

том взрывостойкости можно использовать поставляемое совместно с ANSYS программное обеспечение LS -DYNA, что обеспечит надежные и достоверные результаты, как было показано в данной статье.

3. Также надо отметить, что LS-DYNA в сочетании с моделью бетона RHT, в отличие от существующих теоретических моделей позволяет легко и эффективно учитывать различные дополнительные факторы, такие как армирование и физическую нелинейность материалов, а также сложную конфигурацию сооружений и расположение зарядов ВВ.

Библиографический список

1. Володин, Г.Т. Энергетический метод в задачах разрушения элементов конструкций взрывной нагрузкой / Г.Т. Володин, А.С. Новиков // Известия ТулГУ. Технические науки. 2017. - Вып. 6. – С. 243-255.

2. Саламахин, Т.М. Физические основы механического действия взрыва и методы определения взрывных нагрузок / Т.М. Саламахин. – М.: ВИА, 1974. – 255 с.

3. Кук, М.А. Наука о промышленных взрывчатых веществах / М.А. Кук. – М.: Недра, 1980. – 455 с.

4. Баландин, П.П. К вопросу о гипотезах прочности / П.П. Баландин // Вестник инженеров и техников. –1937. – №1. – С. 12-36.

5. Penetration of reinforced concrete by BETA-B-500. Numerical analysis using a new macroscopic concrete model for hydrocodes / W. Riedel, K. Thoma, S. Hiermaier, S. Schmolinske // Proceeding of 9th international symposium on interaction of the effects of munitions with structures. – Berlin, PP. 315-322.

УДК 691.33

БИОКОРРОЗИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

Карпушин С.Н., Родин А.И., Красноглазов А.М.

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва

Приводятся сведения о биокоррозии строительных материалов в различных зданиях и сооружениях. Рассмотрены способы защиты бетонов от негативного воздействия микроскопических организмов.

Актуальной задачей в области строительства является обеспечение долговечности железобетонных конструкций т.к. в зданиях и сооружениях строительные материалы и изделия подвержены воздействию различных агрессивных сред [12]. В зданиях с биологически активными средами материалы и изделия подвержены разрушению микроскопическими организмами: бактериями и мицелиальными грибами [1, 8]. Опасность биоповреждений увеличивается при повышенной влажности окружающей среды и непосредственном контакте материалов и конструкций с агрессивной средой [3,13]. Поселяясь на поверхности строительных конструкций, микроорганизмы наряду с разрушающим воздействием ухудшают экологическую ситуацию в зданиях и сооружениях [2-14].

Упоминание о возможном участии бактерий в коррозии цементного бетона датируется еще в 1901 г. [4]. Автором установлено наличие в образцах нитрифицирующих бактерий, при этом наибольший вред материалу, по мнению авторов, нанесли *Bacterium roseum*. В ряде работ 40-х годов также упоминается о бактериях, населяющих поверхность бетонов гидротехнических сооружений в портах Черного моря, и на бетонных сооружениях каналов Волга-Москва. Из взятых проб был выделен целый ряд микроорганизмов: сульфатредуцирующие, уrolитические, гниlostные, тионовые, маслянокислые, нитрифицирующие, денитрифицирующие, целлюлозоразрушающие бактерии. Авторы утверждают, что именно продукты жизнедеятельности бактерий снизили прочностные характеристики конструкций. Особо отмечается понижение прочности бетона в культурах маслянокислых, нитрифицирующих и окисляющих серу бактерий [5, 6].

Исследования 50-х годов показали, что на наружных бетонных стенках силовой и шлюзовой станций Свирь-ГЭС были обнаружены наплывы, состоящие, главным образом, из окиси кальция, которые затем превратились в гроздьязлистой массы, содержащие бактерии (нитрифицирующие, денитрифицирующие, тионовокислые, сбраживающие сахара) и грибы (*Oospora lacrus*, *Candida* sp., *Sporothrichum* sp.) [4]. Л.И. Рубенчиком в 50-е годы изучалось разрушение бетона в морской воде. Он выделил целый ряд микроорганизмов с образцов бетона портов Черного моря: сульфатредуцирующие, тионовые, нитрифицирующие, денитрифицирующие, маслянистые, уrolитические и другие бактерии. Бетонный коллектор Гамбургской канализаци-

онной сети 1971 г. постройки через 11 лет также был разрушен вследствие действия тионовых бактерий.

