

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

КОРРОЗИОННОЕ СОСТОЯНИЕ АРМАТУРЫ В БЕТОНЕ НА АЛИНИТОВОМ ЦЕМЕНТЕ

Исследование коррозии стальной арматуры в бетонах на алинитовом цементе проводилось электрохимическим и гравиметрическим методами [1].

Ранее проведенными исследованиями было установлено, что у бетона на алинитовом цементе с валовым содержанием иона хлора 2,8% в суточном возрасте стационарный потенциал ар-

матуры равен - 400 мВ. К семисуточному возрасту наблюдается резкий сдвиг стационарного потенциала в область более положительных значений, чем стационарные потенциалы стали в бетоне на алинитовом цементе в исходном состоянии, что свидетельствует о процессах начала пассивации стали щелочами цемента. В дальнейшем потенциал арматуры облагораживается

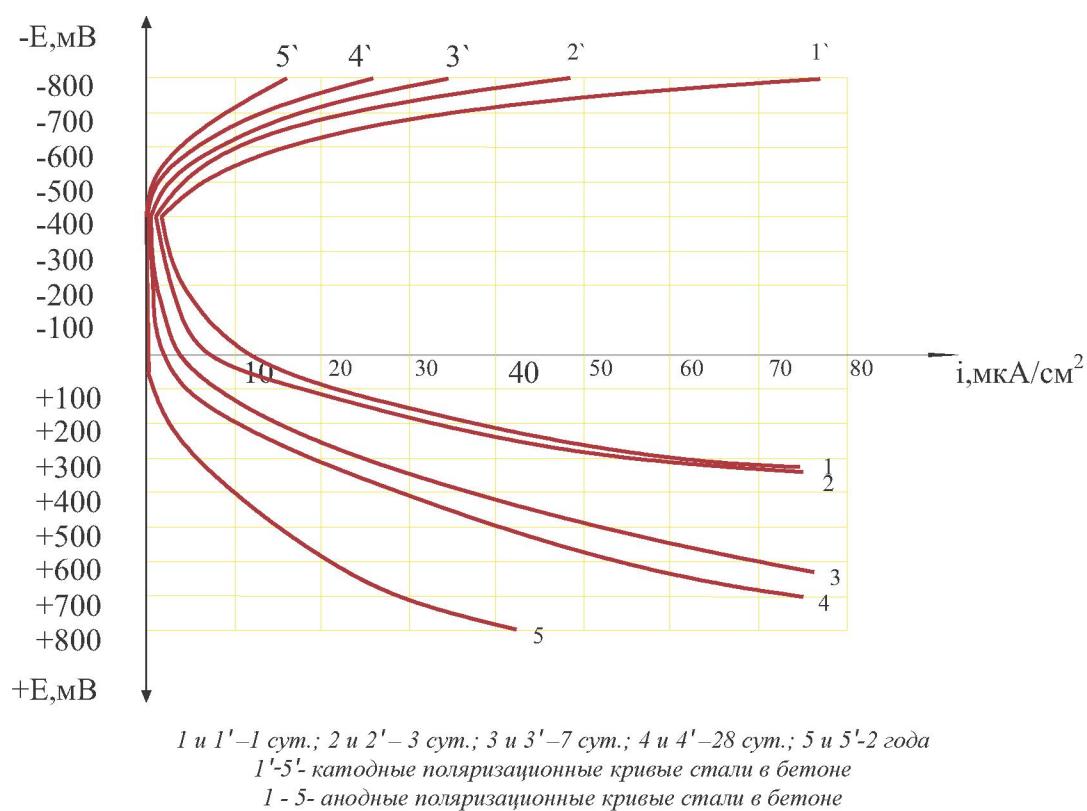


Рис. 1. Изменение во времени хода потенциодинамических кривых для армированных образцов на алинитовом портландцементе

довольно медленно, т.е. стабилизируется и достигает к 28 суточному возрасту значений – 230 мВ.

Облагораживание поверхности стальной арматуры в бетоне на алинитовом цементе позволяет предположить значительное торможение реакции растворения стального электрода. Объяснить это можно, вероятно, тем, что ионы хлора алинитового цемента связываются содержащими минералами цемента в гидрохлоралюминаты и гидрохлорферриты кальция. В результате этого в жидкой фазе бетона отсутствуют свободные хлориды, вызывающие депассивацию стали. Подтверждением данного предположения явилось то, что при действии на свежий скол бетона 1%-ным раствором азотнокислого серебра не было обнаружено следов хлора в зоне, прилегающей к арматуре.

