

УДК 620.193

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА***Н.В. Савицкий, д.т.н., проф., И.Н. Матюшенко, асс.,**Т.Д. Никифорова, к.т.н., доц., К.В. Шляхов, к.т.н., доц.**Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,
г. Днепропетровск*

Постановка проблемы. Для обеспечения требуемой долговечности бетона и железобетона в агрессивных средах нормы проектирования защиты конструкций от коррозии [1] регламентируют применение первичной и вторичной защиты. Первичная защита характеризуется повышением собственной стойкости бетона и железобетона или конструкций из них за счет выбора конструктивных решений, подборе компонентов смеси и технологии приготовления бетона. Вторичная защита предназначена для изоляции бетона или железобетона от агрессивной среды. В зависимости от степени агрессивности среды регламентируется применение одного из видов защиты или их сочетание. Современные нормы проектирования железобетонных конструкций исходят из позиции недопущения изменения свойств бетона и арматуры в агрессивных средах. Однако исключение возможности повреждения бетона часто достигается выполнением весьма дорогостоящих мероприятий. Для некоторых конструкций не представляется возможным выполнение вторичной защиты.

Отсутствие в практике проектирования и обследования конструкций из бетона и железобетона соответствующих прогнозных расчетов нередко приводит к появлению недостаточно обоснованных решений. В результате этого последующие мероприятия, предпринимаемые для устранения обнаруженных дефектов, оказываются, как правило, дорогостоящими и малоэффективными [2].

Актуальность. При массовом применении бетона и железобетона в конструкциях в условиях воздействия агрессивных сред возникает проблема определения и обеспечения их долговечности. Предложенные ранее методы прогноза сроков службы бетона недостаточно эффективны, так как они либо не учитывают все параметры, либо определение этих параметров связано с большой трудоемкостью. Поэтому создание эффективной модели прогнозирования долговечности бетона и железобетона является актуальной проблемой.

Целью настоящей работы является разработка методики и принципов определения (расчета) долговечности бетона и железобетона, работающих в условиях воздействия жидких агрессивных сред.

Изложение основного материала.

Долговечность – способность материала сохранять требуемые качества до предельного состояния, заданного условиями эксплуатации или испытаний; оценивается временем или числом циклов от начала эксплуатации или испытания до момента достижения предельного состояния.

Многие проведенные исследования [2 – 5] показывают, что в определенных условиях возможно повышение эффективности применения антикоррозионной защиты конструкций при использовании в расчетах характеристик бетона, изменяющихся вследствие протекания некоторых коррозионных процессов в условиях воздействия агрессивных сред.

При проектировании бетонных и железобетонных конструкций, предназначенных для эксплуатации в жидких агрессивных средах, долговечность должна обеспечиваться, главным образом, средствами первичной защиты. В жидких агрессивных средах стойкость бетона определяется такими технологическими параметрами как минералогический состав цементного клинкера, вещественный состав цемента и проницаемость бетона. Химико-минералогический состав цементного клинкера и вещественный состав цемента характеризуют степень химической активности цементного камня, а проницаемость – степень доступности внутренней поверхности бетона.

Для определения долговечности бетона разработан алгоритм, позволяющий рассчитывать пространственно-временное распределение концентраций агрессивных веществ, активных компонентов цементного камня и продуктов новообразования. Блок-схема разработанного алгоритма представлена на рис. 1. С использованием программного пакета Mathcad 11 разработан программный модуль «Durability» позволяющий производить прогноз долговечности бетона и железобетона. В качестве примера выполнен прогноз долговечности бетона монолитного железобетонного ростверка (2х2х0,6м) под колонну прямоугольного сечения многоэтажного здания с варьированием основных технологических параметров при различных агрессивных средах.

