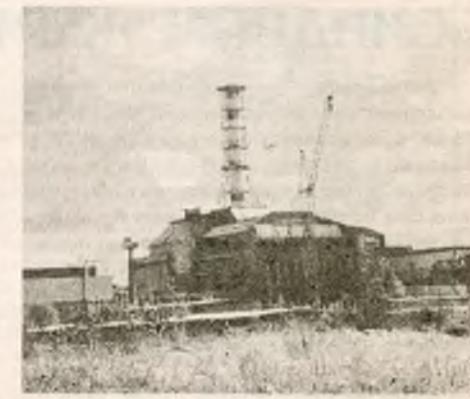


"УКРЫТИЕ". ЧТО ДЕЛАТЬ?



Основное время обе системы находят-ся в режиме ожидания. В экстремальных ситуациях (напр., в периоды климатической, технологической или сейсмической активности) по сигналу следящей системы исполнительные элементы срабатывают и подготавливают (напр., по схеме механического, магнитного или электрического метода) структуру материала к восприятию активного режима нагружения. В этот период производится непрерывное слежение за изменением напряженно-деформированного состояния и его корректировка с целью предотвращения процесса разрушения.

Энергия может вводиться в материал изнутри или через наружную поверхность. В железобетонных конструкциях для этой цели можно использовать стальную арматуру. Исполнительная система должна обслуживать все несущие конструкции. Чувствительными элементами следящей системы являются разветвленная сеть датчиков, воспринимающих изменение параметров внешних полей, а также датчики напряжений и деформаций, установленные непосредственно на несущих элементах. Кроме того, включение следящей системы может осуществляться по результатам краткосрочных прогнозов.

Трещиностойкость и надежность сооружения обеспечиваются следующим образом. Следящая система всегда находится в режиме активного ожидания. Включаясь по одному из перечисленных способов, она посылает сигнал на срабатывания исполнительных систем. Последняя вырабатывает и посылает соответствующий вид энергии в наиболее напряженные зоны несущих конструкций. Энергетическая подпитка вызывает кратковременное увеличение несущей способности и трещиностойкости бетона по одной из описанных выше схем. Поток энергии в каждую конструкцию регулируется датчиками напряжений и деформаций.

После прекращения внешней активности обе системы и все несущие конструкции возвращаются в исходное состояние. Такое сооружение будет обладать уже всеми признаками искусственного интеллекта. Автор не видит особых трудностей, которые могли бы повлиять на их реализацию. Следящие системы описанного типа известны. В качестве исполнительных систем могут использоваться действующие энергоустановки и существующие электрические сети, несложные гидравлические устройства и т. п. Основное время они выполняют свои обычные функции, переключаясь на систему защиты сооружения только в экстремальных ситуациях. Механизм защитной реакции материалов на энергетическую подпитку обоснован автором с достаточной полнотой (см. упомянутую выше литературу). Заметные изменения претерпят лишь схема армирования, технология бетонирования и отделки поверхности конструкций.

Анатолий КОМАРОВСКИЙ,
доктор технических наук.

Так что же делать с объектом "Укрытие" с учетом новых знаний о прочности и вытекающих из них опасениях? (см. первую публикацию автора "Укрытие": что происходит и почему" в "ВЧ" № 3-4), 1998 г. По нашему мнению, целесообразно выполнить четыре последовательных этапа работ:

- определить выработанную часть ресурса материалов и конструкций;
- разработать и внедрить методы восстановления ресурса;
- оборудовать конструкции системами, не допускающими ухудшения их технического состояния;
- в перспективе (или при необходимости) разработать и построить дублирующий вариант объекта - "Укрытие-2" с искусственным интеллектом.

Поясним каждый из этих этапов. Но прежде всего определимся с терминами. Для конструктивных материалов "ресурс" материализуется в их структуре на стадии изготовления. Под структурой понимается конкретная реализация компоновки вещества в объеме конструкции. Любой тип структуры характеризуется определенным запасом внутренней энергии. Начальная организация структуры зависит от степени совершенства технологии. Запас внутренней энергии материала, который обеспечивает выполнение конструкциями своего функционального назначения в течение заданного времени при оговоренных условиях эксплуатации назовем "ресурсом". Время исчерпания ресурса определяет долговечность сооружения. Понятие "прочность" по отношению к ресурсу имеет подчиненное значение. Этим понятием обычно обозначают максимальную несущую способность материала при ускоренных монотонно возрастающих режимах нагружения и стандартных условиях испытания. Следовательно, прочность является количественной мерой ресурса именно при этих условиях и не более того. Силовые, тепловые, радиационные и иные поля нарушают внутренний порядок атомно-молекулярной системы твердого тела, изменяют его структуру и уменьшают ресурс и прочность. Крайним случаем такого нарушения является развитие процесса трещинообразования.

На первом этапе проводится комплексное натурное обследование объекта, в том числе (где это возможно) с использованием инструментальных методов исследования. Прежде всего оценивается действующий уровень напряженно-деформированного состояния. Информацию о нем можно получить известными неразрушающими методами после несложной модернизации измерительных средств с использованием разработанной методики интерпретации результатов (см., напр., А. Комаровский "Механизм разрушения бетона и перспективные методы обеспечения его долговечности", Киев, Знание, 1986). Далее определяется выработанная часть ресурса. Как уже отмечалось, ресурс материалов расходуется двояко: необратимо (отказ АМ-связей с последующим зарождением и развитием трещин) и обратимо (изменение фазового состояния). Степень поражения структуры трещинами оценивается методами стереологии. Неразрушающие методы локального механического воздействия позволяют получать отображение внутреннего состояния материалов в пространстве косвенных измерений. Поэтому о фазовых изменениях судят по трансформации косвенных показателей твердости. Аналогичную информацию содержат и теплофизические параметры. По результатам обследования строится график долговечности. Он дает возможность прогнозировать оставшуюся часть ресурса материалов и конструкций

и оценивать выработанную его часть. По нему также можно судить о характере изменения технического состояния объекта в будущем при известных условиях эксплуатации.

