2. Суміші добавок **першого або другого і четвертого класів** - електролітів і ПАР.

2.3. Суміші добавок **третього і четвертого класів** - готових центрів кристалізації і органічних ПАР.

Таким чином очевидно, що класифікаційна схема добавок за основним ефектом дії є більш зручною з точки зору вибору та застосування добавок, в той час як для більш повного розуміння механізму дії існуючих добавок та при розробці нових добавок доцільно використовувати класифікацію за механізмом дії.

Основний ефект дії добавки визначають за її оптимальної дози шляхом співставлення показників якості бетонів та розчинів з добавкою і контрольного складу (без добавки). Для добавок поліфункціональної дії слід оцінювати не менше двох основних ефектів.

Вибір оптимальної дози добавки і визначення її основного ефекту дії слід робити на підставі співставлення властивостей бетонної і розчинової суміші, бетону і розчину з трьома і більше різними дозами з властивостями контрольного складу (без добавки).

Якість добавок для бетонів і розчинів повинна відповідати вимогам нормативної і технічної документації, підтверджуватися документом про якість і контролюватися за методиками, що наводяться в нормативній документації на добавки конкретного виду.

При розробленні нових добавок слід визначати їх вплив на властивості бетонної і розчинової суміші, бетону і розчину, арматурну сталь, а також токсичність, вибухо- і пожежебезпеку, здатність до зберігання їх у часі, відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-171:2008 та ДСТУ Б В.2.7-69.

Критерій ефективності – це показник або показники основного ефекту дії добавки. Так, наприклад, до суперпластифікувальних добавок відносять такі добавки, які забезпечують збільшення рухливості бетонної суміші від P1 (OK = 1-4 см) до P5 (OK = 21 см). Якщо добавка забезпечує збільшення рухомості від P1 до P4 (OK = 16-20 см), то вона може бути віднесена до сильнопластифікувальних добавок. І, нарешті, якщо добавка забезпечує збільшення рухливості від P1 до P3, то її варто віднести до пластифікувальних добавок.

Свої специфічні критерії ефективності встановлені і для інших груп добавок. Таким чином, хімічні добавки є одним з ефективних інструментів спрямованого впливу на структуру і технічні властивості бетонних сумішей і затверділих бетонів.

Введенням до складу бетонної суміші хімічних добавок у вигляді окремих продуктів або їх сполучень досягається один або одночасно кілька показників ефективності:

1) зниження витрати цементу до 12% або підвищення міцності бетону в проектному віці до 25%;

2) поліпшення технологічних властивостей бетонної суміші (рухомість, однорідність, нерозшаровуваність і ін.);

3) керованість втрати рухомості бетонної суміші в часі, швидкості процесів тужавіння, тверднення, тепловиділення;

4) скорочення тривалості тепловологісної обробки виробів до 40%, прискорення строків розпалубки і завантаження монолітних конструкцій;

5) надання укладеному бетону здатності тверднення в зимовий час без обігріву або прогріву при охолодженні його до мінус 25°C;

6) підвищення морозостійкості бетону в 2-3 рази і більше;

ж) підвищення щільності та непроникності бетону на 1-2 марки;

7) підвищення стійкості бетону і залізобетону в різних агресивних середовищах.

Основні види добавок відповідно до класифікації наведені в табл. 2.

