

Авторы настоящего доклада в течение ряда лет занимаются разработкой затронутой тематики, и полученные ими результаты подтверждают правильность выбранной концепции работы. Надеемся, что разработка подобной теории формообразования бункеров позволила бы получить не только серьезный экономический эффект, но и дала бы возможность создавать более безопасные сооружения.

УДК 693.554

## ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИОННЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА СЦЕПЛЕНИЕ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ

Г. Н. БЕЛОУСОВА, Ю. Д. ЗОЛОТУХИН

Белорусский государственный университет транспорта

Железобетон, несмотря на свою сравнительно короткую историю (немногим более 100 лет), получил исключительно широкое применение во всех отраслях строительства. Он представляет собой сочетание материалов – бетона и стальной арматуры. Для его приготовления используются сравнительно дешевые местные материалы (песок, щебень, гравий), составляющие до 70-80 % массы железобетона.

Бетон, хорошо сопротивляющийся сжатию, имеет сравнительно небольшую прочность на растяжение. Поэтому растянутую зону бетонных элементов конструкции усиливают (армируют) стальными стержнями, хорошо работающими на растяжение. Элементы, работающие на сжатие, также армируются, поскольку сжатым стальным стержням, находящимся в бетоне, потеря устойчивости практически не грозит, и они существенно повышают прочность сжатого бетона.

Свойства железобетона определяются не только свойствами бетона и арматуры, но и совместной их работой. Сцепление арматуры с бетоном является одним из фундаментальных свойств железобетона, которое обеспечивает его существование как строительного материала. Сцепление обеспечивается: склеиванием цементного геля с арматурой; трением, вызванным давлением от усадки бетона; зацеплением за бетон выступов и неровностей на поверхности арматуры. Выявление влияния каждого из этих факторов затруднительно и не имеет практического значения, так как они действуют совместно. Однако наибольшую роль в обеспечении сцепления играет зацепление за бетон выступов и неровностей на поверхности арматуры. Прочность сцепления возрастает с повышением класса бетона, уменьшением водоцементного отношения, а также с увеличением возраста бетона. Исследования показали, что распределение напряжений сцепления арматуры с бетоном по длине заделки стержня неравномерно; наибольшее напряжение сцепления  $\tau_{c \max}$  не зависит от длины анкеровки стержня  $l_{an}$ . Среднее напряжение сцепления определяется как частное от деления усилия в стержне  $N$  на площадь заделки

$$\tau_c = N / (\pi d l_{an}),$$

где  $d$  – диаметр арматурного стержня.

Для обычных бетонов и гладкой арматуры  $\tau_c = 2,5 \dots 4$  МПа, для арматуры периодического профиля  $\tau_c \approx 7$  МПа. С увеличением прочности бетона среднее напряжение сцепления возрастает.

Для решения задачи по защите арматуры от коррозии на кафедре "Строительные конструкции, основания и фундаменты" БелГУТа выполнено детальное обследование зданий и мониторинг коррозионных процессов арматуры при незаконсервированном строительстве, также проводились исследования по определению коррозионной стойкости арматурных стержней с различными видами защитных покрытий.

Для проведения эксперимента были отобраны образцы арматуры длиной 300 мм, разделены на три части и замаркированы. Первая часть образцов была очищена вручную (металлической щеткой), вторая – сухой пескоструйной обработкой, третья – преобразователем ржавчины. Затем были изготовлены призмы из мелкозернистого бетона (состав по весу 1:3; W/C=0,46; цемент марки М400) сечением 100x100x150 мм. В призмы были забетонированы арматурные стержни (арматура АШ диаметром 10 мм), часть которых была покрыта ржавчиной, а другая часть – различными защитными составами. Испытания проводились при помощи машины УИМ-50 и самоцентрирующегося приспособления, состоящего из четырех стоек, закрепленных между двумя пластинами, в которых сделаны отверстия. Скорость нагружения до предела текучести 10 МПа/с. Для оценки влия-

ния защитных покрытий арматуры на ее сцепление с бетоном был отобран образец с чистой арматурой заводского изготовления, напряжение сцепления в котором принято за эталон.

Результаты проведенных экспериментов показали, что при применении ржавой неочищенной арматуры сцепление с бетоном снижается на 46 %. Сцепление арматурных стержней, покрытых защитными полимерными составами, с бетоном снижается примерно на 30 %. Наименьшая величина отклонения сцепления арматуры с бетоном от эталонного образца (в среднем на 22 %) наблюдалась у арматурных стержней, очищенных от коррозии сухой пескоструйной обработкой.

При сопоставлении результатов экспериментов можно сделать следующие выводы:

- использование арматурных стержней, покрытых ржавчиной, без дополнительной обработки, недопустимо;
- пескоструйная обработка арматурных стержней, покрытых ржавчиной, даст наилучшие показатели сцепления с бетоном;
- при применении арматуры, покрытой защитными составами, обеспечивается надежная защита от дальнейшего развития процессов коррозии, но существенно снижается сцепление арматуры с бетоном.

УДК 691.328

## ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

*Г. Н. БЕЛОУСОВА, Ю. Д. ЗОЛОТУХИН*

*Белорусский государственный университет транспорта*

Строительные конструкции зданий и сооружений должны существовать в течение сроков, заданных в проектах и обоснованных технико-экономическими расчетами. Известно немало сооружений, существующих сотни лет без значительных повреждений и в то же время можно видеть здания и сооружения, построенные совсем недавно и разрушившиеся в течение нескольких лет, буквально на наших глазах. Например, в Индии, в районе г. Дели, стоит железная колонна, изготовленная в V веке нашей эры. То же можно сказать и о железобетонных сооружениях. В Неаполе, на побережье Средиземного моря, сохранился мол, построенный более 2000 лет тому назад римлянами. Оказалось, что никакого секрета в составе металла или бетона нет – все дело в условиях внешней среды.

Следовательно, стойкость конкретного материала прежде всего зависит от характеристики окружающей среды – от тех химических и физических воздействий, которые она оказывает на сооружение в целом и на отдельные его конструкции, точнее – на материал конструкций. Сумму этих воздействий и определяют как агрессивность среды.

Понятие агрессивности среды относительно – оно касается только определенного материала. Среда может быть агрессивной по отношению к стали и неагрессивной по отношению к бетону; агрессивной по отношению к бетону, но неагрессивной по отношению к стеклопластику и т.д. Да и в пределах одного и того же вида материала степень его устойчивости бывает различной: например, в бетоне – в зависимости от плотности, для сталей – в зависимости от микроструктуры и содержания в них присадок других металлов, для полимерных материалов – в зависимости от вида смолы, степени их заполимеризованности и т.п.

Материалы строительных конструкций разрушаются не только в результате химических процессов, но и зачастую вследствие физических воздействий, таких, как многократное замораживание и оттаивание, насыщение водой и высушивание, многократное нагружение. Доказано, что совместное действие механических нагрузок и химических процессов резко ускоряет процессы коррозии.

Защита стали бетоном основывается на пассивирующем действии щелочных сред. Однако с течением времени даже плотный бетон подвержен процессу естественной карбонизации в результате поглощения им углекислоты воздуха. Гидрат окиси кальция, взаимодействуя с углекислотой, образует карбонат кальция.