

В.А.Банах, С.Ортис Родригес, Элойфи Мостафа

Запорожская государственная инженерная академия, г. Запорожье

## ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ПРОЕМОВ И ЭЛЕМЕНТОВ УСИЛЕНИЯ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ ПРИ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ

В статье анализируются результаты численных исследований напряженно-деформированного состояния наружных и внутренних несущих стен здания после его частичной реконструкции с устройством новых проемов во внутренних стенах и усилении простенков и существующих проемов в наружных стенах.

Возросшие в последнее время объемы реконструкции и перепланировки жилых зданий с изменением назначения эксплуатируемых помещений требуют взвешенного подхода к анализу напряженно-деформированного состояния (НДС) конструктивных элементов этих зданий, что значительно увеличивает требуемое количество расчетов. В случае влияния на здание неравномерных деформаций основания при сложных грунтовых условиях, требуются ответственные проектные решения, подкрепленные численными исследованиями изменения НДС несущих элементов здания при их реконструкции. При этом не всегда имеется возможность расчета всего здания по подробной пространственной модели, учитывая к тому же, что такие расчеты значительно увеличивают стоимость проектирования.

С целью упрощения выполняемых расчетов в Запорожской государственной инженерной академии (ЗГИА) проведены исследования и разработаны рекомендации по составлению упрощенных расчетных моделей бескаркасных зданий и их элементов. При этом исследовалось влияние принятых упрощений и изменения различных параметров расчетных моделей

на НДС несущих элементов так называемых «зданий-представителей», которые являются характерными зданиями по конструктивным характеристикам, времени строительства, условиям и особенностям эксплуатации среди наиболее распространенных серий или типов.

В качестве примера объекта исследований приведем пятиэтажный кирпичный жилой дом с конструктивными решениями, характерными для жилых зданий периода до массового полносборного строительства (рис.1).

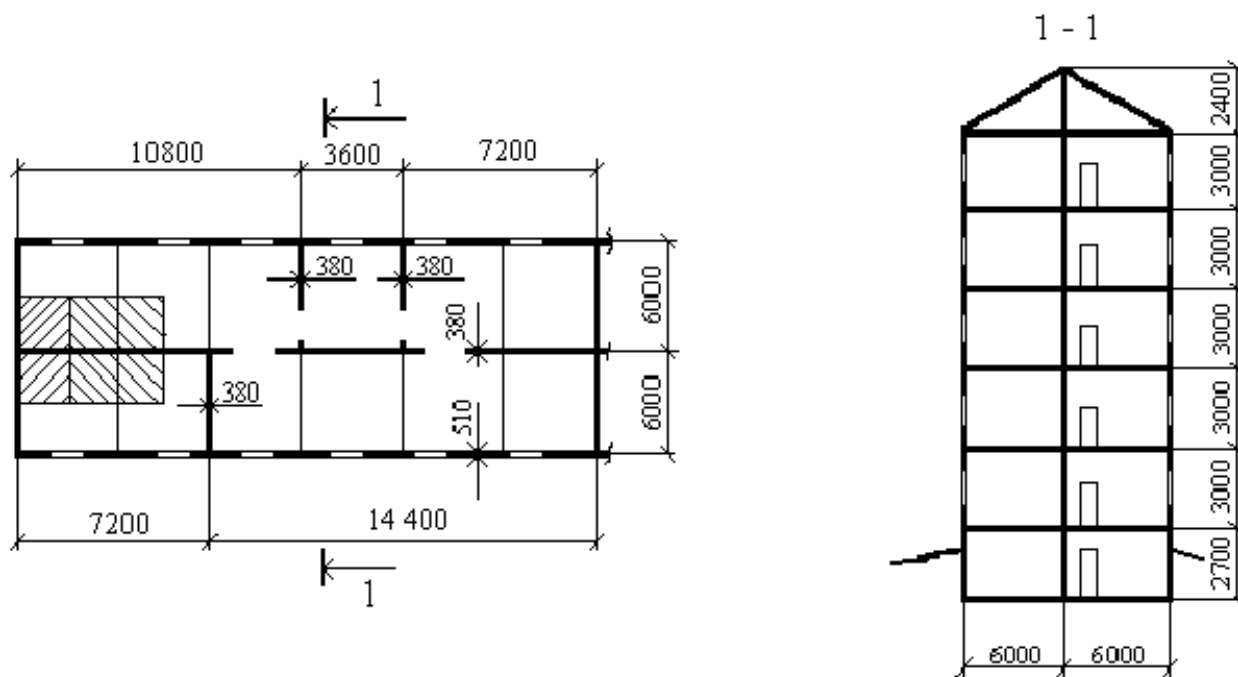


Рис. 1. Схема плана и разреза части здания-представителя

Для материала несущих стен данного здания-представителя значение модуля деформаций было принято равным 915 МПа, что соответствует его усредненному значению из полученных при обследованиях жилых домов этого типа. Расчеты выполнялись на сочетание нагрузок, включающее, в соответствии с Нормами, собственный вес элементов здания, полезную равномерно распределенную нагрузку и нагрузку от снега с соответствующими коэффициентами надежности по нагрузке. При этом постоянные нагрузки были приняты исходя из конструктивных решений, выявленных в процессе обследования жилых домов этого типа. Ветровая нагрузка учитывалась одновременно с двух сторон дома в виде активного и пассивного давления.