На втором этапе решается задача восстановления утраченной части ресурса. Для восстановления той его части, которая пошла на процессы трещинообразования применяются тривиальные методы усиления посредством наращивания объема материала с учетом того предостережения, которое было сделано при рассмотрении масштабного эффекта. Структуру металлов в исходное состояние возвращают путем приложения конкурирующего воздействия (по отношению к эксплуатационному, конечно). Особенно эффективными при этом могут оказаться тепловые, магнитные, электрические и другие поля.

Однако, наибольшим ресурсом будут обладать конструкции комбинированного типа. Они могут быть созданы в процессе реконструкции. У таких конструкций формируется градиент прочности и пластичности от внутренней поверхности к наружной (для изгибаемых элементов - от растянутой зоны к сжатой) путем послойной укладки бетонной смеси различного состава. В этом случае наиболее полно используются деагрегирующие, защитные и несущие свойства бетона. В полной мере его потенциальные возможности могут быть реализованы при использовании гибкого, управляемого процесса бетонирования (напр., путем торкретирования в паровоздушной среде). Следует особо подчеркнуть, что стремление к экстраординарности структуры не имеет смысла, а в данном случае даже опасно, поскольку длительные остановки зарождающихся трещин объясняются исключительно присутствием в бетоне вязко-пластичных неоднородностей.

Поддержание высокого уровня надежности и трещиностойкости конструкций "Укрытия" в период эксплуатации может осуществляться не только пассивными методами (они описаны выше), но и активными - за счет торможения процессов трещинообразования. Эти методы основаны на соизмерительном влиянии на структуру некоторых видов внешних воздействий. Одни из них известны давно, другие вытекают из существа новейших исследований. Для этой цели, например, может использоваться эффект статического упрочнения бетона при сжатии. Он давно находит применение для повышения трещиностойкости преднапряженных изгибаемых элементов. Преднапряжение создается на стадии изготовления и сохраняется непрерывно в течение всего срока службы сооружения. Такие конструкции обладают существенными недостатками: высокой металлоемкостью, потерями напряжения с течением времени, невозможностью гибкого регулирования напряженно-деформированного состояния.

От перечисленных недостатков свободна система, в которой в качестве напрягаемых элементов используются металлические стержни, имеющие специальную форму и физико-механические свойства. Они позволяют регулировать преднапряжение в зависимости от активности действующих полей. Подача управляющего воздействия осуществляется по сигналу следящей системы, чувствительные элементы которой реагируют на изменение внешних факторов. Такие конструкции обладают свойством саморегулирования своего напряженно-де-

формированного состояния. Использование методов предупреждения и торможения разрушения и оснащение особо ответственных узлов конструктивных систем эффективными диагностическими средствами гарантирует 100-процентную трещиностойкость и надежность всего сооружения.

Третий этап предусматривает разработку методов и средств предотвращения деформирования и разрушения и оснащения ими конструкций объекта "Укрытие" Они основаны на том, что в процессе эксплуатации свойства материалов могут корректироваться исключительно за счет изменения параметров состояния (температуры, создания определенного знака механических напряжений, изменения формы АМ-связей и их ориентации в пространстве). Инженерный опыт подтверждает эти выводы. Для этих целей разработаны основы механических, термических, магнитных, электрических и комбинированных методов (см., напр., А. Комаровский "Управление напряженно-деформированным состоянием материалов и конструкций", Киев, Випол, 1996). Они позволяют сохранять геометрические размеры, структуру и свойства материалов при всех видах внешних воздействий.

Механические методы основаны на ориентационном эффекте, создаваемом путем приложения внешних, специальным образом ориентированных, нагрузок. В отличие от них, термические и термомеханические методы используют тепловые поля. Они позволяют изменять не только ориентацию, но и энергетику АМ-связей, существенно повышая результативность противодействия рабочим полям. Состоянием ферромагнитных и диэлектрических материалов управляют при помощи магнитных и электрических полей. Самыми эффективными являются комбинированные методы. Они используют одновременно несколько управляющих полей и предусматривают оснащение конструкций постоянно действующими системами диагностики в сочетании с активными методами восстановления поврежденной структуры. Такие конструкции обладают уже признаками саморегулирования своего технического состояния.

Неоценимый вклад в решение задач первых трех этапов могут внести данные регулярных натуральных наблюдений и замеры параметров действующих полей (радиационных, тепловых, силовых и климатических) за прошедший период эксплуатации.

На четвертом этапе предлагается разработать и построить дублирующий вариант "Укрытие-2" с использованием материалов и конструкций с искусственным интеллектом (ИИ). Цель предложения состоит в новой методике проектирования и изготовления таких конструкций, которые воспринимают все типы внешних полей без деформирования и разрушения. Эффект ИИ получают путем решения следующих задач:

- включение в состав несущих конструкций специальных устройств, через которые в материал вводится один (или несколько) из следующих видов энергии: механической, термической, магнитной, электрической или иной, активизирующей структуру и повышающей ее несущую способность и трещиностойкость в экстремальных ситуациях. Установки на них датчиков напряжений и деформаций;

- оборудование объекта исполнительно-энергетической системой, вырабатывающей эти виды энергии;
- оснащение сооружения следящей системой, воспринимающей характер изменения внешних полей и посылающей сигнал на срабатывание исполнительных систем.

МНЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТА