

УДК 666.972

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИМОРОЗНИХ ДОБАВОК
ДО БЕТОНУ ЗА РАХУНОК КОМПЛЕКСУ ІЗ
СУПЕРПЛАСТИФІКАТОРОМ**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОМОРОЗНЫХ ДОБАВОК
В БЕТОН ЗА СЧЕТ КОМПЛЕКСА С СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОМ**

**ANTIFREEZE ADDITIVES FOR CONCRETE BY COMPLEX WITH
SUPERPLASTICIZER EFFICIENCY INCREASE**

Житковський В.В., к.т.н., доцент,(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Житковский В.В., к.т.н., доцент, (Национальный университет водного хозяйства и природоиспользования, г. Ровно)

Zhitkovsky V.V., Ph.D., Assoc.,(National University of Water Management and Nature, Rivne)

У статті наведені результати дослідження ефективності протиморозних добавок у важкому бетоні. Встановлено оптимальний вміст добавок при різних температурах, а також при спільній дії з суперпластифікатором.

В статті приведені результати дослідження ефективності протиморозних добавок в важкому бетоні. Встановлено оптимальне вміст добавок при різних температурах, а також при спільній дії з суперпластифікатором.

The results of research of efficiency antifreeze additives in heavy concrete. The optimum content of additives at different temperatures, as well as the joint action of superplasticizers.

Ключевые слова:

Бетон, мороз, добавка, температура твердіння, критична міцність.

Бетон, мороз, добавка, температура твердження, критическая прочность.

Concrete, frost, additive, curing temperature, the critical strength.

Ефективність протиморозних добавок залежить від їх здатності знижувати температуру замерзання води в бетонній суміші, прискорювати твердіння бетону[1]. Дозування добавок в значній мірі залежить від об'єму води замішування і, відповідно, льоду, що утворюється в бетоні при його

замерзанні [2]. Добавки-суперпластифікатори, знижуючи водоцементне відношення (В/Ц) бетону прискорюють набір міцності, тим самим підвищуючи стійкість бетону до замерзання. Застосування композицій відомих протиморозних добавок з суперпластифікаторами відкриває можливість суттєвого зменшення необхідної кількості протиморозної добавки і інтенсифікації твердіння бетону [3].

На кафедрі технології будівельних виробів та матеріалознавства Національного університету водного господарства та природокористування досліджувалась ефективність добавок виробництва компанії «Isomat» на процеси твердіння бетону при низьких температурах: суперпластифікатора Adium -150 та протиморозних добавок НК та ADINOL-RAPID.

Згідно з інформацією виробника добавка НК являє собою водний розчин технічного нітрату кальцію ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), – кальцієвої селітри, з концентрацією 55...60%. Добавка НК викликає скорочення строків тужавлення цементу, сприяє зниженню температури замерзання води в бетоні і тому дозволяє готувати і вкладати бетонну суміш при температурі до -15°C без сповільнення гідратації цементу.

Добавка ADINOL-RAPID являє собою водний розчин неорганічних солей, найбільш ймовірно солей амонію. За технічною інформацією працює як прискорювач тужавлення і твердіння бетону. Дозволяє вкладати бетон при температурі до -10°C . Добавка не містить хлоридів і може виконувати роль інгібітора корозії арматури.

Добавка Adium -150 – суперпластифікатор на основі полікарбоксилатних ефірів. Дозволяє підвищити рухливість бетонної суміші до 20...22 см чи знизити необхідну витрату води до 30%.

Вплив добавок на властивості бетонних сумішей і бетонів при нормальних умовах твердіння досліджувався на типових найбільш розповсюджених складах з використанням портланд- і шлакопортландцементу. Базові значення В/Ц були прийняті в межах 0,35...0,55 та 0,55...0,75. Рухливість бетонної суміші підтримувалась в рамках марки P2 (ОК=5...9 см). Витрати добавок були прийняті на основі, кількостей, рекомендованих виробником. Бетонні зразки-куби ($10\times 10\times 10$ см) піддавались твердінню в різних умовах:

- нормальних (температура -20°C ; вологість – 90%);
- при зниженій температурі ($+5^\circ\text{C}$, -5°C , -10°C , -15°C).