Таблиця 2
Види і найменування основних добавок для бетонів і розчинів

№	Вид добавок	Найменування добавок *
1	2	3
1	Суперпластифікувальні	Суперпластифікатори полікарбоксилатного, нафталінформальдегідного, меламінформальдегідного типів, очищенні лігносульфонати
2	Сильнопластифікувальні	Модифіковані лігносульфонати
3	Пластифікувальні	Кремнійорганічні сполуки, ГКЖ-10, ГКЖ-11, ГФ136-41 (ГКЖ-94), ПГЭН, промислові відходи СДБ, ССБ, ВРП-1, ЛСТ, УПБ, С-1, ПДК, пластифікатор адипіновий - ПАЦ-1 і ін.
4	Водоутримувальні (стабілізуючі)	ПОЭ, МЦ, ГП, низьков'язкі ефіри целюлози і крохмалю та ін.
5	Що поліпшують перекачування	ПОЭ, МЦ, ГП, КОД-С, бентоніт та ін.
6	Що подовжують строки тужавлення	ЛСТ, НТФ, КП, ФЕС та ін.
7	Що скорочують строки тужавлення	П, ХК, НК, ННК, ННХК, ХН, СН, алюмінат натрію та ін.
8	Повітровтягувальні (для легких бетонів)	СНВ, КТП, ОТП, СДО, ОП, ЩСПК, ЩСПКм, НЧК, КЧНР, ГКЖ-10, ГКЖ-11, ПФЛХ, ПМЩ, ЛХД, сульфанол та ін.
9	Піноутворювальні (для легких бетонів)	Сульфанол, Неозол, Неопор, ПО-1, ПО-6, ПО-6К, ПО-ПБ-1, ПБ-2000 та ін.
10	Газоутворювальні (для легких бетонів)	Полігідросилоксани типу ГФ 136-41, 136-157М, пудра алюмінієва ПАК або ПАП-1

Продовження таблиці 2

1	2	3
11	Що прискорюють тверднення	Сульфат натрію (СН), Нітрат натрію (НН), Хлорид кальцію (ХК), Нітрат кальцію (НК), Нітрит-нітрат-сульфат натрію (ННСН), Нітрит-Нітрат-Хлорид кальцію (ННХК) та ін.
12	Що сповільнюють тверднення	Лігносульфонати (ЛСТ), нітрол-триметиленфосфоновна кислота (НТФ), кормова цукрова патока КП, глюконат натрію, та ін.
13	Кольматуючі	Хлорид і сульфат заліза, сульфат алюмінію, смоли С-89, ДЭГ-1, ТЭГ-1 та
14	Газоутворювальні	Алюмінієва пудра, ГКЖ-94 та ін.
15	Повітровтягувальні	СНВ, СДО, ОП, ЩСПК, ЩСПКм, НЧК, КЧНР, ГКЖ-10, ГКЖ-11, ПФЛХ, ПМЩ, ЛХД та ін.
16	Добавки, які підвищують захисні властивості бетону щодо сталеві арматури	Нітрит натрію, біхромати натрію або калію, тетраборат натрію (калію), нітрит-нітрат кальцію, катапін
17	Протиморозні	Хлориди натрію і кальцію, поташ, нітрит натрію, форміат натрію, сечовина та комплекси на їх основі
18	Гідрофобізуючі	ГФ113-63, АМСР-3, Пента 814, Пента 820 та ін. ГФ136-41 (ГКЖ-94), 136-157М (ГКЖ-94М), КОМД-С, ГКЖ-10, ГКЖ-11, сірчаноокислі солі пінозолінів
19	Біоцидні	Катапін-Бактерицид, оловоорганічний біоцид - ластонокс, латексний біоцид АБП-40, пентахлорфенолят натрію, катамін, катипін

***Примітка.** Розшифровка скороченого найменування добавок приводиться нижче при описі відповідних груп добавок.

Через значні розходження хімічних добавок за речовинним складом і специфічним властивостям, характер їх впливу на бетонні (розчинові) суміші і бетони (розчини) може істотно відрізнятись, а іноді носити вибірковий характер. Ця картина доповнюється значними варіаціями в складі застосовуваних в'язучих речовин і індивідуальними особливостями впливу окремих добавок на властивості бетонних (розчинових) сумішей і бетонів (розчинів), що з цього випливають.

Таким чином, узагальнення даних про вплив різних добавок на бетони (розчини), а також прогнозування характеру і ступеню впливу окремих їх різновидів на ті або інші властивості бетонних сумішей і бетонів пов'язані з певними труднощами. Тому визначення ефективності добавок та їх оптимального вмісту у конкретних умовах, як правило, здійснюється експериментальним шляхом.

1.3. Методи оцінки і визначення ефективності добавок для бетонів і розчинів

Застосуванню добавок у бетонах (розчинах) повинні передувати випробування властивостей бетонних (розчинових) сумішей і бетонів (розчинів) відповідно до вимог діючих стандартів, нормативно-технічної або проектно-технологічної документації.

