

## НАНОТЕХНОЛОГИИ

УДК 691: 620.1

*В. Ф. Степанова*, доктор технических наук, профессор,  
заведующая лабораторией № 13 НИИЖБ им. А. А. Гвоздева  
ОАО «НИЦ «Строительство»  
*Н. В. Бегунова*, старший преподаватель  
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ВЛИЯНИЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОЙ ДОБАВКИ COMPROPLAST  
НА ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНА ПО ОТНОШЕНИЮ К СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЕ

*В статье рассматривается пластифицирующая наномодифицированная добавка в бетон на основе лигносульфоната. Описываются электрохимические испытания коррозии стали в бетоне с добавкой и без добавки и приведены их результаты. Выявлено влияние добавки на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре.*

**Ключевые слова:** пластифицирующая добавка, бетон, смесь, электрохимические испытания.

В лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А. А. Гвоздева ОАО «НИЦ «Строительство» были проведены исследования влияния добавки «КомАР» на защитные свойства бетона с добавкой по отношению к стальной арматуре и разработаны технические условия на данную добавку. Работу выполняли по заказу ООО «КомАР».

Целью данных испытаний являлось определение влияния добавки Comproplast «КомАР» на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре и оценка коррозионного состояния арматуры по результатам электрохимических испытаний.

Comproplast относится к водоредуцирующим и пластифицирующим добавкам в соответствии с ГОСТ 24211 [1] и предназначена для изготовления бетонных и железобетонных изделий и конструкций для промышленного и гражданского строительства в соответствии с СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85» и ГОСТ 31384 [2]. Она относится к I группе пластифицирующих добавок – суперпластификатор, т. е. повышает подвижность бетонных смесей от П1 до П5 (от 2...4 см до 21...25 см) без снижения прочности бетона во все сроки испытания. За счет применения данного суперпластификатора увеличивается подвижность бетонной смеси без снижения прочности бетона, сокращается количество применяемого цемента для бетонной смеси, повышается марка бетона по морозостойкости и водонепроницаемости, повышается плотность бетона, увеличивается его расплывчатая прочность. Кроме этого, увеличивается прочность бетона за счет активизирующих и диспергирующих свойств, более длительный срок сохраняет жизнеспособность бетонной смеси.

Испытания проводили на контрольных бетонных образцах (без добавки) и образцах с добавкой, вводимой в количестве 0,7 % от массы цемента. В качестве сырьевых материалов для изготовления бетон-

ных образцов использовали материалы, удовлетворяющие ГОСТ 26633 [3]:

- портландцемент ПЦ500-Д0 по ГОСТ 10178 [4];
- песок Мансуровского карьера с  $M_{кр}=2,5$ ;
- щебень гранитный фракции 5–20 мм.

Добавку вводили в бетонную смесь с водой затворения.

Для проведения электрохимических испытаний были изготовлены бетонные образцы размером 70×70×140 мм, центрально армированные стальными стержнями диаметром 6 мм и длиной 120 мм. Поверхность стержней, включая торцы, шлифовали до 7-го класса чистоты и перед закладкой в бетон обезжировали. Стержни укладывали параллельно оси симметрии образцов так, чтобы защитный слой бетона по всей длине стержня был не менее 10 мм.

После изготовления бетонные образцы выдерживали в течение 28 сут. в камере нормально-влажностного режима твердения при температуре  $(20\pm 5)$  °С и относительной влажности воздуха 95 %.

Испытания проводили в соответствии с ускоренной методикой электрохимических испытаний, изложенной в ГОСТ 31383 [5]. Суть методики заключается в снятии анодных поляризационных кривых стали в бетонных образцах, помещенных в воду или раствор электролита; при этом протекает анодный процесс – переход ионов железа в раствор. Соответствующее количество электронов остается в металле. Образуется двойной электрический слой со скачком потенциала на границе «металл – жидкость», который препятствует растворению металла за счет восстановления кислорода, вызванного присутствием в бетоне активных ионов, в частности хлорид-ионов. Равновесие в двойном слое нарушается, и развивается коррозия стали.

Перед снятием анодных поляризационных кривых бетонные образцы насыщали водой под вакуумом. Затем торец образца скалывали, обнажая стальную стержень на 10–20 мм. Место выхода арматуры

из бетона изолировали и помещали образец в электрохимическую ячейку.

С помощью потенциостата в автоматическом режиме поляризовали образец, измеряя величину силы тока через каждые 100 мВ измерения потенциала, и по полученным данным строили анодную поляризационную кривую.

