

*В.К. БИШИМБАЕВ, А.А. ИСМАИЛОВ, Д.Д. ТАГИБАЕВ*

## **ЗАЩИТА АРМАТУРЫ В БЕТОНЕ НА АЛИНИТОВОМ ЦЕМЕНТЕ ОТ КОРРОЗИИ С ПОМОЩЬЮ ДОБАВОК ИНГИБИТОРОВ**

Как показали ранее проведенные эксперименты, арматура в бетонах на алинитовых цементах нуждается в защите. Наши эксперименты показали, что коррозия арматуры в таких бетонах не так уж и велика, как можно было бы ожидать. В научных кругах и у производственников сложилось мнение, что если в бетоне содержатся хлориды, то из таких бетонов нельзя производить железобетонные конструкции, особенно предварительно напряженные. Такой консервативный подход к производству бетонов с до-

бавками хлоридов в свое время нанес определенный вред народному хозяйству, так как на долгое время приостановило развитие производства железобетона на нетрадиционных вяжущих материалах. Считаем необходимым отметить, что даже в те времена, когда шел бурный процесс о запрещении применения хлоридов в бетон, были опубликованы великолепные работы, доказывающие несостоятельность данного запрета [1-4]. Пионером в разрушении этого стереотипа был В. Б. Ратинов, его последователи и уч-

ники. Так, например, В. Б. Ратинов доказал, что в бетонах, содержащих до 2% хлорид ионов при применении ингибиторов коррозии, в частности ННК и ННХК в количестве 2% от массы цемента, коррозии стальной арматуры не наблюдается. При этом он отмечает, что содержание алюминатов в цементе должно быть не менее 5% [5-7]. К такому же выводу пришли С. Н. Алексеев, Н. К. Розенталь, Н. М. Кашурников, К. С. Шинтемиров и др. [7-9].

Учитывая положительный опыт применения ингибиторов для защиты стальной арматуры от коррозии с помощью добавок ингибиторов, и то, что при этом наиболее эффективными являются бинарные ингибиторы коррозии, проявляющие синергетический эффект, мы решили остановить свой выбор на наиболее доступном ингибиторе коррозии – ННК. Для исследований были приняты концентрации ингибиторов 1,0; 1,5 и 2,0% от массы цемента.

Коррозионное состояние арматуры в бетонах определяли методом снятия анодных поляризационных кривых стали в мелкозернистом бетоне состава 1:2. Образцы бетона имели размеры 4×4×16 см, шлифованные арматурные стержни располагались вдоль продольной оси образца.

Испытания проводили в средах с относительной влажностью 80, 95% и образцов, хранившихся в атмосферных условиях (на крышном стенде).

Коррозия арматуры оценивалась в возрасте 1, 2 и 4-х летнего хранения.

Коррозия арматуры в образцах на алинитовом цементе при хранении образцов в комнатных условиях, а также при относительной влажности среды 60% не определялась, так как предыдущие испытания показали, что арматура в таких условиях почти не подвержена коррозии. Кроме того, мы считаем, что если нам удастся надежно защитить арматуру от коррозии в образцах, хранившихся в более жестких условиях, какими являются высокая влажность – до 95%, то, естественно, арматура при влажности 60% и ниже будет надежно защищена.

В таблицах 1-3 приведены результаты испытаний образцов бетона с содержанием ингибитора коррозии – ННК – 1,0, 1,5 и 2,0 % от массы цемента.

Данные, представленные в таблице 1, показывают, что при хранении образцов бетона на алинитовом цементе на крышном стенде коррозии стали не наблюдается даже при содержании

ингибитора коррозии 1,0 % от массы цемента. Стационарные потенциалы стали имеют значения –305, -300 и -285 мВ при содержании ННК – 1,0, 1,5 и 2,0% соответственно. Соответствующие этим значениям плотности токов поляризации при потенциале +300 мВ равны 5,0; 3,0 и 2,0 мА/см<sup>2</sup>. Приведенные данные свидетельствуют о полной защите арматуры от коррозии при хранении образцов в атмосферных условиях и содержании ННК от 1,0 до 2,0 %.

