

Результаты численного эксперимента были получены в виде графических зависимостей «амплитудное значение осадки S – координата g » при различных значениях деформационных свойств основания и частот изменения сосредоточенной силы \mathcal{W} (в дальнейшем для простоты изложения словосочетание «амплитудное значение осадки» заменено термином «осадка»).

Анализ полученных результатов позволил нам сделать такие выводы:

- осадки невесомого основания при прочих равных условиях и размеры осадочной воронки в плане всегда больше, чем это имеет место для весомого основания;

- осадки в точке приложения сосредоточенной силы имеют особенность;

- при прочих равных условиях, чем меньше модуль упругости основания, тем больше величина осадки;

- при прочих равных условиях, чем меньше коэффициент Пуассона основания, тем больше величина осадки;

- при прочих равных условиях, чем выше частота изменения сосредоточенной силы, тем меньше величина осадки.

В целом сделан вывод о том, что изложенный в [1] алгоритм построения общих решений вполне можно использовать для решения задач геомеханики.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Шаповал В.Г., Нажа П.Н. Общее решение динамической задачи определения напряженного деформированного состояния водонасыщенного грунтового основания в цилиндрической системе координат при осевой симметрии./ Сб.научн.трудов. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. № 37. «Инновационные технологии диагностики, ремонта и восстановления объектов строительства и транспорта» - Днепрпетровск: ПГАСА, 2006. –С.327-331
2. Ватсон Д. Н. Теория бесселевых функций. - М.: Изд-во иностр. лит., 1949. - 798 с.
3. Владимиров В.С. Обобщенные функции в математической физике. - М.: Наука, 1979. - 320 с.
4. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. - М.: Наука, 1966. - 664 с.
5. Диткин В.А., Прудников А.П. Справочник по операционному исчислению. - М.: Высш. шк., 1974. - 542 с.
6. Корн Г. и Корн Т. Справочник по математике. - М.: Наука, 1974. - 840 с.
7. Новацкий В. Теория упругости. - М.: Мир, - 1975. - 872 с.
8. Руководство по проектированию фундаментов машин с динамическими нагрузками./ Ниюсп им. Н. М. Герсеванова. – М.: Стройиздат, 1982 – 207 с.
9. Тимошенко С.П., Гудьир Дж. Теория упругости. - М: Наука, 1975. - 576 с.

УДК 666.972.16

ВПЛИВ КОМПЛЕКСНИХ ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНИХ ДОБАВОК НА ДОВГОВІЧНІСТЬ ВАЖКИХ БЕТОНІВ

Н.А. Нікіфорова, к.т.н.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, м. Дніпропетровськ

Численні дослідження [1, 2, 3], які присвячені питанню забезпечення довговічності бетонів, характеризують складність оцінки експлуатаційних властивостей різних їх видів. В процесі експлуатації бетонних і залізобетонних конструкцій структура і властивості бетону піддаються постійним змінам під впливом навколишнього середовища. І навіть за відомих умов навколишнього середовища і властивостей бетону довговічність не є абсолютною величиною, яка залишається незмінною протягом часу. Задачею теперішнього часу є зменшення швидкості таких змін за допомогою технологічних і конструктивних заходів.

За своєю дією механізми, які впливають на бетон і погіршуючі його довговічність, підрозділяють на: фізичні (наприклад, мороз); хімічні (наприклад, сульфатні розчини); біологічні (наприклад, бактерії); механічні (наприклад, механічний знос). Більшість з цих механізмів має загальну основу, виникають на поверхневих ділянках конструкцій, і їх дія посилюється за рахунок вологи.

Відомо, що в основі процесів корозії бетону лежать гетерогенні хімічні реакції між рідкою і твердою або газоподібною фазами. Бетон є пористим матеріалом і в його поровій структурі відбувається перенесення корозійного середовища і продуктів реакції. На поверхні розділу фаз, окрім хімічних реакцій, відбуваються процеси транспортування речовин, при яких реагуючі компоненти підводяться до поверхні розділу і відводяться від неї продукти реакції. Отже, оцінку і прогноз пошкодження бетону характеризує проникність його порової структури.

Проблеми підвищення якості, довговічності, економічності бетону і залізобетону на сучасному етапі розвитку технології будівництва успішно розв'язуються шляхом хімізації цієї галузі, тобто широким використанням різних органічних і неорганічних сполук в якості спеціальних добавок до бетону. Добавки, що вводяться в незначних кількостях, істотно впливають на хімічні процеси твердіння бетону, забезпечують підвищення його механічних і фізико-механічних властивостей, зокрема густини, водонепроникності, морозостійкості, корозійної стійкості. До числа добавок, за допомогою яких можна направлено регулювати властивості бетонних сумішей і затверділого бетону, відносять: лігносульфонати технічні (ЛСТ), лігносульфонати технічні модифіковані (ЛТМ, НИЛ-20), плав дикарбонових кислот (ПДК), модифікатори поліфункціональної дії (ПФМ).