Содержание в грунтовых водах в районе г.Ялты (по данным отчета об инженерно-геологических изысканиях для строительства многоэтажного многоквартирного жилого дома в г.Ялта, выполненным предприятием «ПОСТ-АРХ» в 2006 году) сульфата натрия - 6650 мг/л (SO₄²⁻ - 4500мг/л), хлорида натрия – 300 мг/л (Cl⁻ - 185мг/л), бикарбоната натрия – 800 мг/л (НСО₃⁻ - 9,6 мг-экв/л).

Для изготовления конструкций ростверка предполагается использование: 1) портландцемента по ДСТУ Б В.2.7-112-2002 с содержанием в клинкере C₃A=13,81%, C₃S=51%; 2) портландцемента по ДСТУ Б В.2.7-112-2002 с содержанием в клинкере C₃A=6,4%, C₃S=56%; 3) сульфатостойкого портландцемента по ДСТУ Б В.2.7-85-99.

Рассмотрено пять вариантов антикоррозионной защиты железобетонного ростверка (табл. 1).

Для всех предложенных вариантов долговечность конструкций ростверка обеспечивается только средствами первичной защиты ввиду того, что восстановление (ремонт) защитного покрытия при эксплуатации здания практически невозможно.

Срок службы конструкции железобетонного ростверка принят 100 лет.

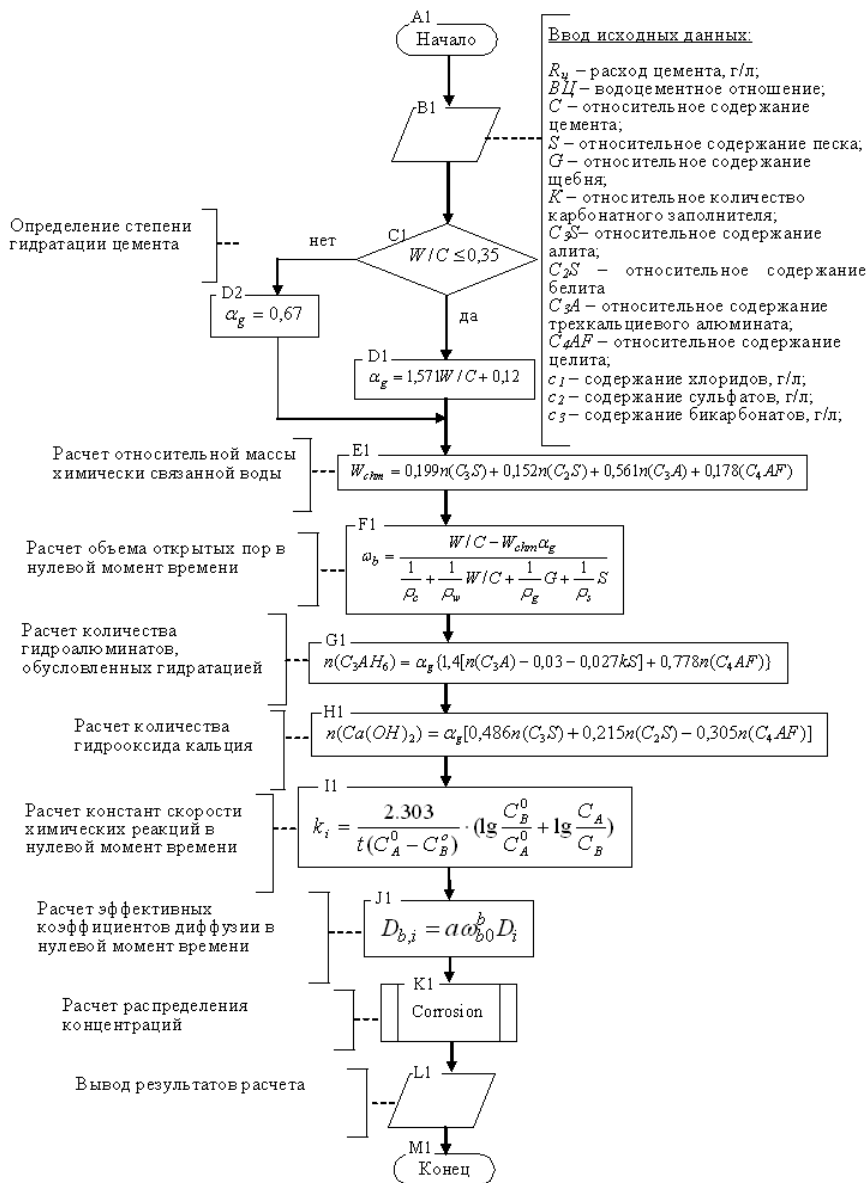


Рис. 1. Блок-схема алгоритма программного модуля "Durability" для расчета распределения концентраций агрессивных веществ, активных компонентов цементного камня и продуктов новообразований.

Таблица 1

Характеристики антикоррозионной защиты фундамента

№	Первичная защита						Степень агрессивности по СНиП 203.11-85	Без вторичной защиты
	Цемент		Проницаемость		Толщина защитного слоя, см			
	Вид	C ₃ A	C ₃ S	Марка по водонепроницаемости		W/C		
1	1	13,81	51,0	4	0,6	4	Сильная	+
2	1	13,81	51,0	6	0,55	4	Сильная	+
3	1	13,81	51,0	8	0,45	3	Сильная	+
4	2	6,4	56,0	6	0,55	3	Средняя	+
5	3	5,0	50,0	4	0,6	3	Слабая	+

Таблица 2

Расход материалов на устройство ростверка по вариантам

Наименование	Единицы измерения	Варианты				
		1	2	3	4	5
Объем бетона на одну конструкции	м ³	2,45	2,45	2,4	2,4	2,4
Расход материалов						
Цемент	т	0,74	0,81	0,84	0,79	0,72
Щебень	м ³	1,95	1,93	1,87	1,9	1,92
Песок	м ³	1,15	1,12	1,07	1,09	1,12

Для проверки эффективности принятой антикоррозионной защиты анализировали изменение относительной прочности бетона и количество накопленных агрессивных компонентов на поверхности арматуры.

Разупрочнение бетона защитного слоя для рассмотренных вариантов снижается от воздействия внешней среды в различные сроки. Если этот срок будет больше или равен сроку службы конструкции, то можно считать принятые средства первичной защиты достаточными для обеспечения долговечности конструкции.

Анализ результатов моделирования показывает, что при применении цемента с содержанием C₃A=13,81%, C₃S=51% и марки бетона по водонепроницаемости W4 с толщиной защитного слоя 4см (вариант №1) заданная долговечность конструкции (100 лет) не обеспечивается. Т.е. долговечность следует обеспечивать применением вторичной защиты. При применении вариантов первичной защиты №№ 2-5 заданная долговечность железобетонного ростверка обеспечивается, следовательно, от применения вторичной защиты можно отказаться.

Результаты моделирования показали, что снижение прочности бетона наступает через: 93 года для 1 варианта, 110 лет для 2 варианта, 100 лет для 3 варианта, 103 года для 4 варианта, 120 лет для 5 варианта. Кроме того, замечено, что критическим содержанием хлоридов на поверхности арматуры становится после снижения прочности бетона в данном слое.

Технико-экономические затраты вариантов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Ведомость технико-экономических показателей вариантов
антикоррозионной защиты

Наименование показателей	Ед. изм.	Затраты на одну конструкцию ростверка				
		1	2	3	4	5
Срок службы	лет	93	110	100	103	120
Стоимость конструкции «в деле»	грн.	-	737,5	747,2	721,2	826,4
Стоимость 1м ³ «в деле»	грн.	-	301	311,3	300,5	344,3
Расход цемента	т	-	0,81	0,84	0,79	0,72
Разность затрат на 1 конструкцию	грн.	-	16,3	26,0	0,0	105,2
Экономия затрат на 1м ³ бетона ростверка	грн.	-	0,5	10,8	0,0	43,8

С учетом того, что при применении варианта №1 заданная долговечность не обеспечивается, наиболее экономичным вариантом является четвертый.