В свою чергу бетони (розчини) з добавками, бетонні (розчинові) суміші, сировинні матеріали, технологія виготовлення виробів і конструкцій повинні задовольняти вимогам державних стандартів, будівельних норм і правил та інших нормативних документів на конкретні види виробів і конструкцій з урахуванням їх призначення.

Доцільність застосування добавок у бетонах визначається досягненням різних технологічних і економічних ефектів при експлуатації виробів і конструкцій.

За показниками якості добавки повинні відповідати вимогам відповідної нормативно-технічної документації на конкретний продукт, а за загальними вимогами і показником ефективності дії (критерієм ефективності) відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-171:2008.

Ефективність добавок визначають порівнянням показників якості бетонних (розчинових) сумішей, бетонів (розчинів) контрольного і основного складів.

Оптимальна доза добавки - мінімальна кількість добавки, що дає можливість одержати максимальний основний технологічний або технічний ефект без зниження (або з допустимим рівнем зниження) інших показників якості бетонної (розчинової) суміші або бетону (розчину).

Показник ефективності дії добавки по ДСТУ Б В.2.7-171:2008 оцінюють у наступному порядку:

- спочатку випробовують бетон (розчин) контрольного складу,
- потім визначають оптимальну дозу добавки в основних складах;
- далі порівнюють показники бетонної (розчинової) суміші і бетону (розчину) контрольного і основного складів.

Ефективність добавок, що надійшли на підприємство, оцінюють у наступній послідовності:

- 1) дається оцінка відповідності добавок критерію ефективності за ДСТУ Б В.2.7-171:2008;
- 2) здійснюється оцінка ефективності добавок стосовно до конкретних умов виробництва.

Ефективність добавок оцінюють у лабораторії підприємства і на виробництві при дотриманні наступних умов:

- а) виготовляють бетон (розчин) контрольного і основного складів, що застосовуються на виробництві;

- б) у лабораторних і виробничих умовах уточнюють обрану оптимальну дозу добавки з урахуванням мети її застосування;
- в) роботу проводять при температурі навколишнього середовища і матеріалів, що відповідають умовам виробництва;
- г) теплову обробку бетонів проводять по режимах, прийнятих на виробництві:
 - в лабораторних умовах, у лабораторній пропарювальній камері;
 - у виробничих умовах разом з відповідними виробами і конструкціями.

Дослідження ефективності добавки варто починати з визначення основного ефекту, для досягнення якого добавка призначена (за ДСТУ Б В.2.7-171:2008), і експериментального уточнення оптимального дозування добавки.

Поряд з основним ефектом варто визначати наявність можливих вторинних ефектів, що є наслідком основного ефекту, а також побічних (позитивних або негативних) ефектів, що проявляються одночасно з основним.

При розробленні нових добавок слід визначати їх вплив на властивості бетонної і розчинової суміші, бетону і розчину, арматурну сталь, а також токсичність, вибухо- і пожежебезпеку, здатність до зберігання їх у часі, відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-171:2008 та ДСТУ Б В.2.7-69.

1.4. Визначення окремих класифікаційних груп добавок

Суперпластифікувальні, сильнопластифікувальні та пластифікувальні добавки – добавки, що без зміни консистенції сприяють зниженню вмісту води в даній бетонній (розчиновій) суміші (водоредукуючий ефект), або які без зміни вмісту води збільшують осідання розпливання суміші (пластифікувальний ефект), або продукують обидва ефекти одночасно.

Водоутримувальні (стабілізуючі) добавки – добавки, які зменшують водо- і розчиновідділення бетонної (розчинової) суміші шляхом зниження розпливання суміші, що сприяє зменшенню розшаровуваності бетонної (розчинової) суміші та зменшує опір у трубопроводі бетононасосу і прискорює переміщення по ньому бетонної суміші.

Повітровтягувальні добавки – добавки, які забезпечують рівномірне розподілення у бетонній (розчиновій) суміші під час перемішування контрольованої кількості дрібнодисперсних часток повітря, які залишаються у бетоні (розчині) після затверднення.

Піноутворювальні добавки – добавки, що забезпечують можливість отримання технічної піни необхідної якості, що при змішуванні з компонентами бетонної (розчинової) суміші дозволяє отримувати бетони ніздрюватої (поризованої) структури.