С повышением влажности среды стационарные потенциалы арматуры незначительно смещаются в сторону отрицательных значений, и находятся в пределах –330...–348 мВ, а плотности токов при потенциале +300 мВ имеют значения 4...7 мА/см<sup>2</sup> (таблица 2). Эксперименты показали, что даже при влажности среды 80% и 95% ингибиторы коррозии надежно защищили стальную арматуру от коррозии при экспозиции образцов бетона в течение 4-х лет. При этом защита обеспечивается даже при содержании ННК – 1,0% от массы цемента.

Оценка коррозионного состояния арматуры в бетонах после 4-х лет экспонирования в различных условиях показала (таблица 3), что стальная арматура в бетонах на алинитовом цементе с добавками комплексного ингибитора коррозии (ННК), находится в пассивном состоянии.

Стационарные потенциалы стали при 1,0%-ном содержании ННК имеют значения –385 и +395 мВ (при хранении на крышном стенде и при относительной влажности воздуха 80% соответственно). Увеличение концентрации ингибитора от 1,5 до 2,0-х процентов еще более повысило стационарные потенциалы стальной арматуры и соответственно снизило плотность токов поляризации, т.е. надежно защитило арматуру от коррозии (при хранении образцов на крыше, а также влажности среды 80%).

Несколько другая картина отмечается при дозировке ННК – 1,0% от массы цемента и хранении образцов при влажности 95%. В этом случае плотность тока поляризации имеет значения 11 мА/см<sup>2</sup>, что граничит с областью неустойчивой пассивности стальной арматуры в рассматриваемых бетонах.

При увеличении концентрации комплексного ингибитора до 1,5...2,0% достигается надежная защита арматуры от коррозии. Здесь следует отметить, что защиту выпусков арматуры от кор-

Таблица 1. Состояние арматуры в бетонах на алинитовом цементе при хранении образцов при относительной влажности среды 80, 95% и хранении их в атмосферных условиях (на крышном стенде) в течение 1-го года

Концентрация ингибитора коррозии	Хранение образцов на крышном стенде		Хранение при относительной влажности воздуха 80%		Хранение при относительной влажности воздуха 95%	
	Стационарные потенциалы стали, (- E, мВ)	Плотность тока при потенциале +300 мВ, мкА/см <sup>2</sup>	Стационарные потенциалы стали, (- E, мВ)	Плотность тока при потенциале +300 мВ, мкА/см <sup>2</sup>	Стационарные потенциалы стали, (- E, мВ)	Плотность тока при потенциале +300 мВ, мкА/см <sup>2</sup>
ННК – 1,0%	305	3	315	5	338	7
ННК – 1,5%	300	2	307	3	325	5
ННК – 2,0%	285	1	295	2	315	3

Таблица 2. Состояние арматуры в бетонах на алинитовом цементе при хранении образцов при относительной влажности среды 80, 95% и хранении их в атмосферных условиях (на крышном стенде) в течение 2-х лет

Концентрация ингибитора коррозии	Хранение образцов на крышном стенде		Хранение при относительной влажности воздуха 80%		Хранение при относительной влажности воздуха 95%	
	Стационарные потенциалы стали, (- E, мВ)	Плотность тока при потенциале +300 мВ, мкА/см <sup>2</sup>	Стационарные потенциалы стали, (- E, мВ)	Плотность тока при потенциале +300 мВ, мкА/см <sup>2</sup>	Стационарные потенциалы стали, (- E, мВ)	Плотность тока при потенциале +300 мВ, мкА/см <sup>2</sup>
ННК – 1,0%	310	4	325	7	348	9
ННК – 1,5%	305	3	320	5	337	7
ННК – 2,0%	295	2	315	4	330	5

Таблица 3. Состояние арматуры в бетонах на алинитовом цементе при хранении образцов при относительной влажности среды 80, 95% и хранении их в атмосферных условиях (на крышном стенде) в течение 4-х лет