У загальному вигляді різні будівельно-технічні задачі за допомогою ПФМ можуть бути вирішені на підставі наступних залежностей:

$$\Delta P = f(\Gamma_{\text{азц}}, V_{\text{повітря}}, \Gamma_{\text{ЛБ}}, X); \quad (1)$$

$$\Delta D = f(\Delta \cos \theta, V_{\text{повітря}}, \Delta W, X), \quad (2)$$

де ΔP – зміна рухливості бетонної суміші (розчину);

ΔD – підвищення довговічності (морозостійкості і корозійної стійкості бетону);

$\Gamma_{\text{азц}}$ – адсорбційна здатність цементу і заповнювача;

$V_{\text{повітря}}$ – кількість залученого повітря (газу) в бетонній суміші, (розчину), %;

$\Gamma_{\text{ЛБ}}$ – величина гідрофільно-ліпофільного балансу молекули ПАР;

$\Delta \cos \theta$ – зміна краєвого кута змочування на поверхні затверділої фази, град.;

ΔW – зміна водопотреби бетонної суміші, %;

X – параметр, що характеризує будову і вид модифікатора.

Високу довговічність бетону можливо забезпечити за допомогою раціонального підбору його складу, що забезпечує якісні структурні параметри цементного каменя, застосування пластифікаторів і наповнювачів, поліпшувачих удобоукладальність, належного подальшого догляду. Таким чином, за допомогою технологічних і конструктивних заходів можливо значно змінити швидкість корозійних змін в бетоні.

Розглянутий вплив комплексних поліфункціональних добавок на основі вапна з відходів гірничої промисловості, низькомолекулярних кальцієвих солей дикарбонових кислот і високомолекулярних лігносульфонатів (вапно + МПДКі + ЛСТ) на властивості цементного тіста і цементних композицій. З одержаних експериментальних даних виходить, що швидкість зміни в'язкості цементного тіста залежить від виду добавки, яка визначає хімічний механізм її взаємодії із в'язучою речовиною. Найбільше зниження в'язкості системи спостерігається при використанні комплексної поліфункціональної добавки вапно + МПДКі + ЛСТ. При цьому коефіцієнт структурної в'язкості портландцементного тіста з комплексною добавкою складає 21,1 МПаc при динамічній нарузі зрушення 4,1 Па, портландцементного тіста без добавок – відповідно 29,1 МПаc – при 10,4 Па. Бетонна суміш з комплексною добавкою більш удобоукладальна, ніж суміш без добавок. Введення комплексної добавки підвищує рухливість бетонної суміші з ОК = 2 см до ОК = 23 см. Підвищення рухливості й удобоукладальності бетонної суміші з комплексними добавками пов'язане з наявністю плівки на поверхні твердої фази, яка служить гідродинамічним мастилом системи, зменшуючи тертя між складовими бетону і збільшуючи пластифікуючий ефект.

Про вплив добавок на технологічні властивості цементного тіста можна судити по зміні його водопотреби для отримання стандартної консистенції, яка відповідає нормальній густині цементного тіста. Водопотреба тіста з нормальною густиною при введенні комплексної добавки МПДКі знижується від 14 до 18,8%. Таким чином цементне тісто при введенні добавок більш схильне до пластифікації.

Введення комплексних добавок уповільнює швидкість осадження цементної суспензії і скорочує період структуроутворення цементного тіста. Добавки поліфункціональної дії дозволяють інтенсифікувати процес гідратації і утворити оптимальну структуру цементного каменя. За рахунок введення в цементне тісто в процесі термомінеральної активації комплексних поліфункціональних добавок змінюється природа поверхні як цементних частинок, так і частинок мінеральної складової (гідрофільність, заряд, створення подвійного електричного шару, концентрація поверхневих активізованих ансамблів), що дозволяє активізувати процес структуроутворення цементної системи з можливістю управління формуванням мікроструктури цементного каменя. У такій системі молекули дозованого органічного пластифікатора закріплюються на частинках неорганічного компоненту. В процесі термомінеральної активації вони рівномірно розподіляються і розташовуються в місцях рухомих агрегатних контактів просторової структури цементного тіста і не скоюють пасивуючого впливу на швидкість і поверхневу енергію структурно-активних гідратних фаз. Комплексні поліфункціональні добавки забезпечують покращення фізико-механічних характеристик цементного тіста і будівельно-технічних властивостей бетону за рахунок первинної зміни стану системи.

Як показали дослідження, величина рН водних розчинів комплексних поліфункціональних добавок складає 12,3 – 12,9, а водних розчинів добавок ПДК і ПДК + ЛСТ – 3,4 – 3,7, що не може привести до корозії арматури в бетоні.