Випробування міцності при стиску здійснювались у віці 2, 7, 28 діб. Для формування умов твердіння бетону при низьких температурах, зразки, після формування згідно прийнятою складу бетону, поміщались у морозильну камеру з відповідною температурою і тверділи там протягом необхідного терміну. Після твердіння зразки бетону піддавались виттаванню на повітрі при кімнатній температурі, після чого випробовувались.

Аналізуючи отримані результати можна стверджувати, що добавка НК, при введенні її в кількості 1...4% від витрати цементу помітного впливу на рухливість бетонної суміші не створює.

У бетонах з В/Ц=0,7 при нормальних умовах (температура – 20⁰С; вологість – 90%) прискорення твердіння при використанні добавки НК в кількостях до 2% не спостерігається. Збільшення кількості добавки до 4% викликає підвищення міцності на 7 добу до 7...9%. На міцність у віці 28 діб введення добавки практично не впливає.

При зниженні В/Ц до значення 0,53 (орієнтовний клас В25 (М300)) помітне більш суттєве прискорення викликано впливом добавки: на 2-гу добу твердіння використання добавки НК в кількості 2% підвищує міцність на 20...25%, на 7-му – 3.4%.

Збільшення кількості добавки до 4% викликає підвищення міцності на 2 добу на 35...40%, у віці 7 діб – НК – 9...10%. На 28-му добу вплив даних добавок практично не помітний – 2...5%.

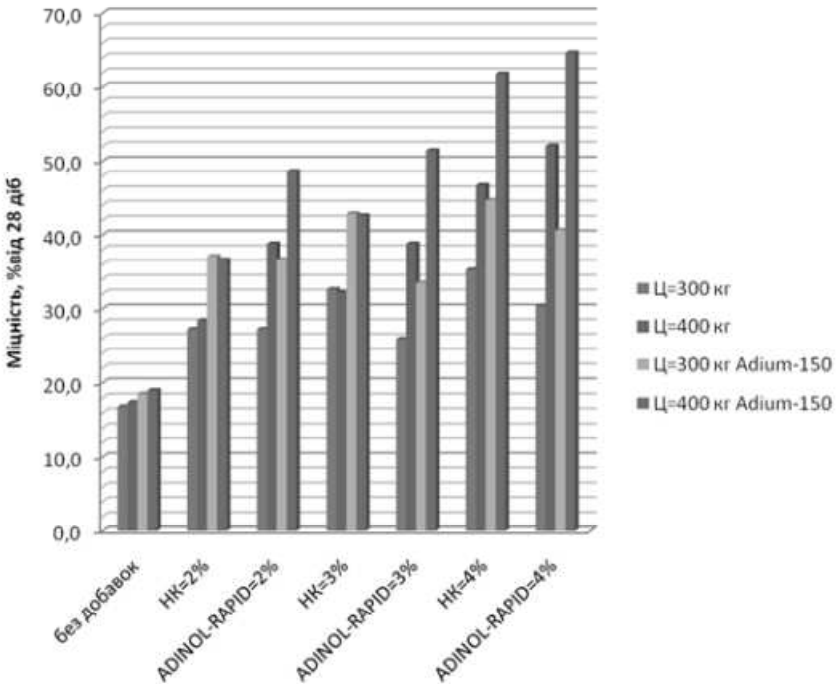


Рис. 1. Вплив добавок на набір міцності при температурі -15⁰С (вимоги ДБН В.2.7-64-97 не менше 30%)

Добавка Adium-150 суттєво впливає на рухливість бетонної суміші: використання добавки в кількості 0,5...0,7% дозволяє підвищити рухливість від 6 до 18...20 см як на портландцементі. Збільшення кількості добавки більше 0,5% викликає зниження міцності бетону.

Температура твердіння – +5°C. При даній температурі спостерігалось певне сповільнення набору міцності бетону. Так бетон без використання добавок за 2 доби твердіння набрав 16...20% міцності. Використання добавки НК в кількості 2% дозволяє набрати 27...28% міцності. У віці 7 діб прискорення набору міцності викликане добавкою становить 5...7%. На 28-му добу збільшення міцності порівняно з бездобавочним бетоном становить 20...24%. Ефективність використання добавки зростає зі зниженням В/Ц бетону.