Гравиметрические испытания также показали, что интенсивная потеря массы стальной арматуры наблюдается в первые 7 суток твердения бетона. Затем коррозионные потери стали стабилизируются. Однако мы понимаем, что за такой короткий срок испытаний нельзя с уверен-

ностью говорить о полной пассивации стали в бетоне на алинитовом цементе. Поэтому мы продолжили наши испытания с целью выявления поведения стальной арматуры в длительные сроки. На рисунке 1 представлены результаты электрохимических испытаний стальной арматуры в бетонах на алинитовом цементе, а на рисунке 2 – на рядовом портландцементе.

Для определения влияния бетона, как коррозийной среды на поведение арматуры были сняты анодные и катодные поляризационные кривые после предварительной катодной поляризации стали до потенциала 800 мВ. Из анализа поляризационных кривых видно, что токи пассивации стали в бетоне через одни сутки имеют значение около 60...70 мкА/см², при потенциале +300 мВ, т.е. стальная арматура интенсивно коррозирует. В более поздние сроки потенциал стали облагораживается, т.е. стационарные потенциалы смешаются в положительную сторону, которые находятся в пределах – 230...–235 мВ. Это свидетельствует о том, что стальная арматура находится в пассивном состоянии (кривая 5, рисунок 1).

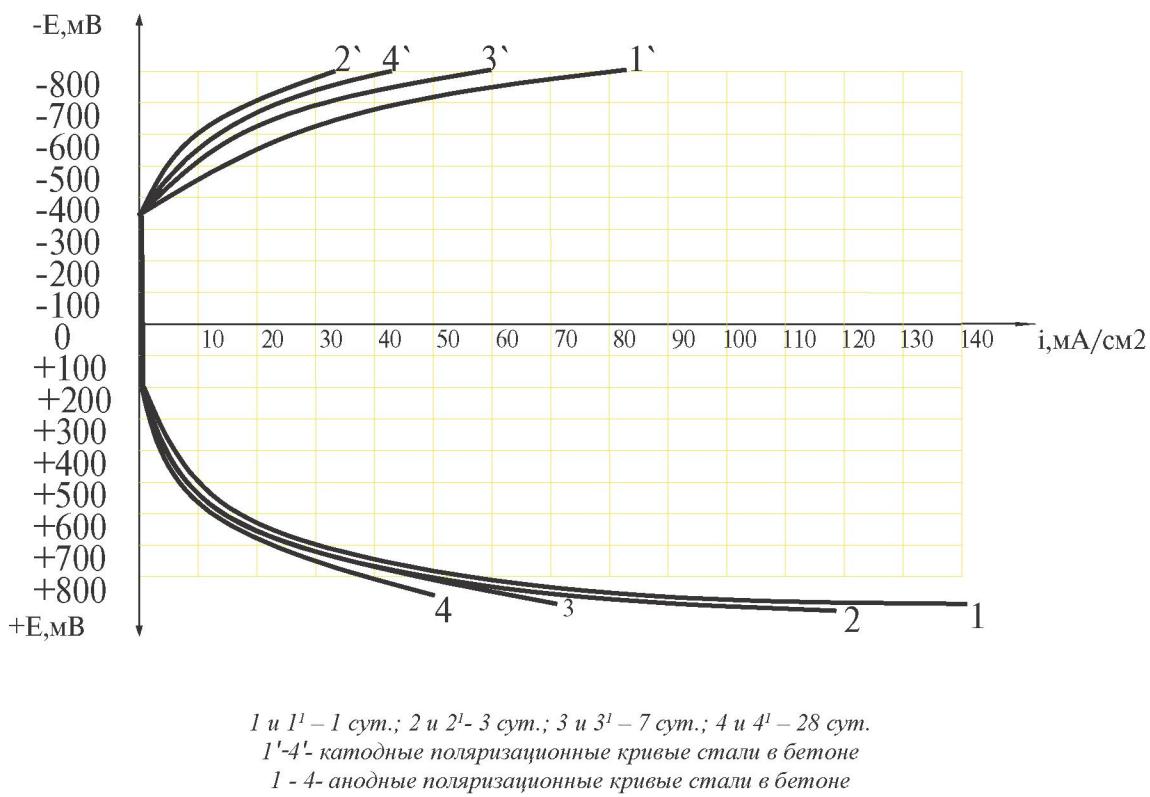


Рис. 2. Изменение во времени хода потенциодинамических кривых для армированных образцов на рядовом портландцементе