Концентрация ингибитора коррозии	Хранение образцов на крышном стенде		Хранение при относительной влажности воздуха 80%		Хранение при относительной влажности воздуха 95%	
	Стационарные потенциалы стали, (- E, мВ)	Плотность тока при потенциале +300 мВ, мкА/см <sup>2</sup>	Стационарные потенциалы стали, (- E, мВ)	Плотность тока при потенциале +300 мВ, мкА/см <sup>2</sup>	Стационарные потенциалы стали, (- E, мВ)	Плотность тока при потенциале +300 мВ, мкА/см <sup>2</sup>
ННК – 1,0%	385	9	395	9,5	408	11
ННК – 1,5%	355	7	380	8,9	397	9,7
ННК – 2,0%	325	5	365	7,5	375	8,0

Примечание: коррозионное состояние стальной арматуры в бетонах на алинитовом цементе при хранении образцов в комнатных условиях, а также при относительной влажности 60% мы не определяли, так как предыдущие испытания показали их достаточную устойчивость.

ророзии с помощью ингибиторов коррозии мы не производили по той причине, что выпуски арматуры находятся за пределами бетона, поэтому они должны защищаться различными антикоррозионными покрытиями, или вообще не иметь места в практике строительства, т.е. они должны быть сразу же обетонированы.

Комплексный (бинарный) ингибитор коррозии – ННК надежно защищает стальную арматуру от коррозии при концентрации его в бетоне

на алинитовом цементе от 1,5 до 2,0-х процентов. При этом полная защита арматуры от коррозии обеспечивается даже при относительной влажности воздуха 95% и длительном хранении образцов в этих условиях.

Считаем, что приведенные исследования помогут производственникам сломать сложившийся стереотип и смелее применять алинитовые цементы в производстве железобетонных изделий и конструкций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Штолте Э., Боненкамп К. Коррозия арматуры железобетона. // В кн.: Атмосферная коррозия в промышленном и гражданском строительстве. /Пер. с нем. под ред. М.Н. Фрумкина. – М.: Металлургия, 1981. – С.60-70.

2. Бодовска Г., Данилецкий В., Мончинский М. Антикоррозионная защита зданий./сокр.пер. с польского. – М.: Стройиздат, 1978. – 508 с.

3. Розенталь Н.К. О влиянии минерологического состава цемента на коррозию стали в бетоне с добавками  $\text{CaCl}_2$ . – В сб.: Стойкость бетона и железобетонных конструкций в агрессивных средах/ тр. НИИЖБ Госстроя СССР, вып.23. – М., Стройиздат, 1987. С. 60-71.

4. Шинтемиров К.С., Изжанов М.М., Соловьев В.И. и др. Защита стальной арматуры в бетонах, обезвреженных фосфорношлаковых вяжущих//Труды научно-практич.-конф. «Применение отходов производств -основной ресурс строительства». – Севастополь, 1990. – С. 35-39.

5. Руководство по определению скорости коррозии цементного камня, раствора и бетона в жидких агрессивных средах. – М.: НИИЖБ, 1975. – 58 с.

6. Руководство по применению химических добавок в бетоне. /НИИЖБ Госстроя СССР. – М., Стройиздат, 1980. – 55 с.

7. Розенфельд И.Л. Коррозия и защита металлов (локальные коррозионные процессы). – М.: Металлургия, 1970. – 448 с.

8. Рекомендации по применению химических добавок в бетоне. - М., Стройиздат, 1977. – 56 с.

9. Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии. – М.: Химия, 1977. – 350 с.

## Резюме

Алинит цементті бетондардағы арматураны ингибитор қоспалары негізінде коррозиядан қорғау тәсілдері зерттелген.

## Resume

Defenses of armature in concrete on alinitovom cement from corrosion by inhibitions.

УДК 666.973.6

ЮКГУ им. М. Ауезова

Поступила 07.09.09 г.