Температура твердіння – -5°C. Бетон без добавок з В/Ц=0,7 при даній температурі за 2 доби набирає 15...16% міцності, за 7 діб – 17...18%, за 28 діб – 40...44%. Введення добавки на міцність у 2 доби суттєвого впливу не показало, більш відчутний ефект спостерігається вже на 7 добу: набір міцності становить 24...25%. У віці 28 діб використання добавки дозволяє набрати 54...55% міцності від показника при нормальній температурі.

При В/Ц=0,53 (орієнтовний клас В25(марка М300)) на 2-гу добу твердіння міцність бетону без добавок становить 15%, на 7-му – 23...25%, 28-му – 48...50%. При введенні добавки НК міцність на другу добу складає 25...27%, на 7-му – 29...30 і на 28-му – 70...72%.

Температура твердіння – -10°C. В умовах даної температури бетон контрольного складу (В/Ц=0,53) за 2 доби набрав 11% міцності, за 7 діб – 16%, за 28 – 38%. При вмісті добавки НК 2% набір міцності склав: на 2-гу добу – 18%, 7-му – 20%, 28-му – 50%. Збільшення вмісту добавки до 3% дозволяє отримати, відповідно, на 2 доби – 20...21%, на 7 – 24...25%, на 28 – до 55%.

При В/Ц=0,7 (бетон класу В15(М200)) набір міцності в бетоні контрольного складу проходив аналогічно як і при В/Ц=0,53, однак ефективність добавки НК в даному випадку значно нижча. Приріст міцності 15...16% на 2-гу добу та 19...21% на 7-му спостерігається лише при підвищенні вмісту добавки до 3%.

Температура твердіння – -15°C. При даній температурі твердіння вплив добавки НК подібний як і при -10°C, але приріст міцності дещо менший. Низька ефективність добавок при високих значеннях В/Ц підтверджується і в даному випадку. Використання добавки НК в кількості до 2% при даній температурі виявляється неефективним, лише 3 і 4% дозволяють підтримувати швидкість твердіння на достатньому рівні.

Підвищення кількості добавки до 4% досить ефективно при низькій температурі забезпечений приріст міцності у віці 28 діб становить 47%.

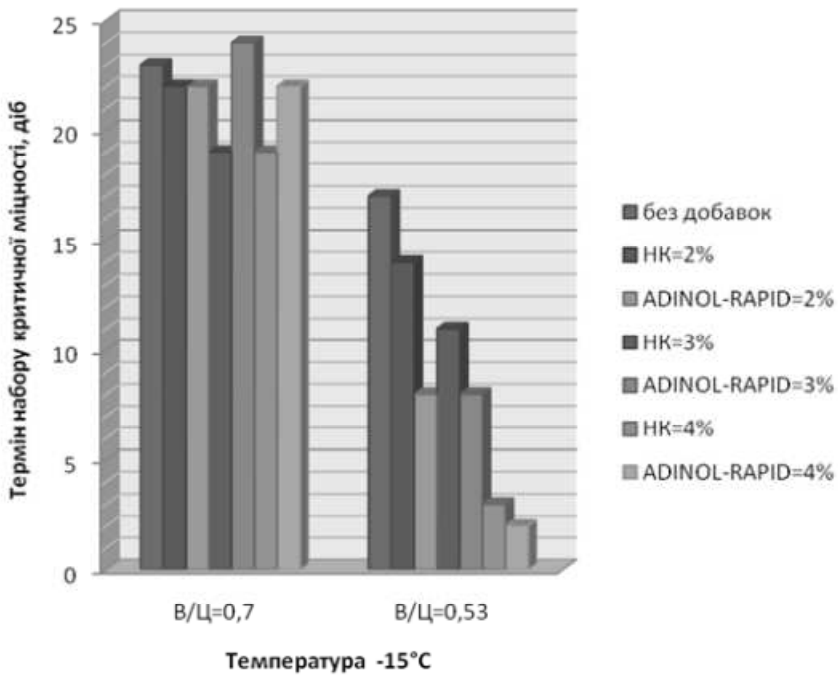
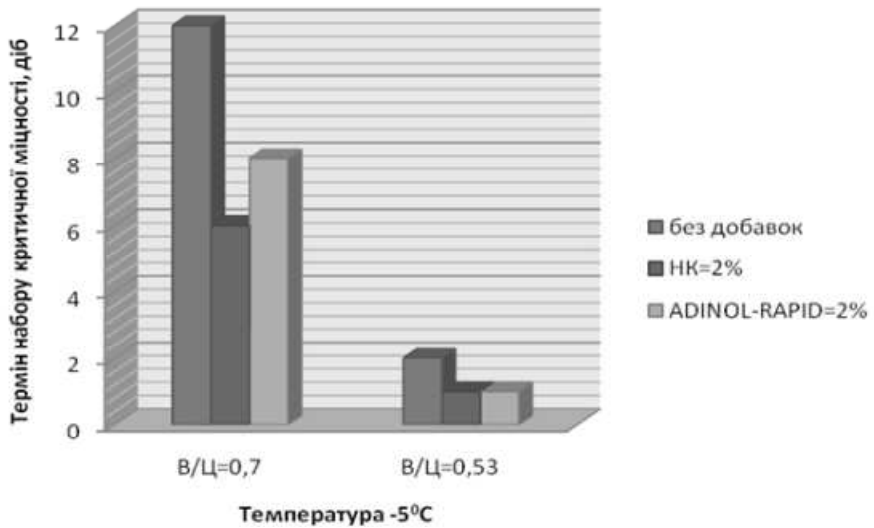