Токи полной пассивации стали при потенциале +300 мВ имеют значения ниже 10 мкА/см². Многочисленными исследованиями, проведенными в НИИЖБ и Алматинском НИИстремпроекте установлено, что если при потенциале +300 мВ плотность токов поляризации меньше 10 мкА/см², то сталь находится в устойчивом пассивном состоянии [2-5]. Здесь вероятно можно говорить о том, что пассивирующий сталь эффект алинитового цемента с течением времени приравнивается к пассивирующему эффекту обычного портландцемента.

Пассивирующий эффект пропаренных образцов бетона по отношению к стальной арматуре ниже по сравнению с бетонными образцами нормального твердения, как для алинитового, так и рядового портландцементов.

С увеличением срока твердения анодная поляризационная кривая сдвигается в область положительных значений потенциалов, что указывает на торможение анодной реакции растворения арматурного стержня. Обращая внимание на ход катодных поляризационных кривых, так-

же можно отметить существование и катодного контроля торможения реакции растворения стальной арматуры в бетонах.

Анализируя данные электрохимического изучения коррозионного состояния арматуры в образцах бетона на основе портландцемента, (рисунок 2) можно отметить ограничение как анодного, так и катодного процессов растворения стальной арматуры.

Для оценки влияния различного содержания ионов хлора в алинитовом цементе на коррозионное состояние арматуры в бетоне были сняты потенциодинамические кривые (рисунок 3).

Анализ хода кривых показывает, что стальная арматура находится в активном состоянии при содержании ионов хлора более 2,58%. Токи пассивации при потенциале +300 мВ в бетоне с содержанием ионов хлора 2,58% имеют значение 10 мкА/см², а при содержании ионов хлора в цементе 2,79; 2,89 и 3,18% соответственно равны 40, 50 и 60 мкА/см², т.е. стальная арматура в бетонах находится в активном состоянии и требует дополнительной защиты.

