

НОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ ТЕХНОЛОГИИ СОВМЕСТНОГО РАСЧЕТА СООРУЖЕНИЙ И ОСНОВАНИЙ НА БАЗЕ МКЭ

Шевчук Л.И.

БГПА, г.Минск, Республика Беларусь

Учет совместной работы строительных сооружений и их оснований дает возможность более точно оценить напряженно-деформированное состояние как самой конструкции, так и грунтового основания. Попытки разработать совершенные методы совместного расчета были предприняты еще в 20-е годы нашего столетия. Это работы П.Л. Пастернака, Н.Н. Пузыревского, К. Вигхардта, А.Н. Крылова, Н.К. Снитко, Н.М. Герсенова, Н.А. Цытовича, Б.Н. Жемочкина, А.П. Сеницына, И.А. Симвулиди, М.И. Горбунова-Посадова, С.Н. Клепикова. Однако, все предлагаемые методы имеют один и тот же недостаток – это неспособность учета свойств реальных строительных материалов и грунтовых оснований. Здесь имеется ввиду их пластические свойства, нелинейность и неоднородность. Поэтому очевидно, что эта проблема остается актуальной и в настоящее время.

Попытка решить эту проблему с помощью численных методов (МКР, МКЭ, МКГ) также не удалась в полной мере. Это объясняется необходимостью выполнения очень больших объемов вычислений. Так для выполнения совместного расчета каркаса реального здания, фундаментов и грунтового основания даже в линейной постановке требует решения системы, содержащей не менее 40-50 тыс. линейных алгебраических уравнений. Несмотря на то, что получаемая система уравнений имеет сильно разреженную матрицу коэффициентов при неизвестных решение ее является серьезной проблемой. Если же учесть, что задача должна решаться в нелинейной постановке, а это приводит к увеличению числа уравнений примерно на порядок, задача становится вообще нереальной.

Рассматриваемые сооружения представляются в виде системы: здание каркасного типа, фундаменты и грунтовое основание, которая содержит элементы различных видов – это стержни ферм и связей, плиты покрытий и перекрытий, фундаменты, фундаментные плиты и грунтовые основания. Поэтому прямолинейный подход при реализации расчетов МКЭ здесь явно неэффективен. Применяемые в настоящее время технологии при реализации численных методов для решения вышеуказанной задачи приводит практически к непреодолимой проблеме – несоответствию имеющихся объемов информации и располагаемой памятью современных вычислительных средств. Поэтому требуется разработка МКЭ, базирующаяся на новых концепциях.

Идея заключается в том, что перед непосредственным расчетом сооружения оно делится на микроэлементы (реальные конечные элементы) в соответствии с конструктивными особенностями и структурой самого сооружения. В случае необходимости не исключается построение системы макроэлементов по иерархической схеме. Структура макроэлементов самого низкого уровня должна быть при этом однородной. Это может быть, например, ферма, стержневая система самого каркаса, система элементов фундамента и

грунтовое основание. Выполняется расчет каждого конечного макроэлемента в отдельности с учетом особенностей работы каждой из отдельных частей сооружения: нелинейность и неоднородность механических свойств. При этом для каждого макроэлемента может быть использован наиболее приемлемый метод расчета – МКЭ, МКР, МКГ или даже аналитические методы, если такие имеются. По результатам расчета формируются матрицы жесткости специального вида. Порядок таких матриц жесткости небольшой. Каждый элемент матрицы должен быть представлен функцией (полиномом) невысокой степени. Матрицы жесткости всех макроэлементов временно сохраняются на внешнем магнитном устройстве.

Сооружение рассматривается как система макроэлементов. Выполняется объединение всех матриц жесткости и получается система разрешающих нелинейных алгебраических уравнений. Решение полученной системы уравнений выполняется известными методами высшей алгебры в зависимости от порядка системы и их степени.

Такой подход позволит уменьшить обращение к внешним носителям, что заметно сократит время решения задачи. Кроме того, предлагаемая стратегия решения снимает количественные ограничения характерные для традиционной технологии, в которой этот вопрос пытаются решить на уровне алгебры разреженных матриц без учета структуры самой конструкции, и позволит выполнять совместный расчет реальных строительных сооружений и их оснований при вполне приемлемых затратах времени и объемах памяти.

Однако, разработка технологии на основе новой концепции ставит и некоторые проблемы теоретического характера. Прежде всего требуется создать алгоритм автоматического деления строительных сооружений каркасного типа на макроэлементы по иерархической схеме приемлемого объема и структуры, что позволяло бы ограничиваться лишь внутренней памятью ЭВМ. Кроме того, необходимо разработать эффективную технологию разреженных матриц с учетом особенностей поставленной задачи. Требуется также решить проблему точности и корректности предлагаемого метода расчета.