Рис. 2. Вплив виду, кількості добавок та В/Ц бетону на термін набору критичної міцності

Згідно ДБН В.2.7-64-97 «Правила застосування хімічних добавок у бетонах і розчинах» критерієм, який визначає можливість використання в якості протиморозної є здатність забезпечити твердіння розчину при температурі -15°C з набором не менше 30% від міцності у віці 28 діб нормального твердіння. Судячи з отриманих даних, критерію встановленому ДБН В.2.7-64-97 добавки відповідають у таких випадках:

- Витрата цементу 300 кг/м^3 ($\text{В/Ц}=0,7$)
 - ◆ НК – 4% і більше
- Витрата цементу 400 кг/м^3 ($\text{В/Ц}=0,53$)
 - ◆ НК – 3% і більше

Визначення спільного впливу протиморозних і пластифікуючих добавок

Для підвищення ефективності протиморозних добавок НК та ADINOL-RAPID вивчався їх спільний вплив з добавкою-суперпластифікатором Adium-150.

Добавка Adium-150 при використанні в кількості 0,5% від маси цементу забезпечує зниження В/Ц до 0,55...0,58 в бетоні з витратою цементу 300 кг/м^3 (початкове значення $\text{В/Ц}=0,7$) та до 0,42...0,45 в бетоні з витратою цементу 400 кг/м^3 (початкове значення $\text{В/Ц}=0,53$). За рахунок зниження В/Ц підвищується міцність бетону та темпи її наростання, знижується кількість води, що здатна до утворення льоду. Також зниження В/Ц сприяє підвищенню ефективності добавок НК та ADINOL-RAPID, що було відмічено і у попередніх розділах.

Порівняльний аналіз впливу добавок дає змогу вважати, що окремих вплив добавок в різних умовах твердіння подібний до відміченого вище, однак абсолютні значення міцності вищі в середньому на 28...30%. Приріст міцності по відношенню до складів без добавок суттєво вищий і становить при температурі -15°C в середньому 60...62% при витраті цементу 400 кг/м^3 і 55...57% – при 300 кг/м^3 .

При твердінні бетону в умовах негативних температур важливим показником є критична його міцність, набуття якої до замерзання робить можливим подальший набір міцності після розморожування. Досягнення критичної міцності може регулюватись тривалістю твердіння та впливом проти морозних добавок. Критичною міцністю, після досягнення якої можна допускати замерзання бетону вважають міцність не менше 5МПа.

Аналіз даних твердіння бетону в умовах негативних температур дав змогу визначити період набуття критичної міцності для бетону з добавками НК та ADINOL-RAPID.