М. Рожанской были изучены 89 образцов корродированных железобетонных конструкций, отобранных на Каменец-Подольском, Кировоградском, Киевском мясокомбинатах. Было установлено присутствие на них аммонифицирующих нитрифицирующих, тионовых, денитрифицирующих, и сульфатредуцирующих бактерий [7]. Наибольшую опасность для данных конструкций, по мнению авторов, представляют тионовые и сульфатредуцирующие бактерии.

Кроме биокоррозии под действием бактерий, согласно данным научно-технической литературы, бетон повреждается и от размножения мицелиальных грибов на поверхности и внутри него [8]. Грибы размножаются за счет готовых форм органических соединений и чаще всего встречаются на загрязненной поверхности материала или при наличии в нем органических добавок [2].

Практически у всех методов защиты имеются преимущества и недостатки. В настоящее время обобщены методы защиты материалов от биодеструкции, которые делятся на длительные и временные [3]. К длительным принято относить: конструктивные (изготовление изделий с гладкими поверхностями, покрытие изделий противоположающимися материалами), профилактические (поддержание безопасного температурно-влажностного режима), химические (пропитка готовых изделий фунгицидными составами, введение в состав материалов фунгицидных добавок).

К временным методам относят: профилактические (обеспыливание, проветривание), физические (ультрафиолетовое излучение), биологические (введение микробов-антагонистов).

Наиболее эффективными и длительно действующим способами защиты от биоповреждений являются химические, данные методы защиты связаны с применением биоцидных соединений. Биоциды, разделяются на два типа: бактерицидные составы, применяемые для защиты от кислотообразующих, гнилостных и других бактерий; фунгицидные составы, используемые для защиты материалов от повреждения грибами. Действие биоцидных добавок заключается в их способности ингибировать активность ферментов, нарушать клеточную структуру грибов. Фунгицид вступает во взаимодействие с компонентами клеточной оболочки гриба, подавляя тем самым биосинтез [1].

В литературе описано несколько примеров эффективного использования фунгицидных добавок. Для защиты от био-

повреждений цементных полов на пивоваренных заводах к цементу в качестве биоцида добавляли 10 % тонкоизмельченного медного порошка и оксихлорид магния [1]. Впоследствии образовывался оксихлорид меди, обладающий фунгицидными и бактерицидными свойствами. Для предупреждения биодеструкции бетона рекомендовано использовать ингибитор коррозии металлов «Инкор-3», «Инкор-3ЛФПР», «Инкор-ПУ» [1]. Железобетонные конструкции с этими добавками сохраняют биостойкость в течение пяти лет. В качестве защиты от действия микроскопических организмов для строительных бетонов можно использовать древесносмоляные масла (антисептик ЛК). Установлено, что при концентрации 0,1 % этот препарат надежно сохраняет от биоповреждений легкие и тяжелые бетоны. Введение в цементные растворы на основе портландцемента, кварцевого песка и отходов ферросилиция акрил-(акрилокси) силанов в количестве 0,5-2,5 % позволяет эффективно подавлять рост мицелиальных грибов даже в благоприятных условиях роста [1].

Если подходить с точки зрения фунгицидной активности, наиболее эффективной для цементных бетонов принято считать добавку пиросульфата натрия и препарата АБП-40 [1]. Оптимальное отношение пиросульфата натрия к массе цементного вяжущего составляет 3 % [1]. При таком содержании добавки отмечается отсутствие роста грибов, а также положительное влияние на физико-механические характеристики цементных композитов. Фунгицидные свойства пиросульфата натрия проявляются за счет сильной окислительной способности. Выраженной фунгицидной активностью обладает препарат АБП-40. В результате введения латекса АБП-40 в цементные композиты последние при малых концентрациях препарата приобретают фунгицидные свойства.

Следует отметить, что поиск эффективных мер противодействия биоповреждению цементных композитов является одним из самых целесообразных научных и практических направлений в области строительного материаловедения на данный период времени так как ситуация постоянно усугубляется из-за интенсивного роста хозяйственной деятельности человека, роста численности и видового состава микроорганизмов, способствуя тем самым увеличению экономического ущерба. Одной из главных задач при этом является определение составов композитов на цементных вяжущих, обладающих стойкостью к биодеструкции, а также определение составов комплексных добавок по

повышению стойкости в биологически активных средах. В последнее время созданы цементы и сухие смеси обладающие биоцидными свойствами [9,10,11].

