

УДК 691.714

ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ КОРРОЗИИ СТАЛИ В БЕТОНЕ



PROBLEMS IN THE FIELD OF CORROSION OF STEEL IN CONCRETE

Яруш Даниил Владиславович

студент 3 курса факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
daniill132401@gmail.com

Yarush Daniil Vladislavovich

3rd year Student of the Faculty of
Hydroreclamation,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
daniill132401@gmail.com

Аннотация. В данной статье обобщаются социальные, экономические и технологические проблемы, связанные с коррозией стали в бетоне. Представлены самые современные и актуальные из проблем в этой области. Приведена диаграмма распределения затрат на борьбу с разрушительной силой коррозии железобетонных конструкций.

Annotation. This article summarizes the social, economic and technological problems associated with corrosion of steel in concrete. The most up-to-date and relevant problems in this area are presented. A diagram of the distribution of costs for combating the destructive force of corrosion of reinforced concrete structures is given.

Ключевые слова: коррозия, бетон, строительство сооружений, инфраструктура, окружающая среда, распределение затрат, железобетон, ВВП.

Keywords: corrosion, concrete, construction of structures, infrastructure, environment, cost allocation, reinforced concrete, GDP.

По сравнению с другими областями исследований, связанными со строительными технологиями и строительными материалами, такими как цифровое производство или экологически чистые системы получения цемента, исследования коррозии стали в бетоне имеют более чем полувековую историю. В связи с чем, имеется сравнительно хорошо документированный многолетний опыт исследований в области коррозии и связанных с ней процессов, в основном процессов проникновения коррозии через бетонное покрытие – по крайней мере, для традиционных строительных бетонов [1]. Относительная долговечность бетонных конструкций очень замедляет процессы сбора и анализа результатов. Для проявления реакций таких опытов обычно требуются временные рамки в годы или десятилетия. Таким образом, в этой области очень ценна долгосрочная документация. Однако весомым недостатком этой темы, которая рассматривалась в течение нескольких десятилетий, является то, что концепции глубоко укоренились в исследовательском сообществе и, как правило, воспринимаются как должное в повседневных исследовательских опытах.

Во второй половине прошлого века инженеры-строители, материаловеды и химики во многих странах предприняли значительные попытки понять коррозию стали в бетоне, но многие подходы остались на уровне разговоров. Из обзора современного состояния можно сделать вывод, что моделирование проникновения коррозии через бетон относительно хорошо продвинуто, по крайней мере, по сравнению с пониманием развития коррозии и ее распространением в материале, где многие вопросы все еще остаются открытыми.

Бетон представляет собой пористое твердое вещество, содержащее щелочную жидкую фазу [2]. В традиционном бетоне, изготовленном из портландцемента, pH буферизуется значительно выше 12,5. Это бесспорная причина, по которой внедренная углеродистая сталь, термодинамически нестабильная в присутствии воды, защищена от коррозии. Механизм защиты заключается в образовании пассивной пленки, которая снижает скорость окисления до технически незначительного уровня [3]. Коррозия может быть вызвана попаданием хлоридов – например, из-за воздействия морской воды или карбонизации бетона.

Основными технологическими проблемами являются:

1. Постоянно растущая потребность в экономичном обслуживании существующих, стареющих железобетонных конструкций.
2. Проектирование прочных, следовательно, устойчивых новых структур.

Социальные и экономические проблемы. Бетон является наиболее используемым в мире искусственным материалом. Широкий спектр гражданской инфраструктуры построен из железобетона: мосты, туннели, морские сооружения, канализационные системы, плотины [4]. Многие из построенных инженерных сооружений имеют решающее значение для бесперебойного и надежного функционирования экономики и жизни населения. Инфраструктура является ключевым фактором жизнедеятельности экономики – пренебрежение обслуживанием инфраструктуры или ее расширением недавно было внесено в число основных причин, ограничивающих экономический рост и глобальную конкурентоспособность.

Хотя существует множество примеров превосходной долговечности железобетона даже при суровых условиях эксплуатации, ряд механизмов износа может ограничить срок службы конструкций [5]. Безусловно, наиболее распространенной причиной деградации и, следовательно, низкой долговечности является коррозия арматурной стали. Это было очевидно из различных обзоров, анализирующих практические случаи преждевременного ухудшения изделий, где был сделан вывод о том, что в 70–90 % рассмотренных случаев коррозия была доминирующим фактором деградации. Преждевременная деградация касается не только безопасности человеческой жизни, но и необходимость ремонтных работ, которые негативно влияют на окружающую среду из-за повышенного потребления энергии и материалов [6].

Коррозия объектов инфраструктуры приводит к высоким издержкам. В 2002 году было проведено комплексное обследование экономических последствий коррозии металлов в США. Был сделан вывод, что общие прямые затраты, связанные с коррозией, составляют 3,1 % от ВВП. С учетом ВВП 2016 года эта цифра составляет $575 \cdot 10^9$ долларов в год (рис. 1).

