

срок твердения, причем желательнее при минимальных затратах. Сложность расчетов заключается в разумном согласовании «теплотехнического» и «бетонovedческого» аспектов процесса.

В принципе, технологические приемы для решения указанной задачи есть, например, можно привести методы Скрамтаева Б.Г., Миронова С.А., Лукьянова В.С., Ваганова А.И. и др. Но следует учитывать то, что в них при наличии достаточно отработанной «теплотехнической части» практически отсутствуют достоверные формулы для прогнозирования кинетики тепловыделения цемента и прочностными характеристиками, таблицами, формулами, включающими некие усредненные характеристики, что, естественно, существенно снижает достоверность расчетов.

Проведенные в БНТУ исследования позволили получить систему аналитических зависимостей для расчета степени гидратации цемента в зависимости от всего многообразия влияющих факторов: минералогического состава, тонкости помола, активности и расхода цемента, водоцементного отношения цементного теста, вида и количества вводимых химических добавок, температурно-влажностных условий твердения, продолжительности процесса. Следовательно, степень гидратации цемента можно прогнозировать в зависимости от свойств компонентов бетона, а также условий и времени его твердения, что открывает возможность расчета кинетики изменения параметров бетона. Полагая, что минералогический состав цемента определяет его удельное тепловыделение, зная степень гидратации цемента, можно рассчитать тепловыделение цемента, а с учетом потерь теплоты – текущую температуру забетонированной конструкции. Прочность бетона также определяется степенью гидратации цемента (конечно, при учете и иных влияющих факторов).

Рассмотрим предлагаемую схему расчетов. Весь предполагаемый процесс твердения бетона конструкции разбивается на достаточно малые промежутки времени, в течение которых можно уловить изменение факторов. Конечные характеристики факторов на предыдущем этапе являются начальными для последующего и т. д. Известный градиент внешней температуры (определяется прогнозом погоды) дает возможность рассчитать и прирост степени гидратации цемента за анализируемый этап. Изменение же степени гидратации цемента, в свою очередь, позволяет рассчитать тепловыделение цемента, а следовательно, и влияние выделенной в процессе экзотермических реакций теплоты на температуру массива. Кроме того, степень гидратации служит основанием для расчета прочности бетона, а в случае необходимости и всего комплекса характеристик бетона. Для решения задачи необходимо для каждого текущего интервала времени составлять тепловой баланс, конечным решением которого и является температура бетонного массива в конце интервала.

Полученная система аналитических зависимостей легла в основу программного продукта, позволяющего инженеру-строителю, варьируя влияющие факторы, оперативно находить оптимальное решение. Сопоставление рассчитываемых величин температуры конструкции и прочности бетона с реальными, приведенными Мироновым С. А., показали их достаточную для практических целей сходимость.

УДК 624.9

## ЕВРОПЕЙСКИЕ ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ, ПРОГНОЗИРОВАНИЮ И ОПТИМИЗАЦИИ СРОКА СЛУЖБЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В. Г. КАЗАЧЕК

ГП «Институт НИПТИС им. С. С. Атаева», г. Минск, Республика Беларусь

До настоящего времени практически не наблюдается снижения количества строительных аварий в Республике Беларусь и других странах СНГ. Отсюда следует, что необходимо тщательнее и регулярнее проводить диагностику конструкций, отслеживать динамику изменения их технического состояния, что позволит более обоснованно осуществлять его прогноз, обеспечивать соблюдение проектных сроков службы зданий и их продление. На это нацелена недавно введенная в действие на территории Евросоюза система стандартов ISO 15686 (части 1–10). «Здания и недвижимое имущество. Планирование срока службы», разработанная в рамках технического комитета ISO/TC 59 «Строительные конструкции» специализированным подкомитетом SC-14 «Проектный срок службы». В Республике Беларусь по заданию Евразийского Совета по стандартизации, метрологии и

сертификации (EACC) на основе ISO 15686 в настоящий момент разрабатывается ГОСТ "Здания и сооружения. Планирование срока службы". Основная цель данных документов – создание механизма выработки правил и мер, гарантирующих соблюдение требований Директивы 89/106 ЕЭС и требований национальных регламентов в части обеспечения безопасности в течение всего остаточного периода службы существующих зданий и сооружений, оптимизации технического обслуживания и ремонта. Следует отметить, что определения большинства терминов, примененных в данных стандартах, близки по смыслу к используемым в ТНПА Республики Беларусь. Введены еще несколько полезных для изучения рассматриваемой проблемы терминов:

– service life (SL – срок службы) – период времени после возведения здания в течение которого параметры эксплуатационных качеств всего здания и его отдельных элементов соответствуют установленным требованиям;

– design life (DL – проектный срок службы) – трактуется как предполагаемый заданный (назначенный в проекте) срок службы;

– estimated SL (ESL – оцененный расчетом) – уточненный по натурным данным срок службы в конкретных условиях эксплуатации;

– reference (RSL – рассматриваемый, стандартный срок службы) – характеризует установленную соответствующими документами долговечность в стандартных условиях эксплуатации. Он может быть установлен:

а) производителем;

б) на основе предыдущего опыта эксплуатации аналогичных материалов или элементов;

в) в документах и сертификатах, выданных уполномоченными органами;

г) в строительных нормах.