Газоутворювальні добавки – добавки, що викликають виділення газу при хімічній взаємодії з продуктами гідратації цементу для утворення бетонів ніздрюватої (поризованої) структури.

Добавки, що регулюють строки тужавлення – добавки, що скорочують або подовжують час початку переходу суміші від в'язкоплинного до твердого стану.

Добавки, що регулюють термін зберігання рухомості суміші – добавки, що скорочують або подовжують термін зберігання початкової рухомості бетонної (розчинової) суміші.

Добавки, що регулюють тверднення – добавки, що прискорюють або сповільнюють розвиток ранньої міцності бетону (розчину), впливаючи або не впливаючи на строки тужавлення.

Добавки, що знижують проникність бетону – добавки, що підвищують марку бетону за водонепроникністю завдяки ущільненню його структури.

Добавки кольматуючі – добавки, що сприяють заповненню пор у бетоні водонерозчинними продуктами, підвищують водонепроникність бетону.

Добавки, які підвищують захисні властивості бетону щодо сталевій арматури – добавки, які підвищують пасивуючу дію бетону щодо сталевій арматури.

Добавки, що підвищують морозостійкість бетону – добавки, що підвищують стійкість бетону в умовах багаторазового перемінного заморожування та відтавання.

Добавки, що підвищують сульфатостійкість – добавки, що підвищують стійкість бетону в умовах сульфатної корозії.

Добавки, що підвищують стійкість бетону проти корозії, яку спричиняє реакція кремнезему заповнювачів з лугами цементу та добавок – добавки, що нівелюють негативний вплив взаємодії кремнезему заповнювача з лугами цементу та добавок, в т.ч. сприяють зменшенню деформацій усадки.

Добавки, що регулюють процеси усадки і розширення – добавки, що знижують деформації усадки та забезпечують деформації розширення.

Добавки протиморозні – добавки, що забезпечують тверднення бетону (розчину) в умовах від'ємних температур.

Добавки гідрофобізуючі – добавки, що надають стінкам пор і капілярів у бетоні (розчині) гідрофобні

(водовідштовхуючі) властивості і зменшують капілярну абсорбцію бетону.

Добавки біоцидні – добавки, що мають бактерицидні та фунгіцидні властивості.

Добавки, що підвищують стійкість щодо висолоутворення – добавки, що запобігають утворенню висолів.

Добавки всіх наведених типів вводять в бетонні (розчинові) суміші при їх приготуванні - як правило, з водою - замішування (у вигляді розчинів, суспензій або емульсій). Деякі добавки (ті, що мають високу в'язкість) попередньо змішують із одним із сухих компонентів і з ним вводять у бетонозмішувач.

Вплив хімічних добавок на бетонні (розчинові) суміші і затверділі бетони (розчини) необхідно розглядати у світлі сучасних уявлень про процеси гідратації цементів, формування структури і тверднення цементного каменю, а також зчеплення цементного каменю із заповнювачами і арматурою.

Контрольні запитання

1. Наведіть приклади класифікації добавок.
2. Що розуміють під ефективністю добавки?
3. Що таке критерій ефективності?
4. Що таке оптимальна доза добавки?
5. Наведіть визначення суперпластифікуювальних, сильно-пластифікуювальних та пластифікуювальних добавок.
6. Дайте визначення водоутримувальних (стабілізуючих) добавок.
7. В чому полягає різниця між повітровтягувальними, піноутворювальними та газоутворювальними добавками?
8. В чому полягає різниця між добавками, що регулюють строки тужавлення, добавками що регулюють термін зберігання рухомості суміші, та добавками, що регулюють тверднення?
9. Наведіть визначення кольматуючих добавок.
10. Яка різниця між добавкою, що підвищує морозостійкість бетону та протиморозною добавкою?

6. Кольматуючі добавки для бетонів та розчинів.

Добавки, що підвищують захисні властивості бетону щодо сталевих арматур

6.1. Кольматуючі добавки

Кольматуючі (ущільнюючі) добавки - це речовини, що сприяють заповненню пор у бетоні водонерозчинними продуктами.

