

3. ГОСТ 27751–2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения: - Введен с 01.07.2015

4. ГОСТ 27.002–2015 Надежность в технике. Термины и определения:.- Введен с 01.03.2017.

5. ГОСТ 13015–2012 Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения: - Введен с 01.01.2014.

УДК 624.012.3.041.6.042.5

## **РАСЧЕТ-ПРОГНОЗ СРОКА СЛУЖБЫ КОНСТРУКЦИОННОГО БЕТОНА: ЦИКЛИЧЕСКОЕ ЗАМОРАЖИВАНИЕ-ОТТАИВАНИЕ В ЗОНЕ ПЕРЕМЕННОГО УРОВНЯ МОРЯ**

*<sup>1</sup>ЛЕОНОВИЧ С. Н., <sup>2</sup>МАЛЮК В. В.*

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

<sup>2</sup>ООО «Трансстрой-Тест»,

Южно-Сахалинск, Россия

Рассмотрены нормативные основы в области обеспечения долговечности. Проанализирован опыт строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений в тяжелых гидрометеорологических условиях морского побережья о. Сахалин. Приведены результаты проектирования долговечности бетона на предписывающей основе нормативных документов. Предложен временной период, который можно на стадии проектирования принять за расчетный срок службы сооружений. Выявлены основные причины деградационных отказов бетона, наблюдаемые в ранние сроки эксплуатации.

В последние годы к вопросам долговечности бетона привлечено внимание многих специалистов, расчёты конструкций на долговечность становятся нормой во многих странах мира [3, 6, 13]. Применяемый в течение многих лет в отечественной и зарубежной практике термин «долговечность конструкций» являлся субъективным и часто трудно определяемым количественно.

До настоящего времени общепринятого и нормированного метода расчета бетонных и железобетонных конструкций на долговечность не существует. Однако с принятием таких нормативно-правовых актов, как закона «О техническом регулировании» [16] и технического регламента о безопасности зданий и сооружений [17], создана правовая основа в области обеспечения безопасности зданий и сооружений, определены требования к обеспечению долговечности строительных объектов. На основании этих законов стандартизированы термины и основные понятия, даны определения этим понятиям, которые наполняют конкретным смыслом термин «долговечность» [2]. В связи с этим необходимо выделить ряд положений, которые касаются долговечности. Во-первых, введено понятие жизненный цикл здания или сооружения - период, в течение которого осуществляются проектирование, строительство и эксплуатация. Принципиальное отличие и важность данного подхода к решению проблемы обеспечения безопасности, эксплуатационной пригодности и долговечности заключается в следующем. Если ранее в сфере строительства основными действующими лицами были проектировщики и строители, то с принятием технического регламента о безопасности зданий и сооружений появился новое лицо - эксплуатант. Это обусловлено тем, что сегодня внимание общества обращено не только на стоимость возведения, но и на возрастающую с каждым днем стоимость их эксплуатации. Однако в настоящее время нормативные документы, на основании которых должны реализовываться требования технического регламента находятся на стадии разработки. Например, нормативный документ по правилам эксплуатации [11] принят только в феврале 2017 года. Выделение в градостроительной деятельности эксплуатанта, который наделяется законными правами, безусловно, потребует корректировать подход к обеспечению долговечности на стадии проектирования и строительства. Известно, что основные проблемы, связанные с некачественным проектированием и строительством, приходится решать на стадии эксплуатации. Поэтому технический регламент [17] обязывает в целях предупреждения действий, вводящих в заблуждение эксплуатанта, в проектной документации здания или сооружения указывать информацию о сроках эксплуатации здания или сооружения и их частей. Данная информация необходима эксплуатанту для эффективной организации работ по надлежащему содержанию

объекта. Основной эксплуатационной деятельностью является минимизация затрат в заданные сроки эксплуатации. Цель эксплуатации – минимальная стоимость срока службы, поэтому на стадии проектирования должны задаваться не только стандартные временные параметры [2]: расчетный срок службы и срок службы сооружения, но и качественные характеристики, посредством которых при строительстве будет обеспечена работоспособность строительного объекта в заданные временные периоды на стадии эксплуатации [17].

В действующем нормативном документе [2] даны понятия терминам долговечность и временным параметрам в период эксплуатации сооружения:

долговечность: способность строительного объекта сохранять прочностные, физические и другие свойства, устанавливаемые при проектировании и обеспечивающие его нормальную эксплуатацию в течение расчетного срока службы.

расчетного срока службы: установленный в строительных нормах или в задании на проектирование период использования строительного объекта по назначению до капитального ремонта и (или) реконструкции с предусмотренным техническим обслуживанием; расчетный срок службы отсчитывается от начала эксплуатации объекта или возобновления его эксплуатации после капитального ремонта или реконструкции.

срок службы: продолжительность нормальной эксплуатации строительного объекта с предусмотренным техническим обслуживанием и ремонтными работами (включая капитальный ремонт) до состояния, при котором его эксплуатация недопустима или нецелесообразна.

Как видно, перед проектировщиком стоит достаточно сложная задача, которая может решаться только на основе надежных методах расчета или прогноза временных периодов эксплуатации:

$$T_L = \sum T_s^1 + T_s^{2s} + \dots + T_s^n , \quad (1)$$

где  $T_L$  – срок службы сооружения, годы;

$T_s$  – расчетный срок службы, годы.

Следовательно, мерой долговечности является расчетный срок службы  $T_s$ . В период срока службы сооружения  $T_L$  временных периодов  $T_s$  может быть несколько. Для морских гидротехнических сооружений целесообразно величину периода  $T_L$  рассчитывать из условия минимизации их количества в период срока службы  $T_L$ , поскольку особенность морских гидротехнических сооружений - малая ремонтпригодность и высокая стоимость капитального ремонта.

В настоящее время проектная концепция по долговечности имеет предписывающий характер. Для реализации вышеуказанных требований технического регламента [17] отсутствует нормативная база, позволяющая обосновано назначить требования к параметрам строительного объекта, которые позволяют гарантированно обеспечить безопасную и эффективную эксплуатацию в расчетный срок службы.

В соответствии с принятой классификацией гидротехнических сооружений [9], нормирование сроков службы морских гидротехнических сооружений не предусмотрено. Правом назначения срока службы наделяется заказчик, который может руководствоваться рекомендациями нормативного документа [2]: для сооружений, эксплуатируемых в условиях морской среды, рекомендуемый срок службы не менее 25 лет.

Известно, долговечность зависит, прежде всего, от качества принятых проектных решений, которые должны реализовываться в процессе строительства. Поэтому подход к назначению долговечности (расчетного срока службы) основанный на интуиции и опыте, который применяется в настоящее время, безусловно, не будет удовлетворять эксплуатанта.

В течение последних 60 лет проблема обеспечения долговечности бетона конструкций морских гидротехнических сооружений решалось путем повышения морозостойкости. Движение в направлении усовершенствования свойств бетона и технологии изготовления бетонной смеси позволили разработать принципиальные основы технологии бетонов высокой морозостойкости [4]. Опыт строительства показал, что это направление продуктивно и представляет определенный интерес. Основным достижением проведенных исследований явилось то, что было установлена важная роль в обеспечении высокой морозостойкости воздухововлекающих добавок. Во второй половине прошлого столетия эти технологии были использованы на строительстве морских сооружений в суровых

климатических условиях СССР. Впервые они были использованы при строительстве в 1960 г Кольской ПЭС. В дальнейшем систематические исследования по морозостойкости бетона и долговечности морских гидротехнических сооружений в течение 1970-1990 гг. проводились на Дальнем Востоке [8, 9]. Известный ученый в области изучения долговечности бетона транспортных сооружений Ф.М. Иванов в своей работе [1] отметил, что исследования, принятые в СССР на испытательных стендах Кольской ПЭС и Сахалинской научно-исследовательской лаборатории ЦНИИС Минтрансстроя, позволили сделать заключение, что проблема создания стойких бетонов для морских сооружений решена. Выработанные в течение многих лет приемы получения бетонов высокой морозостойкости нашли отражение в нормативных документах [7, 12, 14, 15]. Сегодня нет проблем в деле изготовления долговечного бетона даже для весьма агрессивных и коррозионных сред. Подтверждением этого является опыт строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений на побережье о. Сахалин в течение последних 40 лет, проектирование которых осуществлялось на предписывающей основе нормативных документов [7, 14, 15]. В отношении данных сооружений имеется полная информация о бетоне, материалах для бетона, технологии изготовления конструкций для этих сооружений [8]. В течение эксплуатации сооружений проводятся периодические обследования с целью оценки состояния бетона [9]. Результаты выполненных исследований позволили выделить существенные факторы, влияющие на стойкость бетона в зоне переменного уровня, что позволяет представить долговечность в виде функции:

$$D = f(C_m; C_x; C_d; C_l; C_p; C_i), \quad (2)$$

где  $D$  – долговечность или расчетный срок службы конструкции (изделия), годы;

$C_m$  – показатель, характеризующий качество материалов бетона;

$C_x$  – показатель, характеризующий состав бетона;

$C_d$  – показатель, характеризующий эффективность структурообразующей добавки;

$C_t$  – показатель, характеризующий качество приготовления бетона;

$C_p$  – показатель, характеризующий качество изготовления конструкции (изделия);

$C_L$  – показатель, характеризующий «зрелости» структуры бетона к началу эксплуатации.

Как видно из выражения (2) долговечность — это комплексное свойство, зависящее от многих факторов. Следует отметить, что показатели выражения (2), в свою очередь, является комплексным

$$C_{(m,x,d,p,l)} = f \cdot (x_1, \dots, x_n), \quad (3)$$

где  $x_1 \dots x_n$  – качественные характеристики материалов бетона или параметры технологического процесса.

При обеспечении нормативных свойств материалов и параметров технологических процессов ( $x$ ) показатели ( $C$ ) в выражении (2) должны иметь базовое значение равное 1. Опыт эксплуатации сооружений показывает, что для решения практических вопросов обеспечения долговечности в пределах минимум 40 лет достаточно выполнение предписывающих требований нормативных документов. Следовательно, при  $C_{(m, x, p, l)} = 1$  долговечность (расчетный срок службы) будет составлять не менее 40 лет, т. е.  $D > 40$ .

В связи с отсутствием данных, которые позволяют оценить значимость для долговечности каждого из показателей ( $C$ ), приведенных в выражения (2), нельзя прогнозировать долговечность при условии, когда  $C < 1$ . Наблюдаемые случаи деградационного отказа в начальной стадии эксплуатации, как правило, связаны с не соблюдением предписывающих требований на этапе изготовления и выдерживания конструкций, т. е. когда показатели  $C_p$  и  $C_L$  меньше 1. Поэтому, для решения практических вопросов прогнозирования долговечности, необходимо установить влияние на морозостойкость показателей  $C_p$  и  $C_L$ . Из-за отсутствия методов оценки морозостойкости бетона в конструкциях при показателях  $C_p$  и  $C_L$  меньше 1, возникает неопределенность в прогнозе долговечности реальных конструкций.

**Заключение.** Опыт строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений в тяжелых гидрометеорологических условиях морского побережья о. Сахалин показал, что проектирование долговечности бетона на предписывающей основе нормативных документов позволяет обеспечить долговечность бетону не менее 40 лет. Это период при проектировании сооружения можно принять за расчетный срок службы конструкций в зоне переменного уровня. Отсутствие методов оценки морозостойкости бетона в конструкциях и отсутствие данных о фактической морозостойкости бетона в конструкциях не позволяет надежно прогнозировать долговечность на стадии эксплуатации сооружения. В связи с этим разработка методов оценки морозостойкости бетона в конструкциях является одним из наиболее важных направлений исследований для разработки методов расчета срока службы конструкций.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев С.Н. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С.Н. Алексеев, Ф.М. Иванов, С.Модры, П. Шисль. – М.: Стройиздат, 1990.- 320 с.
2. ГОСТ 277751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения
3. Леонович С.Н. Прочность конструкционных бетонов при циклическом замораживании-оттаивании с позиции механики разрушения- Брест: изд-во БрГТУ, 2006.- 380 с.
4. Иванов Ф.М. Бетон и железобетон в суровых климатических условиях. В сб. научных трудов ЦНИИСа, вып. 78, «Применение железобетонных конструкций транспортных сооружений в суровых климатических условиях». Изд. М., ЦНИИС, 1974, с. 192 (с. 5-13).
5. Москвин В.М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты /Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузев Е.А.- М. Стройиздат, 1980.