Численные исследования выполнялись программным комплексом «ЛИРА-Windows», реализующей МКЭ. В результате проведенных исследований было установлено влияние различных факторов (количества вышележащих этажей, учета поперечных стен, перекрытий, перемычек над проемами, размера используемых КЭ, продольного размера рассматриваемого фрагмента стены, элементов усиления, неравномерных осадок основания, дефектов несущих элементов) на получаемые в результате расчетов значения характеристик НДС перекрытий, наружных и внутренних стен.

Используя разработанную методику, в настоящее время выполняются обоснованные упрощенные расчеты элементов зданий при их реконструкции, усилении, пробивке новых проемов и заделке существовавших ранее. При этом расчеты выполняются в два этапа: до усиления – с учетом существующих дефектов (сквозные трещины в несущих элементах, сколы с площадью более 15% площади сечения элемента и т.п.), и после усиления – с учетом ликвидации дефектов (инъекцирование трещин вяжуще-клеевым составом, восстановление сколов).

В качестве примера рассмотрим влияние элементов усиления простенка с трещиной между обрамленными жестким контуром проемами первого этажа на НДС наружной стены здания. Трещина моделировалась исключением конечных элементов (рис.2).

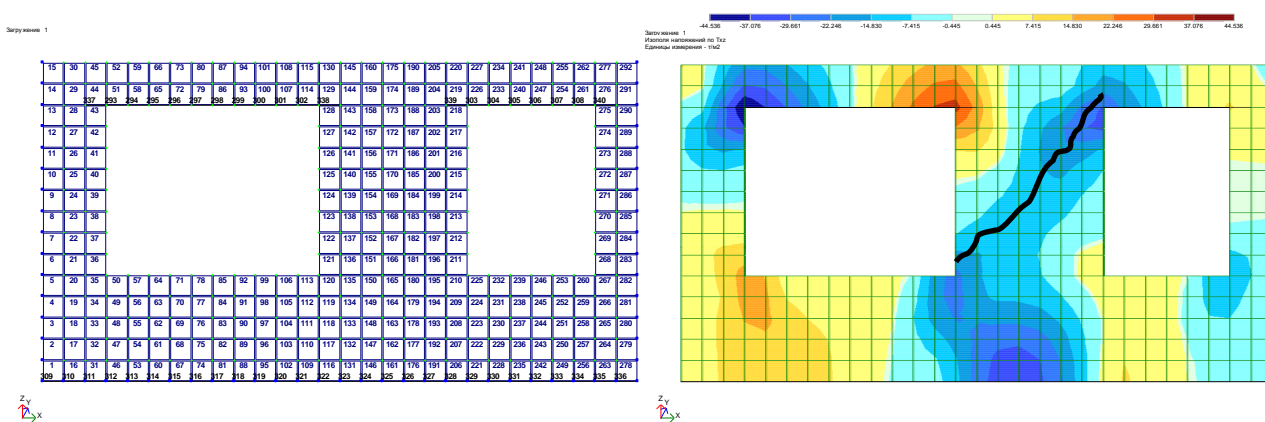


Рис. 2. Расчетная схема и НДС стены до усиления

При анализе результатов расчетов было установлено, что подавляющее большинство КЭ испытывают сжимающие напряжения. При этом максимальные значения отмечены у нормальных напряжений по направлению вертикальной оси, и в большинстве КЭ они значительно превышают значения других напряжений. Кроме того, установлено, что наступление предельного состояния в некоторых элементах стены при реконструкции было вызвано превышением предельных значений напряжениями сжатия. Расположение же максимальных сдвигающих усилий при учете деформаций основания совпадают с расположением трещины в простенке, что говорит об адекватности используемой расчетной модели.

При введении в расчетную модель элементов усиления и увеличении проема изменяется характер распределения НДС стены, причем усилия в кирпичной кладке простенка уменьшаются в 2.2...2.8 раза (рис. 3).