У відповідності з ДСТУ Б В.2.7-171:2008 кольматуючі добавки для бетонів та розчинів повинні забезпечувати підвищення марки бетону основного складу за водонепроникністю у порівнянні з контрольним складом не менше ніж на 2 ступеня. На 28 добу при 20 °С міцність основного складу повинна становити не менше 90% міцності контрольного складу. Вміст повітря в основній суміші повинен бути не вище 2 % за об'ємом ніж в контрольній, якщо немає інших вказівок від виробника. Можливі додаткові ефекти дії добавок – підвищення корозійної стійкості бетону.

Основне призначення кольматуючих добавок пов'язане зі збільшенням щільності бетонів та розчинів, що сприяє підвищенню їх довговічності, особливо в тих випадках, коли агресивними факторами є органічні або неорганічні рідкі або газоподібні середовища.

В якості кольматуючих добавок для бетонів і будівельних розчинів використовують тонкодисперсні мінеральні речовини, що мають гідравлічну активність, а також водорозчинні добавки.

Водорозчинними кольматуючими добавками (добавками-ущільнювачами) є водорозчинні смоли і солі алюмінію, заліза та кальцію, характеристики яких наведені нижче.

- **Діетиленгліколева смола ДЭГ-1.** Однорідна рідина жовтого кольору, щільність – 1,115 г/см³, молекулярна маса – 240–260. Вміст епоксидних груп більше 25 %,

гідроксильних – 4,5%. Рекомендовані дозування – 1,0–1,5%.

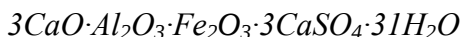
- **Триетиленгліколева смола ТЭГ-1.** Аліфатична епоксидна смола у вигляді однорідної рідини жовтого кольору щільністю 1,155 г/см³, молекулярна маса 300–320. Рекомендовані дозування – 1,0–1,5%.
- **Поліамінна смола С-89.** Прозора темна однорідна рідина із зеленуватим відливом. Концентрація смоли у водному розчині 29–45%. Стійка до розведення водою при співвідношенні 1:100. Не рекомендується використовувати сланцевий цемент. Рекомендовані дозування – 0,6–1,5%.
- **Бітумна емульсія (БЕ, емульбіт).** Емульсія 1 роду, що складається з бітуму (50%), добавки ЛСТ (5%) і води (45%). Рекомендовані дозування – 5–10% емульсії від маси цементу.
- **Сульфат заліза (СЖ).** Речовина жовтого кольору у вигляді кристалогідрату $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$, добре розчинна у воді. Дозування добавки не повинно перевищувати 3%.
- **Хлорид заліза (ХЖ).** Продукт складу $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, червоно-коричневого кольору, добре розчинний у воді, гігроскопічний. Кількість добавки повинна бути менше 3 % - для бетону неармованих конструкцій і менше 2 % - для бетону армованих конструкцій.
- **Нітрат заліза (НЖ).** Речовина блідо-фіолетового кольору, складу $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$. Продукт добре розчинний у воді. Дозування не повинно перевищувати 3 %.
- **Нітрат кальцію (НК).** Випускається у вигляді кристалів $Ca(NO_3)_2$ або тетрагідрату $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$. Продукт безбарвний, добре розчинний у воді. Дозування не повинно перевищувати 3 %.
- **Сульфат алюмінію (СА).** Безбарвні кристали, добре розчинні у воді. Виробляється у вигляді гідрату $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ і в безводному виді. Кристалогідрат легко вивітрюється при зберіганні на повітрі. Дозування

не повинно перевищувати 3 %.

Ущільнювачі бетону - водорозчинні смоли ДЭГ-1, ТЭГ-1, С-89 поліпшують однорідність бетону і, зміщуючи криву розподілу капілярів і пор в області менших розмірів, підвищують деформативність і граничну розтяжність бетону, а також сприяють утворенню в ньому більш щільної контактної зони. Результатом такої дії є підвищення довговічності бетонних і залізобетонних виробів.

Кольматуючі добавки СЖ, ХЖ, НЖ вступають у хімічні реакції з в'язучими матеріалами, прискорюють тужавіння цементу і поліпшують структурні характеристики та морозостійкість бетону. Це обумовлено тим, що в результаті реакцій, які протікають між ними, складовими цементу і продуктами їх гідратації, утворюються важкорозчинні речовини, що ущільнюють цементний камінь.