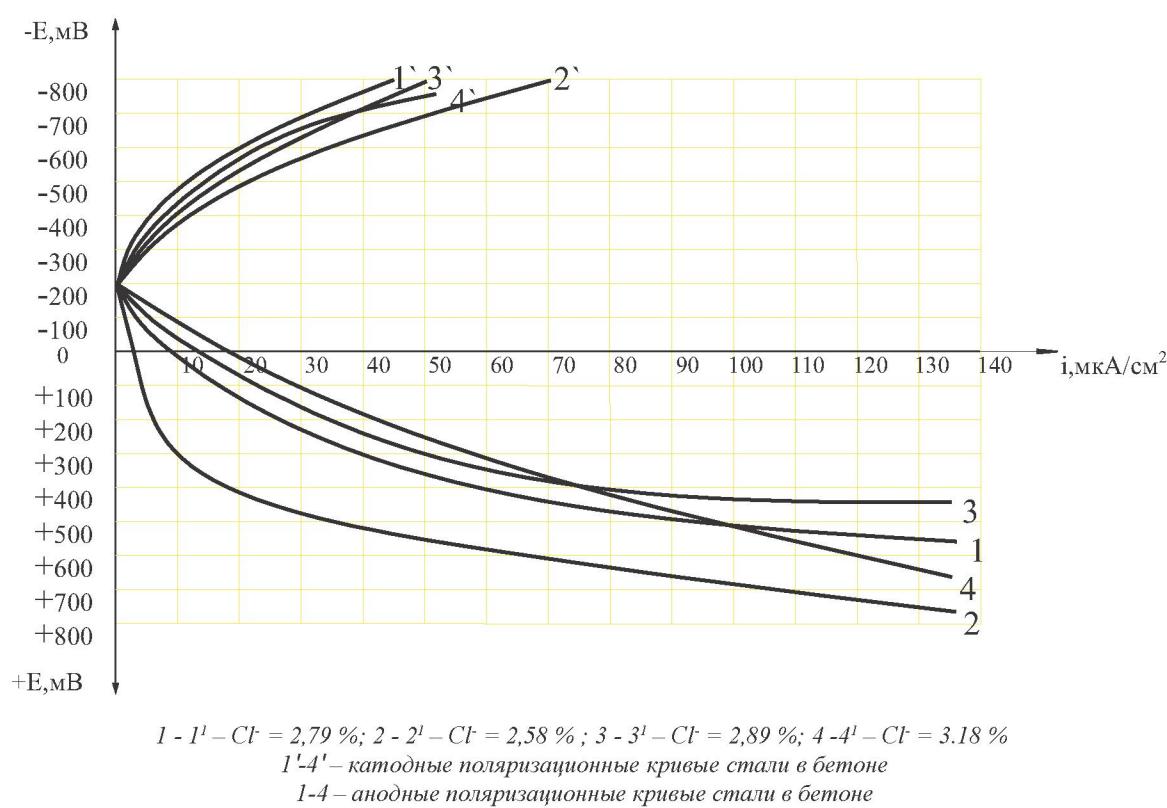


Рис. 3. Изменение положения потенциодинамических кривых для армированных образцов на алинитовых цементах с различным содержанием Cl^- в 28 суточном возрасте

Электрохимическими исследованиями НИИЖБ доказано, что коррозия арматуры в бетоне возможна в том случае, если при потенциале +300 мВ плотность тока превышает 25 $\mu A/cm^2$ [2,5]. Как показали наши исследования, величина плотности тока при этом значении потенциала для образцов на основе алинитового цемента, как правило выше 25 $\mu A/cm^2$.

Однако известно, что электрохимические методы исследований дают только информацию о возможности коррозии стали и неполную информацию о количественных потерях металла от коррозии. Более полную и достоверную информацию дают гравиметрические испытания стали в бетоне. Так, например, визуальный осмотр стержней и данные гравиметрического метода исследований показали, что потери массы стали не столь велики, как предполагалось после электрохимических исследований (рисунок 4).

Сопоставляя потери массы арматуры с катодными и анодными плотностями тока (рисунок 4), можно прийти к заключению, что решающая роль в коррозионном поведении арматуры играет плотность микро- и макроструктуры али-

нитового цемента. Именно этот фактор будет, с одной стороны, лимитировать диффузию кислорода через защитный слой бетона, а с другой стороны, вносить свою долю в величину омического контроля коррозионного процесса.

Вполне вероятно, что повышения значения анодной плотности тока, наблюдаемые для образцов на основе алинитового цемента, зависят от величины падения омического сопротивления бетона, являющегося следствием наличия хлоридов в бетоне, т.е. электролита, повышающего электропроводность бетона.

Таким образом, изучение коррозионного процесса арматуры показало, что, несмотря на значительное содержание хлорида (до 3,2%) в алинитовом цементе бетон на его основе достаточно удовлетворительно защищает металл от коррозии. Однако такая степень защиты не может быть объяснена только большой плотностью цементного камня, так как общеизвестно, что под действием ионов хлора происходит пробой пассивирующей пленки на арматуре, образованной под влиянием щелочей цемента, в результате чего становится возможным растворение железа.

