

АДАПТИВНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.М. Белостоцкий

Московский государственный строительный университет

А.В. Кухта

Московский государственный строительный университет

Математические модели должны сопровождать строительные объекты на всех этапах их жизненного цикла, включая предпроектный этап, этапы проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции и ликвидации объекта, составляя при этом интеллектуальную основу систем мониторинга их состояния. Одними из перспективных путей создания современных "интеллектуальных" систем мониторинга могут стать разработка и использование **адаптивных математических моделей** контролируемого объекта.

В кратком изложении суть предлагаемого подхода такова:

1. На основе проектных данных и/или по результатам обследования строительного объекта создается математическая модель (набор моделей) напряженно-деформированного и иных состояний несущих и фасадных конструкций строительного объекта (ММО) при нормативно-регламентированных нагрузках и воздействиях. Следует отметить, что в настоящее время построение и расчетный анализ математической (как правило, пространственной конечноэлементной) модели объекта являются необходимыми этапами его проектирования [1].

2. Проводится определение проблемных зон и критически важных параметров конструкции. При определении зон наблюдения и контролируемых параметров учитываются различные обстоятельства, как то: объективно низкая надежность результатов некоторых предпроектных изысканий (например, в случае сложных грунтовых условий); неравнопрочность конструкции, связанная с технологическими и экономическими ограничениями; статистические данные об отказах, характерных для данного типа объектов, и т.д. При выборе указанных зон и параметров учитываются результаты расчетов, а также экспертные оценки.

3. На основе разработанной математической модели строительного объекта (ММО) и с учетом выбранных для контроля параметров производится построение адаптивной модели объекта первого уровня (АММО-1). Адаптивной математической моделью объекта (АММО) мы будем называть модель, обеспечивающую решение обратной задачи, т.е. определение входных параметров математической модели строительного

Предотвращение аварий зданий и сооружений

объекта (ММО) по заданному набору ее выходных параметров – контролируемых параметров объекта.

4. Проводится измерение параметров, выбранных на этапе 2, для контроля состояния объекта.

5. С использованием АММО-1 производится определение границ множества входных параметров, обеспечивающих при прямом расчете на основе ММО наблюдаемые значения контролируемых параметров.

6. В случае, если данные, полученные с помощью АММО-1, не позволяют сделать заключение о выходе (или невыходе) одного или нескольких входных параметров ММО за пределы, регламентируемые нормативными документами, вырабатываются требования к дополнительным измерениям и учету дополнительной априорной информации для уточнения полученных решений – сужения границ множества входных параметров.

7. С учетом введения дополнительных контролируемых параметров и дополнительной априорной информации строится адаптивная модель объекта второго уровня (АММО-2).

8. Уточнение адаптивных моделей производится до выявления «дефекта» или группы «дефектов» и оценки категории технического состояния объекта на основании дополнительных расчетов и/или экспертной оценки и с учетом существующих нормативных документов.

Следует обратить особое внимание на то, что выполнение пункта 3 приведенной процедуры не является тривиальной задачей. Целью построения АММО является решение обратной задачи, т.е. определение некоторой совокупности входных параметров математической модели строительного объекта (ММО) по заданному набору ее выходных параметров – контролируемых параметров объекта. Указанная обратная задача относится к некорректным математическим задачам [2], и требуются значительные усилия по выбору адекватных конкретной задаче математических средств, поиску эффективных методов регуляризации, а также разработке устойчивых вычислительных алгоритмов ее решения.

Для отладки алгоритмов обработки данных мониторинга на основе адаптивной математической модели целесообразно было бы, на наш взгляд, создание экспериментального стенда, включающего в себя физическую модель строительного объекта, конструкция которой дает возможность провести подробный и надежный конечноэлементный расчет для выбранного набора нагрузок. Указанная физическая модель должна содержать элементы, имитирующие различные дефекты конструкции и имеющие возможность принимать как состояние «включено», так и состояние «выключено». Модель должна быть оборудована датчиками физических величин, при этом обработка процедуры оптимального выбора

контролируемых величин и зон контроля параметров является одной из важных задач выработки адекватного алгоритма. Другой важнейшей частью экспериментального стенда является программно-аппаратный комплекс, содержащий каналы связи, средства первичной обработки сигналов, устройства, обеспечивающие сопряжение средств измерения с программными средствами компьютерного моделирования. Разрабатываемые алгоритмы работы комплекса на основе адаптивной математической модели должны проверяться в ходе соответствующих экспериментов и корректироваться с учетом их результатов.

Библиографический список

1. Белостоцкий А.М., Каличава Д.К. Математическое моделирование как основа и в составе системы мониторинга несущих конструкций зданий и сооружений. – М.: Вестник МГСУ, 2010, №4. С.191-197.
2. Ватульян А.О. Обратные задачи в механике деформируемого твердого тела. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 224 с.