Библиографический список

1. *Ерофеев В.Т. Каркасные строительные композиты: автореф. дис. д-ра техн. наук. – М., 1993. – 52 с.*
2. *Ерофеев В.Т. Защита зданий и сооружений от микробиологических повреждений биоцидными препаратами на основе гуанидина / В.Т. Ерофеев, П.Г. Комохов, В.Ф. Смирнов [и др.]. – СПб.: Наука, 2009. – 192 с.*
3. *Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф. [и др.]. Биологическое сопротивление материалов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 196 с.*
4. *Рубенчик Л.И. Микроорганизмы как фактор коррозии бетонов и металлов // Докл. АН УССР. – Киев, 1950. – 64 с.*
5. *Колкер И.И. Микробиологические исследования бетонов морских гидротехнических сооружений // Микробиология. – 1941. – Т.Х. Вып. 5. – С. 567–575.*
6. *Влияние биологического фактора на бетон / А. Имшиенцкой, А. Трофимов, Г. Русокова, С. Броцкая // Микробиология. – 1941. – Т.Х. Вып. 5. – С. 549–565.*
7. *Рожанская А.М. Биоциды в борьбе с коррозией бетона / А.М. Рожанская, И.А. Козлова, Е.И. Андреюк // Биоповреждения и защита материалов биоцидами. – М., 1988. – С. 82–91.*
8. *Микробиологическое разрушение материалов : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению 270100 «Строительство» / [В.Т. Ерофеев и др.]; под общ. ред. В.Т. Ерофеева и В.Ф. Смирнова. – М., 2008.*
9. *Карпушин С.Н. Разработка биоцидных цементов с активной минеральной добавкой и композитов на их основе: автореф. дис. канд. техн. наук. – 2017. – 26 с.*
10. *Родин А.И. Разработка биоцидных цементов и композитов на их основе: автореф. дис. канд. техн. наук. – 2013. – 23с.*
11. *Сураева Е.Н. Разработка сухих строительных смесей с биоцидными свойствами: автореф. дис. канд. техн. наук.–2015. – 25 с.*
12. *Карпенко Н.И., Карпенко С.Н., Ярмаковский В.Н., Ерофеев В.Т. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций // Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – №1. – С. 93-102.*

13. Ерофеев В.Т., Федорцов А.П., Богатов А.Д., Федорцов В.А. Биокоррозия цементных бетонов, особенности ее развития, оценки и прогнозирования // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – С. 708-716.

14. Ерофеев В.Т., Богатов А.Д., Богатова С.Н., Казначеев С.В., Смирнов В.Ф. Влияние эксплуатационной среды на биостойкость строительных композитов // *Инженерно-строительный журнал*. – 2012. – № 7 (33). – С. 23-31.

УДК 639.56; 624.15

ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ РАМНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ АРМАТУРЫ В ПОСТРОЕЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Сидорова А.И., Леонович С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Представлена технология устройства железобетонной фундаментной плиты рамной конструкции с предварительным напряжением арматуры в построечных условиях, которая может быть использована при строительстве гражданских и промышленных зданий при устройстве фундаментов на естественном основании. Данное технологическое решение позволяет снизить расход бетона на 15-20%, повысить трещиностойкость конструкции, снизить нагрузки на основание.

В настоящее время в строительстве получили широкое распространение фундаментные плиты из-за относительной простоты и технологичности их устройства. Основной проблемой во время применения такого типа фундаментов специалисты выделяют большой расход бетона, особенно в зонах у колонн. Для решения этой проблемы предлагается использовать технологию предварительного натяжения в построечных условиях и рамную конструкцию, что позволит уменьшить расход бетона на 15-20%, повысить трещиностойкость конструкции, снизить нагрузки на основание.

Для устройства фундаментной плиты рамной конструкции применяется система преднапряжения со сцеплением с бетоном, где арматурные пучки, расположенные в закрытых каналаобразователях, подвергаются механическому натяжению, затем анкеровке (рис. 1 и рис. 2). Сцепление с бетоном обеспечивается