Результати аналізу представлені у табл.

Використання добавки-суперпластифікатора разом з протиморозною суттєво підвищує ефективність останньої. Так, відповідність критерію використання протиморозних добавок згідно ДБН В.2.7-64-97

спостерігається при кількості НК та ADINOL-RAPID 2% і вище, незалежно від В/Ц бетону.

Таблиця 1

Досягнення критичної міцності при низьких температурах

№ серії	Тип цементу	Вид добавки	Вміст добавки	Термін досягнення міцності не менше 5 МПа, діб			
				без суперпластифікатора		з суперпластифікатором	
				При витраті цементу			
				300 кг/м ³	400 кг/м ³	300 кг/м ³	400 кг/м ³
Температура твердіння – +5°C							
1.	ПЦ	-	0	3	1,5	1	1
2.		НК	2	2	1	1	1
Температура твердіння – -5°C							
1.	ПЦ	-	0	12	2	8	1
2.		НК	2	6	1	3	1
Температура твердіння – -10°C							
1.	ПЦ	-	0	16	6	12	3
2.		НК	2	12	1	7	1
3.		НК	3	8	1	3	1
Температура твердіння – -15°C							
1.	ПЦ	-	0	23	17	17	13
2.		НК	2	22	14	15	10
3.		НК	3	19	11	14	7
4.		НК	4	19	3	12	1

Висновки

1. Добавка НК у бетонах, що твердіють при нормальних умовах в кількості 2% від маси цементу спричиняє підвищення ранньої міцності на 20...25%, в кількості до 4% – 35...40%. Ефект добавки залежить від В/Ц бетону і найбільш помітний при В/Ц=0,45...0,55. На марочну міцність добавка практично не впливає.

2. Кількість добавки НК, при якій вона відповідає критерію для протиморозних добавок, встановленому ДБН В.2.7-64-97 «Правила застосування хімічних добавок у бетонах і розчинах» становить:

– для бетонів класів В10...В20 (М150...М250) – 4% і більше;

– для бетонів класів В25...В30 (М300...М400) – 3% і більше.

3. Оптимальною кількістю добавки НК при твердінні бетону в умовах температури +5°C є вміст 1...1,5%, при -5°C – 2%, при -15°C – 2,5...3%. При цьому досягнення критичної міцності (не менше 5МПа) спостерігається: на 1-шу, 1...3-тю, 11...19-ту добу, відповідно.

Виготовлення бетону класів В10...В20 (М150...М250) вимагає підвищення вмісту добавки на 0,4...0,5%.

4. Кількість добавки ADINOL-RAPID, при якій вона відповідає критерію згідно ДБН В.2.7-64-97 становить:

– для бетонів класів В10...В20 (М150...М250) – 4% і більше;

– для бетонів класів В25...В30 (М300...М400) – 2% і більше.

5. Добавка Adium -150 являє собою суперпластифікатор на основі полікарбоксилатних ефірів. Добавка, при використанні в кількості 0,4...0,5% дозволяє знизити водовміст бетонної суміші на 20...25%. Використання даної добавки разом з протиморозною НК дозволяє отримати більший приріст міцності (в межах 57...60% на 28-му добу при -15°C). При цьому також можлива економія цементу до 15...20%.

6. При спільному використанні протиморозних добавок із суперпластифікатором Adium -150 відповідність вимогам ДБН В.2.7-64-97 спостерігається при кількості НК 2% і вище, незалежно від В/Ц бетону.

1.Добавки в бетон: Справ. пособие / В.С.Рамачандран, Р.Ф.Фельдман, М.Коллепарди и др.; Под ред. В.С.Рамачандрана; Пер с англ. Т.И.Розенберг и С.А.Болдырева; Под ред. А.С.Болдырева и В.Б.Рагинова. - М.: Стройиздат, 1988. - 575 с.2.Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы: учебно-справочное пособие/ Л.И. Касторных. - 2-е издание. - Ростов н/Д.: Феникс, 2007.- 221 с.3.Дворкін Л.Й. Основибетонознавства / Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін. - К.: Основа, 2007. - 616 с.