Застосування в бетоні комплексних хімічних добавок прискорює твердіння бетону. При цьому спостерігається значний приріст міцності бетону, що твердіє у нормально-вологісних умовах, який складає 17 – 53%. Бетони, що містять комплексні хімічні добавки і твердіють при тепловологісній обробці, мають приріст міцності 10 – 20%.

Таким чином, комплексні поліфункціональні добавки (МПДКі і вапно) значно впливають на зміни технологічних властивостей цементного тіста і цементних композицій, а тим самим і на довговічність бетону.

Проведені дослідження морозостійкості важкого бетону з комплексними поліфункціональними добавками по стандартній методиці (табл. 1). В якості в'язучого застосовувався портландцемент Криворізького цементного заводу ПЦ П/А-Ш-400. Із результатів досліджень виходить, що важкий бетон з комплексними поліфункціональними добавками має морозостійкість вище, ніж бетон без добавок. Зниження коефіцієнта морозостійкості бетонних зразків після 300 циклів заморожування і відтавання спостерігається тільки в бетоні без добавки. Введення добавок МПДКі і вапно + МПДКі + ЛСТ підвищують морозостійкість бетону як мінімум на 100 циклів.

Таблиця 1

Морозостійкість важкого бетону, який містить комплексні поліфункціональні добавки

Найменування добавки, кількість, % від маси цементу	Межа міцності при стиску R_{cm} , МПа				Коефіцієнт морозостійкості $K_{МРЗ}^{300}$
	Перед дослідженням	Кількість циклів			
		100	200	300	
Без добавки	44,3	45,5	46,1	46,1	0,71
МПДКи 0,6	50,1	50,4	54,2	54,2	1,0
МПДКи 0,8	52,3	51,9	55,2	55,2	1,0
Вапно + МПДКи + ЛСТ 2,5 + 0,5 + 0,15	55,5	56,4	57,1	57,1	1,0

Як показали дослідження, водонепроникність бетону (склад 1: 1,2 : 3,0 при В/Ц = 0,5) з комплексними поліфункціональними добавками 0,6% МПДКи і 2,5% вапно + 0,5% МПДКи + 0,15% ЛСТ у віці 28 діб збільшилась з W6 до W8.

Дослідження сульфатостійкості проводилось на цементі Криворізького заводу. У якості добавок застосовували МПДКи і вапно + МПДКи + ЛСТ (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив комплексних поліфункціональних добавок на сульфатостійкість

Найменування цементу, добавки, вміст, % від маси цементу	Межа міцності під час згину R_{32} , МПа (28), МПа	Межа міцності під час згину зразків, які знаходились у 4,4% розчині Na_2SO_4 та контрольній воді, МПа		Коефіцієнт стійкості зразків
		Тривалість, 90 діб		
		вода	розчин	
Сульфатостійкий, без добавки	4,60	5,41	3,56	0,65
Криворізький, без добавки	5,40	5,81	4,83	0,83
Криворізький, МПДКи 0,6	5,70	5,89	4,75	0,80

Продовження таблиці 2

Криворізький, МПДКи 0,8	5,34	6,51	5,35	0,82
Криворізький, вапно + МПДКи + ЛСТ 2,5 + 0,5 + 0,15	5,56	5,17	5,37	1,04

Застосування комплексних добавок сприяє підвищенню стійкості в сульфатному агресивному середовищі.

Підвищення морозостійкості, водонепроникності і сульфатостійкості важкого бетону пояснюється підвищенням густини цементного каменя при введенні комплексних поліфункціональних добавок.

Корозійна стійкість арматури в бетоні, що містить комплексні поліфункціональні добавки, визначалася по методиці зняття анодних поляризаційних кривих сталі в бетоні. На графіках (рис.1) показані анодні поляризаційні криві сталі в бетоні на портландцементі Криворізького заводу із застосуванням добавок 0,6% МПДКи, 0,8% МПДКи і 2,5% вапно + 0,5% МПДКи + 0,15% ЛСТ.

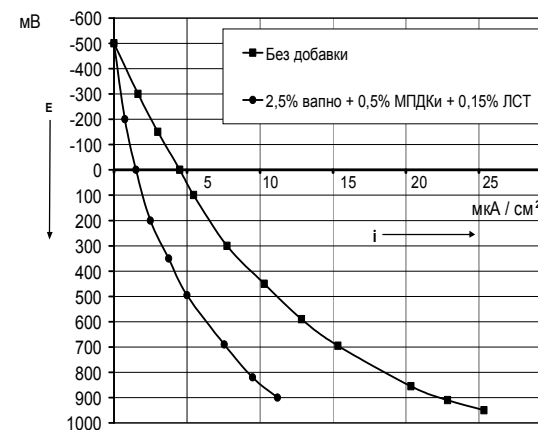


Рис. 1. Анодні поляризаційні криві сталі в бетоні, який містить комплексну поліфункціональну добавку вапно + МПДКи + ЛСТ