Выводы. Задачи дальнейших исследований. Разработанная методика позволяет учитывать основные особенности коррозионных процессов (многокомпонентность агрессивной среды, изменяемость концентрации во времени, изменяемость характеристик бетона в результате коррозионных процессов и др.), и использовать минимально необходимый набор параметров, определяемый экспериментально. На основе предложенной методики возможно решение задач оценки и прогноза долговечности защитного слоя, регламентации технологических параметров бетона и величины защитного слоя, которые обеспечивают заданный срок службы материала. Выполненное вариантное проектирование антикоррозионной защиты железобетонного ростверка с учетом кинетики развития процессов коррозии бетона показало, что при обеспечении требуемой долговечности, можно получить более экономичные решения антикоррозионной защиты.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 3.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1986. – 48 с.
2. Савицкий Н.В. Основы расчета надежности железобетонных конструкций в агрессивных средах. Дисс. д.т.н. – Дн-ск, 1994. – 410 с.
3. Полак А.Ф. Расчет долговечности железобетонных конструкций. – Уфа: УНИ, 1983. – 116 с.
4. Тьтюк А.А. Долговечность железобетонных изгибаемых элементов в жидких сульфатных средах. Дисс. к.т.н. – М., 1990. – 226 с.
5. Алексеев С.Н., Иванов Ф.М. Долговечность железобетона в агрессивных средах. – М.: Стройиздат, 1990.

УДК 624.012.3:012.4.001.13

ВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРНО-МОНОЛИТНОГО КАРКАСА МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ СОЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Н.В. Савицкий, д.т.н., проф., Т.Д. Никифорова, к.т.н., доц.,
К.В. Шляхов, к.т.н., доц., А.Е. Бардах, соискатель, А.А. Несин, магистр.
Приднепровская государственная академия строительства и
архитектуры, г. Днепропетровск*

Актуальность. Строительство социального жилья в Украине является проблемой номер один из давно назревших проблем, требующих быстрого и эффективного разрешения. Удовлетворить потребность населения на ближайшую перспективу в жилье, используя традиционное строительство и без финансовой поддержки государства, является практически невозможным.

С каждым годом в нашей стране расширяются масштабы и ускоряются темпы жилищного строительства, повышается качество проектирования и застройки жилых районов. В то же время продолжает оставаться актуальной задача совершенствования проектных решений, повышения их экономичности, архитектурной выразительности.

Наряду с этим изменились и требования, предъявляемые к качеству современного жилья. При обеспечении снижения материалоемкости, трудоемкости возведения жилых зданий, а также затрат, связанных с их последующей эксплуатацией современный тип жилых зданий должен удовлетворять требованиям универсальности при различной структуре заселения (возможность свободной планировки помещений), комфортности и безопасности проживания.

Постановка проблемы. Для обеспечения доступности жилья рядовому потребителю, в первую очередь, необходимо снижение его себестоимости. При существующем росте цен на строительные материалы и энергоносители этого можно достичь за счет применения рациональных конструктивных систем и эффективных строительных материалов. На современном этапе развития нашего общества, в жестких условиях рыночной конкуренции, основными показателями эффективности строительства являются экономичность, которая определяется не только единовременными затратами, но и эксплуатационными расходами, сокращение сроков строительства, а также сокращение площади земли, которая отводится под строительство. Оптимальное соотношение единовременных затрат и эксплуатационных расходов предопределяет эффективность капитальных вложений и получение наибольшей прибыли.

Целью настоящей работы является оценка эффективности вариантов конструктивных решений сборно-монолитных каркасных зданий для строительства социального жилья.

Изложение основного материала.

Для исследования эффективности применения в каркасных схемах сборно-монолитных перекрытий и выбора наиболее экономичного варианта рассматривалось три варианта сборно-монолитных каркасных зданий: