

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ КАРКАСНО-КИРПИЧНЫХ ЗДАНИЙ

Егунов К.В., Анисимов К.И., Бондаренко А.С. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса).

**Приводиться порівняльний аналіз використання різних розрахункових схем каркасно-цегельних будівель. Розглядаються питання деталізації моделей розрахункових схеми в розрахункових програмних комплексах.**

В настоящее время эксплуатируется большое количество зданий с кирпичными стенами, а также продолжается массовое строительство кирпичных и каркасно-кирпичных зданий.

В нормах проектирования отражены закрепленные практикой проектирования требования и рекомендации по выбору методов расчета, также определены возможные конструктивные решения, которые обеспечивают реализацию полученных результатов и принятых предпосылок. Однако, на практике эти положения не всегда реализуются.

Требования норм, как правило, связаны с определенной расчетной моделью, но ее описание в нормативном документе не приводится и создается ложное впечатление универсальности нормативного требования. Если при этом нормативное требование построено на использовании достаточно грубой расчетной модели, то зачастую создается следующая парадоксальная ситуация - уточнение расчетной модели приводит к менее экономичным решениям, чем те, которые основаны на грубой модели нормативного документа [6].

Действующие нормы [1] регламентируют строительство каменных и каркасно-каменных зданий в сейсмических районах, с указанием этажностей, материалов кладки стен, высот этажей, размеров простенков и др. параметров зданий, которые разрешаются применять при соответствующих конструктивных схемах зданий.

Многочисленными экспериментами, выполненными как при исследованиях в зонах сильных землетрясениях, так и на строительных площадках, расположенных в сейсмически опасных зонах, установлено, что в подавляющем большинстве случаев прочность по величине временного сопротивления осевому растяжению по неперевязанным швам (нормальное сцепление) значительно ниже предела, установленного действующими нормами [1].

Вместе с тем при этом землетрясения в домах с кирпичными стенами и элементами антисейсмического усиления при явно низком качестве собственно кирпичной кладки не были отмечены случаи разрушения частей здания, что указывает на эффективность конструктивных мероприятий по их усилению (армирование кирпичной кладки, применение монолитных железобетонных включений, антисейсмических поясов и др.) [2].

Однако, для современных каркасно-каменных зданий, конструктивные решения которых рекомендуются для строительства в сейсмических районах Украины [1], отсутствует методика расчета с использованием программных средств основанных на методе конечных элементов (МКЭ). Вопросы, связанные с сопоставимости расчетной модели и реального конструктивного решения рассмотрены недостаточно.

Согласно нормативных документов, [3] к выполнению расчетов кирпичных зданий предъявляются следующие требования, согласно которым должны быть проверены:

- горизонтальные сечения на сжатие или внецентренное сжатие;
- наклонные сечения на главные растягивающие напряжения при изгибе в плоскости стены;
- раскрытие трещин от вертикальной нагрузки разно нагруженных, связанных между собой стен или разной жесткости смежных участков стен.

По-видимому, правильным выходом из рассматриваемой ситуации является установление некоторых правил обоснования расчетных моделей.

Некоторые авторы [4] ([www.scadgroup.com/publications.shtml](http://www.scadgroup.com/publications.shtml)) полагают, что основными положениями для построения расчетных моделей являются следующие моменты:

1. В качестве результатов расчета имеет смысл использовать только мембранные составляющие напряжений  $N_x$  или  $N_y$ , а также для определения поперечных сил, приходящихся на отдельные участки стен, - результаты расчета нагрузок от фрагмента схемы от расположенной выше рассматриваемого сечения части здания для расчета и на главные растягивающие напряжения согласно п. 6.12 [3];

2. Моменты от опирания перекрытий с эксцентриситетом, изменения толщины стен и от ветровой нагрузки учитываются отдельно и добавляются к полученным мембранным составляющим напряжений в соответствии с правилами, изложенными в [3] и пособием к нему;

3. Необходимо адекватно моделировать конструкции перекрытий, учитывая характер их работы.

4. Смежные участки стен считаются соединенными между собой идеально упруго при выполнении условия (38) [3] и п. 7.19 пособия к [3] по ограничению разности свободных деформаций смежных участков стен.

Анализ накопленных данных выполненных проектных работ указывает на ощутимое влияние развитие программных комплексов для инженерных расчетов на качество обоснования проектных решений [6] ([www.scadgroup.com/publications.shtml](http://www.scadgroup.com/publications.shtml)).

Согласно [5], максимально полное отражение в расчетных схемах действительных условий работы - одно из основных условий обеспечения надежности зданий. При этом необходимо учитывать все факторы, влияющие на напряженно-деформированное состояние конструкций. В качестве одного из основных материалов несущих систем многоэтажных зданий в отечественной практике применяется кирпич, обеспечивающий оптимальное сочетание безопасности при эксплуатации в критических ситуациях с экономичностью и технологичностью производства работ.

Возможно, для устранения погрешностей и ошибок, которые могут быть присущи однотипным расчетным моделям, использовать сопоставление результатов расчета по нескольким (двум) расчетным моделям одного здания (конструктивного решения).

При моделировании конструктивных решений современных ответственных объектов используются сложные и излишне детализированные расчетные схемы.

Для анализа и сопоставления результатам по разным моделям зданий были составлены две идентичные расчетные модели каркасно-кирпичного здания: 1 - с моделированием стен пластинами; 2 - с моделированием кирпичных стен из объемных элементов.

Чрезмерная детализация расчетной схемы в целом (2 - модель) продиктована необходимостью уточнения и сопоставимости данных по максимальным результатам при отсутствии предварительной информации о месте появления и характере результата. При этом имеет смысл применять более детальную расчетную схему, анализ которой возможно позволит выявить и не упустить интересные результаты.

Однако, результаты полученные при излишней детализированной расчетной модели трудно анализировать и осмыслить большое количество выходных данных.

Для создания «полной» модели, которая позволит многосторонне представить характер работы и особенности конструктивного решения каркасно-кирпичного здания, не всегда достаточно выполнения детализированной расчетной схемы, а зачастую требует создания целой серии моделей, каждая из которых позволит оценить и будет доступной для понимания (анализа) характерных черт здания [6].

Не всегда при проектировании каркасно-кирпичных зданий имеются литературные данные, характеризующие их особенность, что часто приводит к необходимости детально исследовать некоторые принципиально важные узлы или фрагменты схемы.

Фрагмент (узел) выделяется из системы, которая в целом рассчитывается с помощью более грубой сетки конечных элементов, чем фрагмент. Но те контурные силы, которые действуют на фрагмент, соответствуют грубой сетке, а для сгущенной сетки они дают ошибку [6].

Поскольку указанные силы действуют на границе фрагмента, то и ошибка существует на границе фрагмента, а по мере продвижения в его глубину она затухает вследствие принципа Сен-Венана [6].

Ощутимое влияние ошибки сосредоточено в так называемой зоне чувствительности.

Последовательность действий по выделению фрагмента (узла):

- 1 - на расчетной схеме рассчитанного объекта выделить необходимый фрагмент;
- 2 - найти нагрузки на граничные узлы фрагмента;
- 3 - удалить из схемы все узлы за исключением граничных узлов фрагмента;
- 4 - запомнить конструкцию, состоящую только из этих узлов и нагрузок на них в виде отдельной схемы;
- 5 - на узлах новой схемы создать детальную расчетную модель фрагмента.

**Вывод.** Таким образом, расчетным путем подтверждается целесообразность применения пластин для моделирования кирпичной кладке с дальнейшей фрагментацией для детального исследования НДС.

1. ДБН В.1.1-12: 2006. Строительство в сейсмических районах Украины.- К.: Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины, 2006. – 92 с.
2. Учебно-методическое пособие «Основы сейсмостойкого строительства». - Алматы.: РГПКазНИИССА, 2004. – 60 с.
3. СНиП П-22-81\*. Каменные и армокаменные конструкции. ЦНИИСК. 1983.- 64 с.
4. Теплых А.В. Технологии построения расчетных моделей кирпичных зданий в системе Scad. Самара. [www.scadgroup.com/publications.shtml](http://www.scadgroup.com/publications.shtml).
5. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. ГОСТ 27751-88. М.: 1988. – 8 с.
6. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа.— Киев: Изд-во "Сталь", 2002. – 597 с.