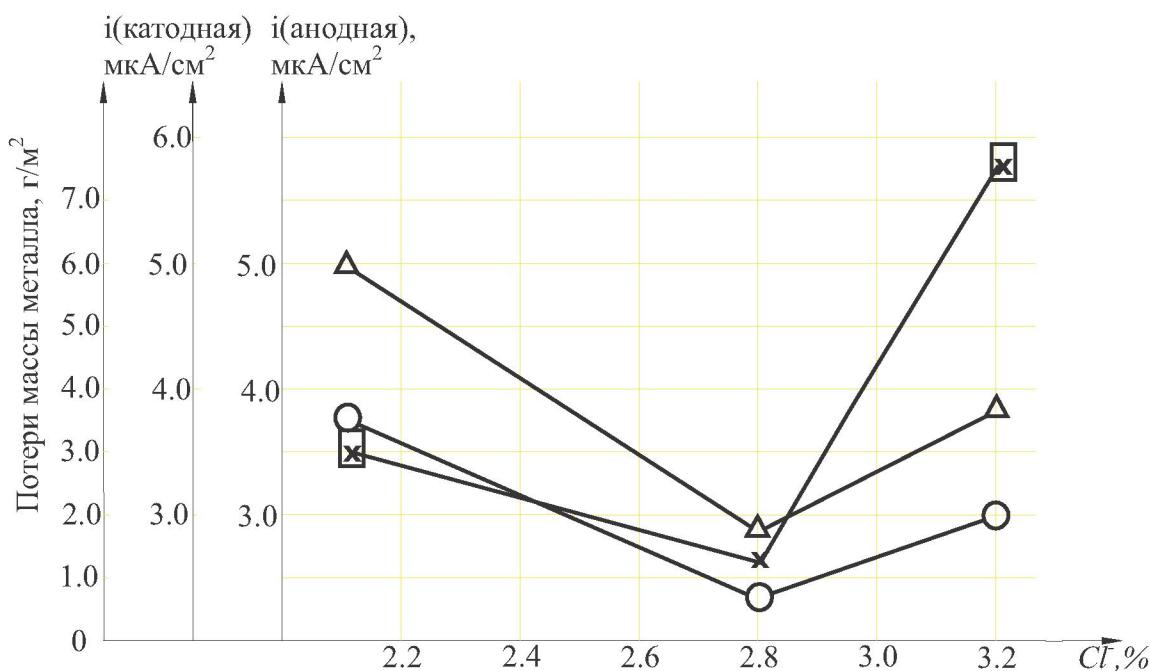


Рис. 4. Изменение потерь массы металла (1), катодной плотности тока (2) и анодной плотности тока (3) от валового содержания ионов хлора в цементе

С целью выявления характера воздействия иона хлора алюминитового цемента на коррозионное состояние арматуры и исключения величины падения омического сопротивления, наблюдаемых при электрохимических измерениях, проводимых потенциостатистическим методом, мы провели исследования поведения стальной арматуры класса ст.3 в водных вытяжках из цементного камня. Содержание иона хлора в вытяжке составило 1,1 г/л, pH=12,15. гравиметрические испытания показали, что за 28 суток нахождения арматурных стержней в водной вытяжке из цементного камня потеря массы металла составила 3,2; 3,7 и 4,3 г/м².

Визуальный осмотр поверхности стальной арматуры выявил наличие коррозионных точек на торцах арматурных стержней. Было отмечено также наличие небольших язв, которые вытянулись вдоль оси. Расположение и форма язв указывает на незначительную коррозию, поскольку они развивались в местах контакта двух стержней или стержня со стенкой сосуда. Следует отметить, что эксперимент проведен не в атмосфере инертного газа, а на воздухе, где обеспечивается достаточный доступ кислорода к поверхности арматуры. И, несмотря на это, уровень потерь массы стали сопоставим с потерями мас-

сы стали в бетоне, т.е., когда стальная арматура имеет защитный слой из бетона.

На рисунке 5 приведены потенциодинамические кривые, полученные в водных вытяжках из цементного камня разного возраста. Для всех изученных систем наблюдается одна и та же тенденция: с увеличением содержания добавки хлоридов в раствор из водной вытяжки коррозионная активность жидкой фазы увеличивается, независимо от возраста образцов водной вытяжки. Объясняем мы это карбонизацией растворов водной вытяжки, что приводит к снижению pH раствора и его пассивирующей способности. Незначительное связывание ионов хлора минералами цементного камня вновь образования типа гидрохлоралюминатов и гидрохлорферритов кальция, которые почти нерастворимы в воде, а, следовательно, в жидкой фазе, т.е. в водной вытяжке из цементного камня не оказывает существенного влияния на коррозионную стойкость стальной арматуры.

На рисунке 6 представлены потенциодинамические кривые стальной арматуры класса ст.3 в водных вытяжках состава (1:10), полученных из цементного камня 7 – суточного возраста. Анализ хода кривых показывает, что сталь в водной вытяжке из обычного портландцемента находится в пассивном состоянии вплоть до потен-