З методики зняття анодних поляризаційних кривих виходить, що сталь в бетоні пасивна, якщо при потенціалі +300 мВ по насиченому каломельному електроду густина струму не перевищує 10 мкА/см²; якщо густина струму дорівнює 10 – 25 мкА/см², сталь знаходиться в нестійкому пасивному стані, можлива корозія; при густині струму більше 25 мкА/см² можлива інтенсивна

корозія. Як показали дослідження, застосування комплексних добавок не змінює пасивуючої дії на сталь у важкому бетоні. При цьому густина струму при потенціалі +300 мВ не перевищує 10 мкА/см². Візуальний огляд арматурних стрижнів в бетоні при введенні добавок показав відсутність корозії сталі. Пасивуючу дію на сталь добавок у важкому бетоні можна пояснити пластифікуючою дією добавок і створенням щільної структури, що підтверджується вищенаведеними дослідженнями по морозостійкості і сульфатостійкості бетонів, що містять комплексні поліфункціональні добавки.

Висновки. Комплексні поліфункціональні добавки на основі вапна з відходів гірничої промисловості, низькомолекулярних кальцієвих солей дикарбонових кислот і високомолекулярних лігносульфонатів забезпечують покращення фізико-механічних характеристик цементного тіста й експлуатаційних властивостей бетону за рахунок первинної зміни стану системи.

Встановлено, що застосування комплексних поліфункціональних добавок збільшує морозостійкість важкого бетону на 100 циклів; при цьому водонепроникність на одну марку вища водонепроникності бетону без добавок; не знижує сульфатостійкості і не змінює пасивуючої дії на сталь у важкому бетоні.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Штарк Иохен, Вихт Бернд. Долговечность бетона / Пер. с нем. А. Тулаганова. Под ред. П. Кривенко. – К.: Оранта, 2004. – 301 с.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., 1998 – 768 с.
3. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1989. – 188 с.

УДК 624.131.53

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

*Т.Д. Никифорова к.т.н., И.И. Куличенк, инж. *, Н.В. Савицкий д.т.н.
*Днепропетровский исполком,
Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, г. Днепропетровск*

Актуальность проблематики и постановка задачи. Для решения задач проектирования заглубленных зданий, проектирования теплоснабжения зданий и сооружений с тепловыми насосами, использующими тепловую энергию грунтов, необходимо располагать теплофизическими характеристиками грунтов. Исследований такого рода для решения подобных задач крайне недостаточно.

Цель настоящих исследований - разработка методики определения теплофизических характеристик грунтов и проведение исследований на различных типах грунтов.

Изложение основного материала.

1) Методика проведения экспериментальных исследований

Исследования теплопроводности грунтов проводились при помощи мобильного измерителя теплопроводности МИТ-1 производства России.

Принцип действия прибора основан на измерении изменения температуры зонда за определенное время при его нагреве с постоянной мощностью. Зонд при измерении должен быть помещен внутрь образца с обеспечением максимального теплового контакта зонда с образцом.

Технические характеристики прибора «МИТ-1.0» приведены в таблице 1.

Таблица 1
Техническая характеристика «МИТ-1.0»

Параметры	Значение (диапазон)
Диапазон измерения теплопроводности, Вт/(м·°К)	0,01...2
Предел погрешности, %	7
Время измерения, мин	7
Рабочий диапазон температур, °С	-10...+50

Измерение теплопроводности теплоизоляционных материалов проводят методом измерения плотности стационарного теплового потока по ГОСТ 7076-87 или методом определения теплопроводности цилиндрическим зондом по ГОСТ 30256-94 [1]. Первый метод обеспечивает более высокую точность измерений, но связан с определенными сложностями точного изготовления образцов и требует длительного времени (до 6...10 часов) для получения стационарного теплового потока.

Прибор «МИТ-1.0» реализует метод теплового зонда с повышением точности за счет большого количества измерений температуры и специальной математической обработки полученных результатов.

Для определения теплопроводности изготавливают образцы материала в виде бруска размером не менее 65х65х150мм или в виде цилиндра диаметром не менее 50 мм и длиной не менее 150 мм. (рис. 1). В образце или в изделии подготавливают отверстие по диаметру зонда. Зонд должен входить в отверстие плотно, без зазора или с минимальным зазором. Образцы рыхлых или сыпучих материалов помещают в форму с такими же или большими размерами, изготовленную из материалов с низкой теплопроводностью. Для повышения точности измерений зонд и подготовленное отверстие смазывают теплопроводной пастой, вазелином или солидолом, а образец со вставленным