

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВИЛЬНЮССКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА им. ГЕДЕМИНАСА  
БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (УКРАИНА)  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ г. ЛЕЙРИИ (ПОРТУГАЛИЯ)  
АРИЭЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ИЗРАИЛЬ)  
ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)  
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОССИЯ)

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

Электронный сборник статей  
международной научной конференции,  
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 5-6 апреля 2018 г.)

Под редакцией  
канд. техн. наук, доцента А. А. Бакатовича;  
канд. техн. наук, доцента Л. М. Парфеновой

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2018

*Редакционная коллегия:*

А. А. Бакатович (председатель), Л. М. Парфенова (зам. председателя),  
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,  
Т. И. Королева, В. Е. Овсейчик

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ** [Электронный ресурс] : электронный сборник статей международной научной конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 5–6 апр. 2018 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. А. А. Бакатовича, Л. М. Парфеновой. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Рассмотрены организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

Компьютерный дизайн К. В. Чулковой, В. А. Крупенина.

Технический редактор О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Т. А. Дарьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь  
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

**РАСЧЕТНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ МОРСКИХ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

<sup>1</sup>В.В. Малюк, <sup>2</sup>С.Н. Леонович, <sup>2</sup>Н.А. Будревич

<sup>1</sup>ООО «Трансстрой-Тест», г. Южно-Сахалинск, Россия

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск

email: mw.77@mail.ru, snleonovich@yandex.ru, nellibudrevich@yandex.by

*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.*

*Ключевые слова: бетон, долговечность, расчетный срок службы, деградация, морские гидротехнические сооружения.*

**DESIGN TIME OF THE SERVICE OF MARITIME SHORE-PROTECTIVE STRUCTURES**

<sup>1</sup>B. Malyuk, <sup>2</sup>S. Leonovich, <sup>2</sup>N. Budrevich

<sup>1</sup>Transstroy-Test, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

<sup>2</sup>Belarusian National Technical University, Minsk

email: mw.77@mail.ru, snleonovich@yandex.ru, nellibudrevich@yandex.by

*The regulatory framework for durability is reviewed. The experience of construction and operation of hydraulic structures in heavy hydrometeorological conditions of the sea coast of Sakhalin. The results of designing the durability of concrete on the prescriptive basis of normative documents are given. A time period is proposed, which can be taken at the design stage for the estimated term of the facilities service. The main causes of degradation failure of concrete, observed in the early period of operation, are revealed.*

*Keywords: concrete, durability, estimated service life, degradation, marine hydraulic structures.*

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 осу-

ществляются 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. Основой эксплуатационной деятельности 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 методов 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  $T_s$  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 решалась 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, предпринятые 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:

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

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  $C_{(m,x,d,p,l)} = 1$  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  $C \leq 1$ . 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.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С.Н. Алексеев [и др.]. – М. : Стройиздат, 1990. – 320 с.

2. Гладков, В.С. Рост прочности морозостойких бетонов после пропаривания / В.С. Гладков, Б.И. Поляков, Т.К. Егорычева / Вопросы долговечности бетона транспортных сооружений : сб. науч. тр. ЦНИИСа. – М., 1979. – с. 41–48.
3. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения : ГОСТ 27751-2014. – Введен с 01.07.2015.
4. Надежность в технике. Термины и определения : ГОСТ 27.002-2015. – Введен с 01.03.2017.
5. Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения : ГОСТ 13015-2012. – Введен с 01.01.2014.
6. Иванов, Ф.М. Исследование морозостойкости бетона / Ф.М. Иванов // Защита от коррозии строительных конструкций и повышение долговечности. – М., 1969.
7. Леонович, С.Н. Прочность конструктивных бетонов при циклическом замораживании-оттаивании с позиции механики разрушения / С.Н. Леонович. – Брест : БрГТУ, 2006. – 380 с.
8. Прочность, трещиностойкость и долговечность конструкционного бетона при температурных и коррозионных воздействиях : моногр. : в 2 ч. / С.Н. Леонович [и др.]. – Минск : БНТУ, 2016. – Ч. 2. – 393 с.
9. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин [и др.]. – М. : Стройиздат, 1980.
10. Невиль, А.М. Свойства бетона / А.М. Невиль ; пер. с англ. под ред. Ф.М. Иванова. – М. : Стройиздат. 1972. – 344 с.
11. Пухонто, Л.М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений / Л.М. Пухонто. – М. : АСВ, 2004. – 424 с.
12. Свиридов, В.Н. Оценка долговечности бетона в конструкциях морских сооружений по опыту строительства на Дальнем Востоке / В.Н. Свиридов, В.Д. Малюк // Бетон и железобетон- взгляд в будущее : науч. тр. III Всерос. (II Междунар.) конф. по бетону и железобетону, Москва, 12-16 мая 2014 г. : в 7 т. / МИСИ-МГСУ. – М., 2014. – Т.3. – с. 388–398.
13. Свиридов, В.Н. Применение технологии высокоморозостойких бетонов в практике морского гидротехнического строительства на Дальнем Востоке / В.Н. Свиридов, В.Д. Малюк // Стихия. Строительство. Безопасность : сб. тр. – Владивосток : Дальнаука, 2008.
14. Степанова, В.Ф. Современные проблемы обеспечения долговечности железобетонных конструкций / В.Ф. Степанова, В.Р. Фаликман // Бетон и железобетон – взгляд в будущее : науч. тр. III Всерос. (II Междунар.) конф. по бетону и железобетону, Москва, 12-16 мая 2014 г. : в 7 т. / МИСИ-МГСУ. – М., 2014. – Т. 3 : Арматура и система армирования. Фибробетоны и армоцементы. Проблемы долговечности. – С. 430–444.
15. Гидротехнические морские и речные транспортные сооружения : СНиП 3.07.02-87. – Введен с 01.07.1987.
16. Защита строительных конструкций от коррозии : СП 28.13330.2012 – Введен с 08.05.2017.
17. Шейкин, А.Е. Цементные бетоны высокой морозостойкости / А.Е. Шейкин, Л.М. Добшиц. – Л., 1989.
18. Шестоперов С.В. Долговечность бетона транспортных сооружений / С.В. Шестоперов. – М. : Транспорт, 1976.