Согласно методике ГОСТ 31383 [6] испытания проводили в исходном состоянии (после набора бетоном проектной прочности), затем после 3 и 6 месяцев воздействия на бетон переменного увлажнения и высушивания по специально подобранному режиму – агрессивному по отношению к стальной арматуре (увлажнение водой 24 ч; сушка в сушильном шкафу при температуре  $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$  – 24 ч).

На основании ранее выполненных работ установлено, что результаты, полученные после шести месяцев ускоренных коррозионных испытаний по электрохимическому методу, приравниваются к десяти годам натуральных испытаний.

Коррозионное состояние арматурной стали в бетоне (см. табл. 1) оценивали по плотности электрического тока при потенциале +300 мВ и спаду потенциала через 60 с после отключения тока в соответствии с ГОСТ 31383 [7].

Результаты электрохимических испытаний после указанных контрольных сроков представлены в табл. 2.

Таблица 1. Показатели коррозионного состояния стальной арматуры в бетоне

Показатель	Коррозионное состояние стальной арматуры
Плотность тока при потенциале +300 мВ: – до 10 мкА/см <sup>2</sup> – от 10 до 25 мкА/см <sup>2</sup> – свыше 25 мкА/см <sup>2</sup>	Пассивное состояние Неустойчиво-пассивное состояние Интенсивная коррозия
Потенциал через $(60 \pm 5)$ с после отключения тока: – более +5 мВ – менее +5 мВ	Пассивное состояние Активное состояние – коррозия

Таблица 2. Результаты электрохимических испытаний

Наименование показателей коррозионного состояния арматурной стали	Характеристики коррозионного состояния арматурной стали в пассивном состоянии	Результаты испытаний					
		В исходном состоянии		После 3 мес коррозионных испытаний		После 6 мес коррозионных испытаний	
		Контрольный (без добавки)	С добавкой «КомАР»	Контрольный (без добавки)	С добавкой «КомАР»	Контрольный (без добавки)	С добавкой «КомАР»
Плотность тока при потенциале +300 мВ, мкА/см <sup>2</sup>	До 10 включительно	2,1	0,9	1,8	0,4	1,7	0,8
		1,1	0,6	0,9	0,5	1,0	1,0
		1,3	0,6	0,9	0,3	1,2	0,9
Потенциал через $(60 \pm 5)$ с после отключения тока, мВ	Более +5	+560	+500	+570	+500	+550	+500
		+520	+490	+550	+480	+570	+540
		+500	+490	+520	+520	+550	+510

Результаты электрохимических испытаний стальной арматуры в бетоне с добавкой «КомАР» в количестве 0,7 % от массы цемента показали, что данная добавка не является агрессивной по отношению к стальной арматуре в бетоне и не снижает защитные свойства бетона по отношению к арматуре как в исходном состоянии, так и после 3 и 6 месяцев ускоренных коррозионных испытаний. Плотность тока при потенциале +300 мВ во все сроки испытаний не превышала 10 мкА/см<sup>2</sup>, спад потенциала после отключения тока значительно превышал +5 мВ, что свидетельствует об устойчивом пассивном состоянии стальной арматуры в бетоне с добавкой «КомАР».

При визуальном осмотре поверхности стальных стержней, извлеченных из бетонных образцов после проведения электрохимических испытаний, коррозионных поражений не обнаружено.

Электрохимическими испытаниями стальной арматуры в бетоне с добавкой «КомАР» установлено, что добавка не является агрессивной по отношению

к стальной арматуре в бетоне, не вызывает ее коррозии и не снижает пассивирующих свойств бетона как при изготовлении, так и в процессе эксплуатации. Добавка «КомАР» может быть рекомендована для применения при производстве железобетонных конструкций при соблюдении требований нормативной документации на эти конструкции.

#### Библиографические ссылки

1. ГОСТ 24211–2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические требования.
2. ГОСТ 31384–2008. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования.
3. ГОСТ 26633–2012. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.
4. ГОСТ 10178–85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.
5. ГОСТ 31383–2008. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний.
6. Там же.
7. Там же.

\* \* \*

*Stepanova V. F.*, DSc in Engineering, Professor, Gvozdev Research, Design and Technology Institute of Concrete and Reinforced Concrete;  
*Begunova N. V.*, Senior lecturer, Kalashnikov ISTU

**Influence of superplasticizer Componoplast on concrete mobility with regard to steel reinforcing**

*The article discusses superplasticizing additive in concrete on the basis of lignosulfonate. Electrochemical tests are described for steel corrosion in concrete with and without additive and their results are presented. The influence of the additive on protective properties of concrete with regard to steel reinforcing is determined.*

**Keywords:** plasticizer, concrete, concrete mix, electrochemical tests.

Получено: 24.04.15