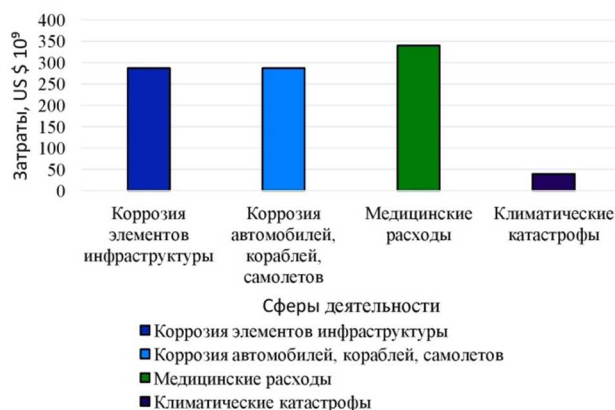


Рисунок 1 – Диаграмма распределения затрат США на различные сферы деятельности в 2002 г. с учетом уровня ВВП на 2016 г.

Стоит учесть, что приведенные цифры затрат учитывают только прямые затраты. Косвенные затраты в виде потери производительности, пробок и негативного воздействия на окружающую среду не входят в статистические данные. Исходя из диаграммы видно, что половина из всех затрат в сфере коррозионного разрушения приходится на инфраструктурный сектор: шоссе, мосты, газо- и нефтепроводы, трубопроводы с питьевой водой, канализационные системы. На диаграмме также показано сравнение с другими сферами деятельности, такими как медицина и климатические условия.

В промышленно развитых странах возрастные характеристики железобетонных инфраструктур обычно отражают пик строительной деятельности примерно в 1960–1980 годах [7]. Например, большинство мостов имеют возраст 40 и более лет и рассчитаны на срок службы 50 лет. Следовательно, в ближайшие десятилетия число мостов, которые должны эксплуатироваться сверхрасчетного срока службы, резко возрастет. Таким образом, возрастные характеристики инфраструктуры в промышленно развитых странах, как ожидается, приведут к дополнительному увеличению затрат на коррозию в ближайшие десятилетия.

Вывод. Учитывая ожидаемое увеличение необходимых ремонтных работ в ближайшие десятилетия, связанных с коррозией стальных элементов, существует необходимость разработки инновационных и экономически эффективных технологий, а также фундаментального понимания механизмов коррозионного износа. Подводя итог, как для существующих, так и для новых структур, очевидно, что задача состоит в том, чтобы сделать долгосрочные прогнозы производительности на местах, основанные на краткосрочном лабораторном тестировании. Очевидно, что необходим научный, основанный на знаниях подход к прогнозированию показателей долговечности коррозионного поведения.

Литература

1. Шиховцов А.А. Влияние внутренних и внешних факторов на замедленное хрупкое разрушение стали // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11. – Ч. 9. – С. 1841–1845.
2. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С.Н. Алексеев [и др.]. – М. : Стройиздат, 1990. – 320 с.
3. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Кинетика и микромеханика замедленного разрушения стали // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4. – С. 858–861.
4. Изотов В.С. Защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре как функция структуры цементного композита // Известия КГАСУ. Строительные материалы и технологии. – 2006. – № 1 (5). – С. 23–27.
5. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Влияние концентрации напряжений на пороговые нагрузки при замедленном разрушении стальных деталей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 4. – С. 134–135.
6. Волженский А.В. Влияние дисперсности портландцемента и В/Ц на долговечность камня и бетона // Бетон и железобетон. – 1990. – № 10. – С. 16–17.
7. Мишин В.М., Шиховцов А. А. Локальное замедленное разрушение порошковых сталей, содержащих мартенсит // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 11. – С. 665–666.

References

1. Shikhovtsov A.A. The influence of internal and external factors on the delayed brittle destruction of steel // Fundamental research. – 2013. – № 11. – Part 9. – С. 1841–1845.
2. Durability of reinforced concrete in aggressive environments / S.N. Alekseev [et al.]. – М. : Stroyizdat, 1990. – 320 p.
3. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Kinetics and micromechanics of delayed destruction of steel // Fundamental research. – 2013. – № 4. – P. 858–861.
4. Izotov V.S. Protective properties of concrete in relation to steel reinforcement as a function of the structure of a cement composite // News of KGASU. Construction materials and technologies. – 2006. – № 1 (5). – P. 23–27.
5. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Influence of stress concentration on threshold loads during delayed destruction of steel parts // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2013. – № 4. – P. 134–135.
6. Volzhensky A.V. The influence of the dispersion of Portland cement and In/C on the durability of stone and concrete // Concrete and reinforced concrete. – 1990. – № 10. – P. 16–17.
7. Mishin V.M., Shikhovtsov A. A. Local delayed destruction of powder steels containing martensite // International Journal of Experimental Education. – 2015. – № 11. – P. 665–666.