

# III. Расчет многоэтажных зданий с помощью ЭВМ

Методы расчета и расчетные модели зданий из объемных блоков строятся как для конструктивной системы, имеющей регулярную структуру, т.е. состоящей из элементов нескольких типоразмеров, регулярно повторяющихся по длине здания. В основу расчетной модели положен единичный элемент — тонкостенный объемный блок. Объемные блоки вовлекаются в совместную работу с помощью вертикальных и горизонтальных связей, расположенных в плоскости граней.

В общем случае статический расчет реальных многоэтажных зданий, является весьма сложной и трудоемкой задачей. Поэтому в современных условиях целесообразно выполнять его с помощью ЭВМ.

При этом следует учитывать, что осуществление расчетов на компьютерах требует от расчетчика хорошей теоретической подготовки и специальных знаний.

Слабо подготовленному человеку, не владеющему знаниями по особенностям работы железобетона под нагрузкой, невозможно выполнить эти расчеты без ошибок. После возведения здания, проект которого будет выполнен с подобными ошибками, очень вероятно возникновение различных аварийных ситуаций вплоть до полного разрушения несущего каркаса.

Большинство компьютерных программ, разработанных для выполнения расчетов многоэтажных зданий, основаны на численном методе конечных элементов.

Достоверностью выполненных с помощью таких программ расчетов в основном определяется правильным выбором расчетной схемы.

Построение этой расчетной схемы включает в себя выбор типов и размеров конечных элементов, задание условий их закрепления на контуре, точное описание внешних нагрузок и возможных температурных воздействий, приложенных к этим элементам.

# III. Расчет многоэтажных зданий с помощью ЭВМ

На основании обобщения опыта расчетов высотных зданий из монолитного железобетона, выполненных специалистами лаборатории “Проблем прочности и качества в строительстве” НИИСФ Российской академии архитектуры и строительных наук, совместно с ведущими учеными НИИЖБ, можно констатировать, что разработка конечно-элементных моделей для таких задач имеет свои особенности.

Первая особенность касается того, что при расчете здания в обязательном порядке следует учитывать пространственную работу его несущей системы. Рассмотрение плоских расчетных схем для высотных зданий не допустимо в принципе.

Вторая особенность заключается в необходимости учета совместной работы верхнего строения фундаментов.

Наиболее простые решения здесь получаются при моделировании основания как упругого основания с учетом гипотезы Винклера.

Опыт расчетов показывает, что совместная и раздельная схемы рассмотрения верхнего строения и фундаментов могут приводить не только к количественным, но и к качественным отличиям в результатах расчета.

Естественно, при построении “совместной” конечно-элементной расчетной схемы значительно увеличивается размерность решаемой задачи. Для устранения этого недостатка можно рекомендовать применение послойной детализации конечно-элементной схемы.

Например, в первый условный слой детализации включается фундаментная плита с прилегающей к ней частью строения (стенами, колоннами, перекрытиями, одного- двух выше лежащих этажей). Эти конструкции здания моделируются на мелкой конечно-элементной сетке.



# III. Расчет многоэтажных зданий с помощью ЭВМ

Для конструкций верхних этажей используются укрупненная сетка, разбитая на конечные элементы. После определения искомых усилий и перемещений в характерных сечениях фундаментов и конструкций нижних этажей, переходят ко второму этапу расчета.

При этом детализированный слой на расчетной схеме здания “передвигают” вверх. Таким образом, определяют расчетные усилия и деформации во всех над-земных несущих конструкциях здания - стенах, колоннах, плитах перекрытия и т.д.

Здесь же следует подчеркнуть, что при подборе рабочей арматуры фундаментных плит наряду с изгибающими моментами  $M_x$  и  $M_y$ , действующими во взаимно перпендикулярных направлениях, обязательно должны учитываться и крутящие моменты  $M_{xy} = M_{yx}$ .

При пространственном расчете в плите также возникают нормальные и касательные силы  $N_x$ ,  $N_y$  и  $S_{xy}$ . Игнорирование этих усилий может привести к существенным ошибкам при назначении армирования плит. Поэтому, выбирая ту или иную компьютерную программу, нужно выяснить, учитывают ли они все выше перечисленные усилия. Из отечественных разработок такой учет предусмотрен в программном комплексе Лира Windows, STARK\_ES, SCAD.

Исключительно важным представляется и правильное моделирование монолитных соединений плит перекрытия с колоннами и стенами.

Можно рекомендовать мелкую конечно-элементную сетку на плитах, в которую легко вписать поперечные размеры колонн и стен.

При этом сечения колонн и стен в месте примыкания к плите моделируются несколькими слоями объемных конечных элементов с приведенной жесткостью, которая назначается исходя из условия эквивалентности.



# III. Расчет многоэтажных зданий с помощью ЭВМ

При удалении от места примыкания к плите, колонна становится стержневой конструкцией, а стена плоской.

Подобная схема соединений исключает неопределенности в подборе арматуры в самых ответственных местах сопряжения плиты с колоннами, стенами.

Эти неопределенности возникают, если применять точечную и “ножевую” схемы моделирования соединений соответственно колонн и стен с перекрытиями.

Очень существенное влияние на результаты расчетов оказывают размеры конечно-элементной сетки.

Чтобы избежать грубых ошибок, необходимо производить предварительный поиск достоверной расчетной схемы, придерживаясь следующего простого правила. Если результаты расчета на двух сетках с различными размерами приводят к малым расхождениям, то назначенный шаг конечно-элементной сетки можно считать приемлемым.

Рекомендуется также придерживаться следующих практических рекомендаций.

Шаг конечных элементов плит должен быть соизмерим с поперечными размерами колоны и толщиной стен, чтобы они могли быть вписаны в размеры сетки.

В пролете он должен быть не менее  $1/10$  расчетного пролета.

При применении мелкой конечно-элементной сетки важным становится учет двух реальных факторов, влияющих на сглаживание возможных концентраций усилий – физической нелинейности и реального шага расположения арматурных стержней в сетках для областей плит с трещинами.

Для учета последнего фактора необходимо иметь в программах процедуру по усреднению усилий в задаваемом перечне конечных элементов.



# III. Расчет многоэтажных зданий с помощью ЭВМ

Например, можно усреднять усилия в конечных элементах, расположенных по одной линии вдоль стороны колонны или отдельно под колоннами в местах их опирания на фундаментную плиту.

Это должно быть специальные унифицированные группы конечных элементов, в которых подбор арматуры осуществляется не по максимальным, а по усредненным усилиям.

Следует отметить, что особую важность мелкая конечно-элементная сетка и усреднение усилий приобретают для правильного учета поперечных сил дополняется расчетом на продавливание.