Наприклад, при введенні $Fe_2(SO_4)_3$ у результаті обмінних реакцій між хімічно активними алюміній- і залізовмісними фазами клінкерного цементу утворюються важкорозчинні подвійні солі-гідрати типу.



В результаті виникнення вискодисперсних важкорозчинних залізовмісних новоутворень відбувається кольматація пор цементного каменю, що сприяє підвищенню непроникності бетону, та відповідно його довговічності.

6.2. Добавки, що підвищують захисні властивості бетону щодо сталевій арматури (інгібітори корозії сталі)

Здатність бетону захищати арматуру від корозії залежить від великого числа як зовнішніх, так і внутрішніх факторів. Основою такої захисної здатності є лужна природа рідкої фази бетону, яка, однак, забезпечується далеко не всіма в'язучими речовинами. З іншого боку, нещільна структура бетону сприяє швидкій нейтралізації лугів кислотними рідинами і газами, а хлориди, наприклад, викликають корозію арматури навіть при збереженні високої лужності рідкої фази.

Для арматури, що перебуває в бетоні, характерним є електрохімічний механізм корозії, що характеризується наявністю анодних і катодних реакцій на поверхні сталі в нейтральних і лужних середовищах і супроводжується появою електричного струму. Сталева арматура, що знаходиться в бетоні на деякій відстані від поверхні конструкції, у сильнолужному середовищі ($\text{pH} = 12,5$) покривається плівкою з $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ і Fe_3O_4 . Товщина цієї плівки становить приблизно 80–100 Å, що цілком достатньо для того, щоб захистити сталеву арматуру від впливу агресивного зовнішнього середовища. Коли навколо поверхні арматури утворюється середовище, що містить достатню кількість молекул кисню або аніонів агресивних речовин (наприклад, іонів Cl^- або SO_4^{2-} та інших), починається депасивація сталі. Процес активації сталі настає при концентрації сульфатів-іонів SO_4^{2-} у кількості $C = 800\text{--}1000$ мг/л, а іонів хлору Cl^- при концентрації $C = 46$ мг/л [11].

В присутності хлоридів корозія сталі розвивається внаслідок руйнування хлорид-іонами захисної плівки на металі. Іони хлору Cl^- , вступаючи в хімічну взаємодію, перетворюють захисну плівку з оксиду заліза в розчинний хлорид заліза. Механізм

корозії включає адсорбцію хлорид-іонів і утворення комплексу на поверхні сталі.

Основним фактором, що забезпечує захист сталі від дії хлоридів у бетоні, є низька проникність бетону. Однак, у деяких випадках навіть бетон з низькою проникністю не забезпечує достатнього захисту. У таких випадках потрібен додатковий захист сталі від корозії або шляхом безпосередньої обробки арматури, або шляхом посилення захисту, що забезпечується бетоном. Останнє може бути досягнуте при введенні в бетон добавок, які сповільнюють або запобігають реакції металу з навколишнім середовищем. Незважаючи на високу вартість обробки 1 м³ бетону, використання добавок вважається економічно доцільним у порівнянні з іншими доступними методами запобігання шкідливої дії хлоридів і сульфатів на сталь [2].

Для захисту арматури у бетоні від корозії застосовують добавки - інгібітори корозії сталі. Вони являють собою речовини, які здатні гальмувати корозію металу в наслідок різних хімічних реакцій.

Інгібітори поділяють на анодні, катодні і змішаної дії. За хімічною природою вони можуть бути неорганічними і органічними. Неорганічні інгібітори, що впливають, головним чином, на анодний процес, застосовуються в нейтральних середовищах. Органічні інгібітори, що змінюють у першу чергу кінетику катодних процесів, але здійснюють також вплив і на анодну реакцію, застосовуються переважно у кислих середовищах [3].

Інгібітори, що призупиняють анодну реакцію, називаються пасиваторами.

Анодні реакції (перехід іонів заліза в розчин) розвиваються при низьких негативних потенціалах, а катодні (асиміляція електрона, що звільнився, деполяризатором, у лужному середовищі - найчастіше киснем) - при позитивних. У випадках гальмування анодних процесів потенціал сталі зміщується в бік

позитивних значень, при відсутності пасивності сталі – в бік негативних. Будь-яке вповільнення катодного процесу, у тому числі у випадку обмеження дифузії кисню, супроводжується зсувом потенціалу в область негативних значень. Збільшення анодної і катодної поляризованості, як і омичного опору системи, зменшує швидкість корозії сталі.

Застосування інгібіторів анодної і катодної дії, може, не міняючи характеру реакцій на поверхні сталі в бетоні, змінювати анодну і катодну поляризованість і в такий спосіб впливати на швидкість розвитку корозії.

Так, при використанні інгібіторів анодної дії внаслідок гальмування анодного процесу, стаціонарний потенціал зміщується в область позитивних значень. Якщо потенціал не досягає значення повної пасивації, щільність корозійного струму збільшується і швидкість корозії зростає. Захисний ефект має місце лише у випадку зсуву потенціалу в область повної пасивації при додаванні в агресивне середовище інгібітору. Аналогічний ефект виникає при використанні інгібітору, який прискорює катодний процес у такій мірі, що стаціонарний потенціал виявляється в області повної пасивації. Однак цей спосіб ефективний лише в умовах, коли інгібітор додається в корозійне середовище по мірі його витрати. Дія інгібітору, який сповільнює катодний процес, зводиться до того, що стаціонарний потенціал наближується до значення потенціалу анодної реакції і швидкість корозії зменшується. Такі електрохімічні аспекти захисту металу інгібіторами корозії.

Фізико-хімічний механізм дії добавок-інгібіторів корозії сталі полягає в тому, що в їх присутності відбувається швидке окислювання розчинного оксиду двовалентного заліза з утворенням на поверхні сталі пасивуючих захисних плівок гідроксиду заліза або у зв'язуванні агенту корозії у важкорозчинні сполуки. Поступово з області дії корозії виключаються нові ділянки поверхні сталі і процес корозії припиняється. Ефективне вповільнення корозії забезпечується

тільки при достатній кількості добавки, що відповідає необхідному для даної системи відношенню інгібітор - хлорид (сульфат) [2].

Таким чином, умови і порядок застосування інгібіторів пов'язані з рядом питань: тривалістю їх дії, дифузійним виносом з бетону, впливом карбонізації бетону. В основному, використання інгібіторів рекомендується в щільних бетонах.

У відповідності з ДСТУ Б В.2.7-171:2008 добавки, що підвищують захисні властивості бетону/розчину щодо сталевій арматури, повинні забезпечувати необхідні значення густини струму пасивації сталі і потенціалу пасивації сталі за СТ СЕВ 4421. Міцність на стиск бетону або розчину основного складу на 28 добу при 20°C повинна становити не менше 90 % міцності контрольного складу. Вміст повітря в основній суміші повинен бути не вище 2 % за об'ємом ніж в контрольній, якщо немає інших вказівок від виробника. Можливі додаткові ефекти дії добавок – збільшення рухомості суміші, зниження проникності бетону, забезпечення тверднення за від'ємних температур, підвищення електропровідності бетону і розчину

У будівельному виробництві розроблені і апробовані практикою наступні добавки, що підвищують захисні властивості бетону стосовно сталевій арматури:

- **Нітрит натрію (НН).** Кристалічний продукт білого кольору з жовтуватим відтінком $NaNO_2$ або його водні розчини. У присутності хлоридів доза добавки повинна бути максимальною для того, щоб запобігти розвитку активної крапкової корозії. Рекомендовані дозування добавки – 2-3 % маси цементу.
- **Нітрит-нітрат кальцію (ННК).** Суміш нітриту $Ca(NO_2)_2$ і нітрату $Ca(NO_3)_2$ кальцію в співвідношенні по масі 1:1 у вигляді водного розчину або пасти. Не допускається змішування з розчинами ЛСТ. Рекомендовані дозування – 2-4 % маси цементу.
- **Тетраборат натрію (ТБН).** Безбарвні кристали $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, добре розчинні у воді і гліцерині.