

## 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.