Характерно требование ISO 15686, чтобы все действия по техническому обслуживанию и замене конструкций, элементов и материалов обосновывались экономически. В стандарте детально расписано, какие эксплуатационные качества должны учитываться и оцениваться, какие установлены ПЭК и как (в целом) они должны контролироваться. Важным моментом является рекомендуемая классификация минимальных проектных сроков службы отдельных элементов здания в зависимости от полного проектного срока службы всего здания (таблица 1).

Таблица 1 — Рекомендуемый минимальный срок службы (долговечность) элементов зданий

Группа зданий	Проектный срок службы здания	Недоступные или основные несущие элементы зданий	Элементы, замена которых технически сложна или затратна	Массовые заменяемые элементы	Элементы и детали, заменяемые в процессе технического обслуживания
1	Не ограничен	Не ограничен	100	40	25
2	150	150	100	40	25
3	100	100	100	40	25
4	60	60	60	40	25
5	25	25	25	25	25
6	15	15	15	15	15
7	10	10	10	10	10

Даны практические рекомендации по выбору долговечности элементов здания с короткими или длительными сроками службы. Для конкретных видов элементов из всей массы ПЭК надо выделять критические, которые определяют возможность отказа элементов, и на них сконцентрировать усилия по надзору и восстановлению. В ISO 15686 прописано, какие воздействия наиболее опасны для долговечности элементов из различных материалов. Полезной является классификация категорий возможных последствий отказов и их причин (таблица 2).

Даны рекомендации по выбору критериев отказов, требующих капитального ремонта или полной замены. Для оценки долговечности материалов и элементов здания в конкретных условиях эксплуатации и последующего планирования их срока службы, периодичности ремонта и замены предлагаются несколько методов, в том числе строгих, основанных на проведении обследований, испытаний (в том числе ускоренных) и исследовании интенсивности процессов деградации конструкций в ходе технической эксплуатации опытными инженерами и экспертами.

Таблица 2 — Рекомендуемая градация последствий отказов

Категория	Последствия	Примеры отказов
1	Угроза для жизни	Внезапное разрушение конструкции
2	Риск травматизма	Дефекты ступеней, повреждение лестниц
3	Опасность для здоровья	Постоянная сырость
4	Дорогостоящий ремонт	Значительное укрепление основания и фундаментов
5	Большие затраты на многократно повторяющиеся ремонты	Замена оконных запорных устройств, отделки
6	Перерыв в использовании здания	Авария в системе теплоснабжения
7	Нарушение уровня защиты от проникновения	Повреждения дверных замков
8	Несущественные неудобства	Замена осветительных приборов

Возможен также приближенный подход (например, factor method), основанный на том, что «стандартная» долговечность материала или элемента (RSLC), установленная соответствующими документами, корректируется группой коэффициентов, учитывающих конкретные условия эксплуатации, значение которых (0,8–1,2) установлены на основе экспертных оценок. Учитывается семь факторов:

- качество компонентов (в состоянии поставки);
- качество проектного решения (в части наличия и надежности антикоррозионной защиты и т. п.);
- уровень исполнения (в части точности соблюдения установленных требований к качеству строительных работ);
- параметры микроклимата (в части влияния конкретных условий эксплуатации на степень деградации свойств материалов и элементов);
- параметры природных климатических воздействий и условий, таких как ветер, осадки, отрицательные температуры и их сочетания (в той же части, что и в п. г);
- специфика конкретных условий эксплуатации, зависящих от назначения здания (например, в жилых зданиях, на производственных предприятиях);
- уровень обслуживания (в части точности соблюдения конкретных требований по надзору и обслуживанию, например, для труднодоступных элементов, указаний по применению специального оборудования и т. д.).

Еще на этапе проектирования следует предусматривать возможность применения эффективных методов изменения назначения здания без значительных затрат, прекращения использования и демонтажа отдельных элементов и здания в целом. Среди возможных причин таких действий выделяют:

- функциональные (отпала необходимость дальнейшего использования здания, например, при прекращении производства данных изделий);
- технологические (требуется изменить основные показатели здания или элементов в связи с изменением назначения);
- экономические (элементы полностью работоспособны, но их эксплуатация затратна, например, замена устаревших обогревательных приборов на более эффективные).

Должны применяться наиболее эффективные способы описанных вмешательств в процесс эксплуатации с минимальными экономическими и социальными потерями. При проектировании надо иметь в виду, что долговечность рассматриваемого имущества (здания и сооружения) может быть достаточно велика и за весь срок службы могут неоднократно меняться их владельцы, выполняться достройки, надстройки, изменяться назначение и т. д. Поэтому вся история его жизненного цикла должна тщательно документироваться. Демонтаж здания при прекращении его использования, особенно зданий, не достигших предельного износа, а также разборных и временных зданий, должен выполняться с максимальным сохранением конструкций, предполагая их дальнейшее повторное использование. Методы решения изложенных в части 1 стандарта ISO 15686 основных проблем, возникающих в процессе эксплуатации зданий, конкретизируются в последующих частях стандарта.

Таким образом, несмотря на определенные отличия европейских норм, связанных с эксплуатацией здания, от наших по структуре, наполнению, многим терминам и определениям, их введение в странах СНГ в качестве информационных документов (в рамках процесса гармонизации) позволило бы использовать большой опыт стран Евроразнообразия, сблизить наши нормы в той части, где это позволяют реальные возможности и национальная специфика. В частности, это касается системы стандартов ISO 15686-1. При разработке нормативных документов в странах СНГ, принимая все ценное из наработанного зарубежными специалистами, следует шире использовать большой опыт, накопленный в СССР.