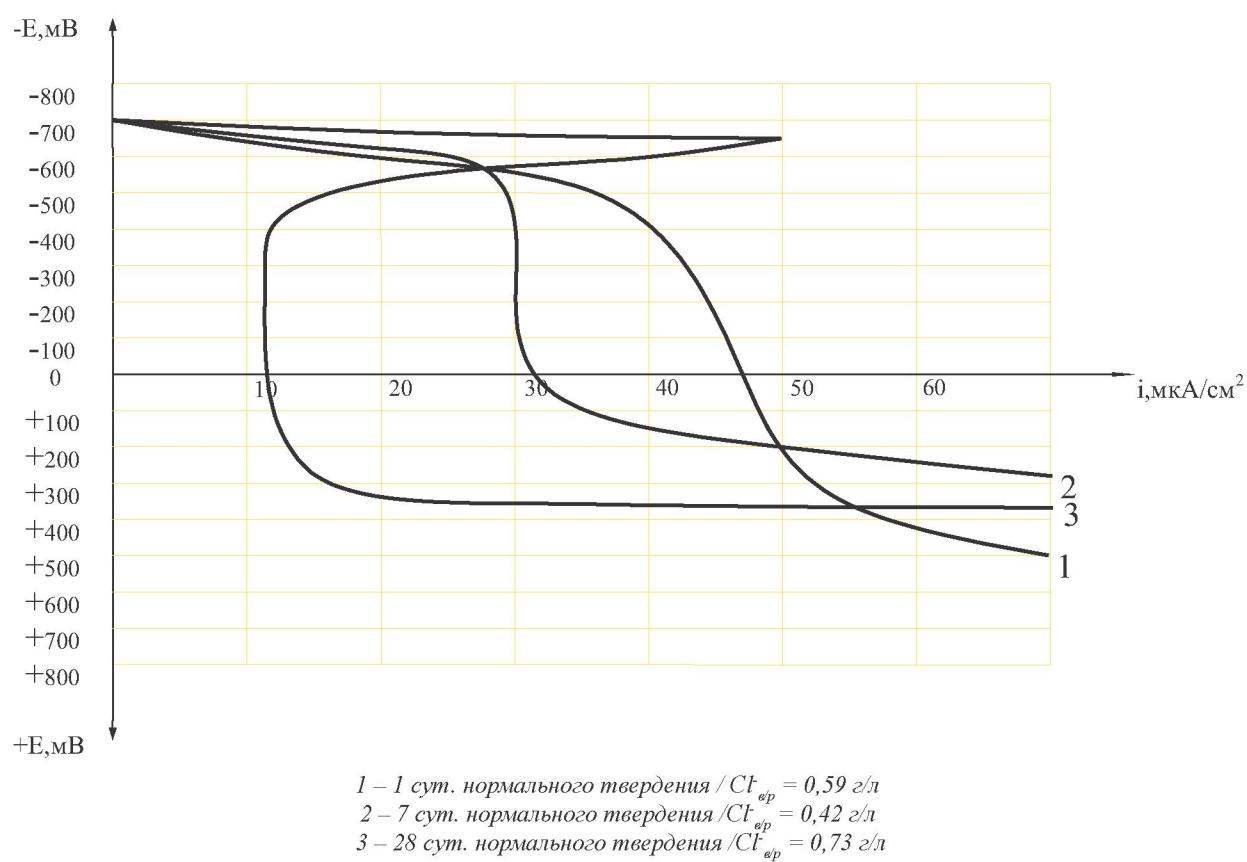


Рис. 5. Потенциодинамические кривые арматуры в водных вытяжках из цементного камня разного возраста твердения

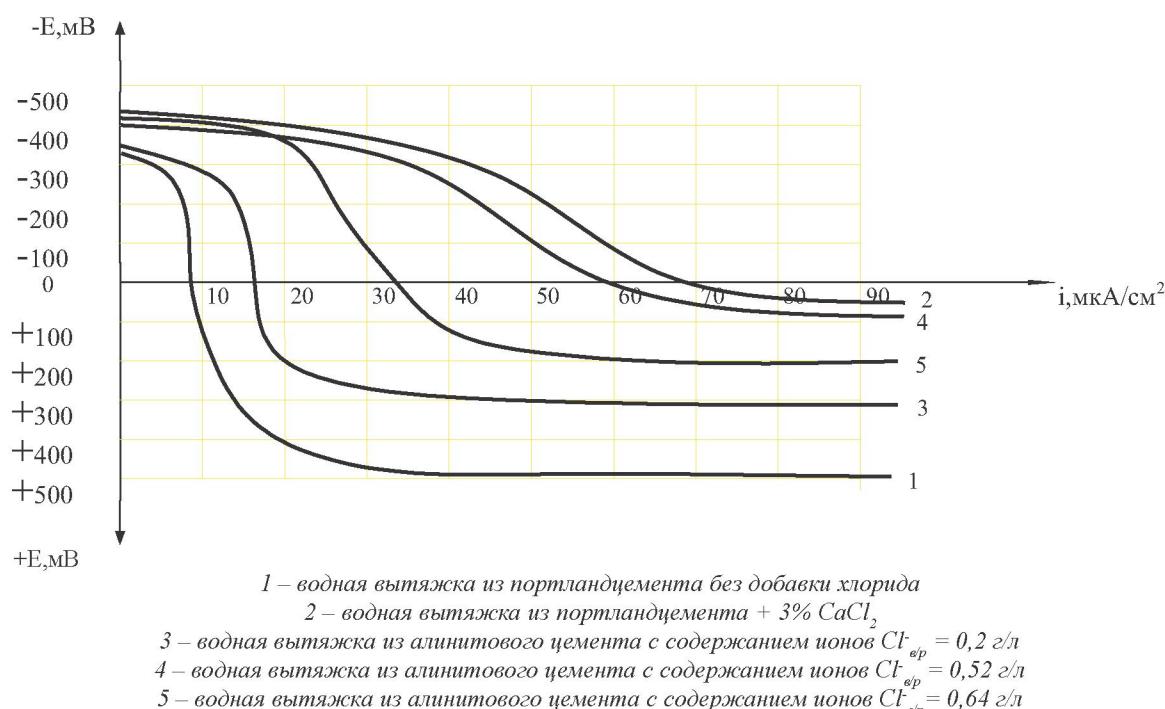


Рис. 6. Потенциодинамические кривые арматуры в водных вытяжках (1:10), полученных из цементного камня 7-суточного возраста

циала поляризации +500 мВ. Плотность тока при этом не превышает 10 мкА/см². При добавлении в водную вытяжку хлорида кальция сталь активируется, так например, при добавке 0,2 г/л (по содержанию хлоридов) сталь из пассивного состояния переходит в состояние неустойчивой пассивности. Плотность тока при потенциале +300 мВ имеет значение 15 мкА/см². С увеличением добавки хлорида кальция до концентраций 0,52 г/л и выше (в пересчете на ион хлора), сталь переходит в активное состояние и наблюдается интенсивная коррозия.

Изменение концентрации ионов хлора от 0,2 до 0,64 г/л (алинитовый цемент) смещает величину критического стационарного потенциала в сторону отрицательных значений до -450...-500 мВ, однако, при визуальной оценке поверхности стального электрода питтинги не обнаружены. Появление отдельных питтингов обнаружено лишь при введении в цемент 3% CaCl₂. Анализ представленных данных позволяет заключить, что величина стационарного критического потенциала, является функцией концентрации ионов хлора.

Из приведенных данных на рисунке 6 следует, что коррозионная активность ионов хлора при анодной поляризации снижается. Снижение активности ионов хлора можно объяснить тем, что водорастворимый хлорид алинитового цемента находится, по-видимому, в связанном состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Методические рекомендации по обследованию коррозионного состояния арматуры и закладных деталей в железобетонных конструкциях/ НИИЖБ, МР -23-78.- М., 1978,-15с.
- 2.Алексеев С.Н., Ратинов В.Б., Розенталь Н.К., Каширников Н.М. Ингибиторы коррозии стали в железобетонных конструкциях. – М.: Стройиздат, 1985. – 272 с.
- 3.Шинтемиров К.С., Изжанов М.М., Муратова У.Д. Коррозионная стойкость стальной арматуры в бетонах на обезвреженных фосфорношлаковых вяжущих.//Бетон и железобетон, 1990, №3. – С.26-27.
- 4.Шинтемиров К.С., Мусаев Т.С. Исследование коррозионной стойкости стальной арматуры в железобетонных шпалах, изготовленных из фосфорношлаковых вяжущих.// В сб.трудов НИИстремпроект. – Алматы, 2003. – С.70-74.
- 5.Алексеев С.Н., Розенталь Н.К., Степанова В.Ф. Методика снятия анодных поляризационных кривых стали в бетоне.//В кн.: Методические рекомендации по исследованию ингибиторов коррозии арматуры в бетоне. – М.: НИИЖБ, 1980. – С.4-7.

Резюме

Алинит цементті бетондардағы арматураның коррозиялық жайы сипатталған.

Resume

Investigational corrosive consisting of armature of concrete on alinitovom cement.

УДК 666.973.6

ЮКГУ им. М. Ауэзова

Поступила 07.09.09 г.