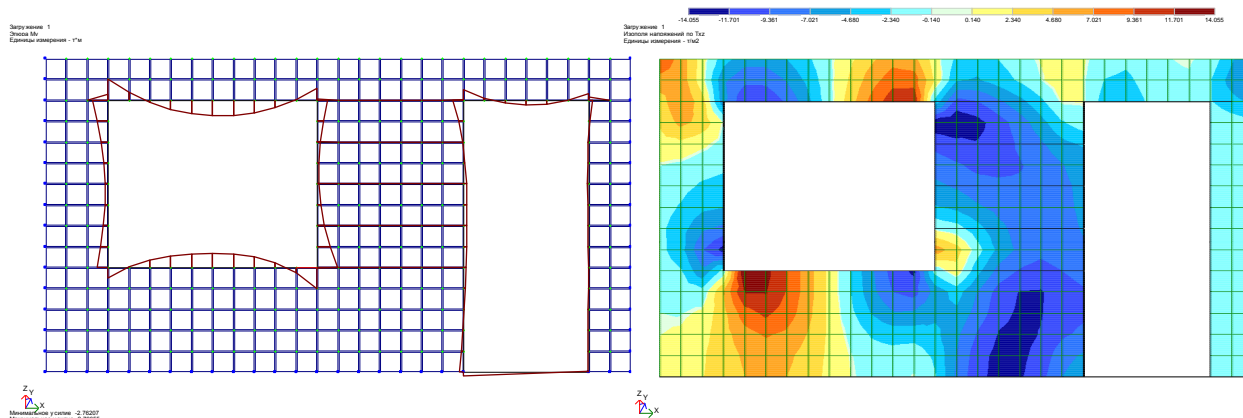


Рис. 3. Усилия в элементах усиления и НДС стены после усиления

Аналогичные расчеты были выполнены при устройстве нового проема во внутренней стене первого этажа той же части здания. При этом стена усилена арочным элементом над проемом. НДС внутренней стены до устройства проема характеризовалось в основном сжимающими напряжениями, далекими от предельных значений для кирпичной кладки. После устройства проема характер распределения НДС стены изменился, появились напряжения сжатия в месте крепления к стене арочного элемента усиления (рис.4).

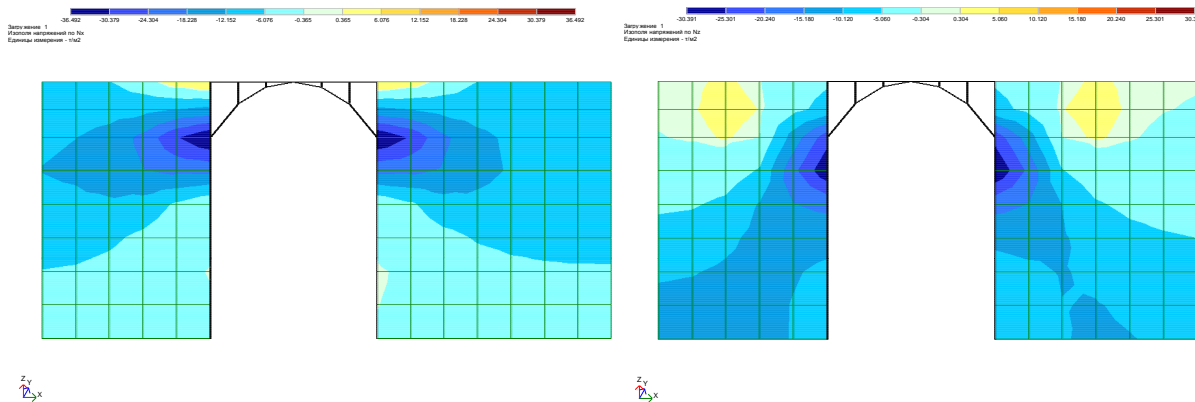


Рис. 4. НДС внутренней стены после устройства проема

Для определения фактических деформаций элементов стены, вызванных увеличением проема в наружной стене и устройством проема во внутренней, и сопоставления их с расчетными значениями, полученными в соответствии с предлагаемой методикой, были проведены натурные эксперименты и дополнительные сопоставительные расчеты. У вертикальных граней предполагаемых проемов были установлены пары уголков, заанкеренные в предварительно высверленных отверстиях, среднее расстояние между которыми 400 мм. Измерения деформаций проводились стандартными переносными индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм и пределом измерений 0...4 мм, соответствующими требованиям ГОСТ 9696-82. За начальные отсчеты принимались расстояния между уголками, замеренные до расширения проема, а за конечные – расстояния между уголками, замеренные через 14 дней после расширения проема, после стабилизации деформаций. При этом с помощью компаратора учитывалось влияние температурных деформаций.

Величина отклонения относительно расчетных значений составила от 11.5 до 17.6 %. Максимальные отклонения в диапазоне от 15.7 до 17.6 % отмечены в результате исследований, проводимых при устройстве нового проема во внутренней стене. При анализе результатов расчетов были установлены напряжения сжатия вдоль вертикальной оси некоторых участков стены, примыкающих к предполагаемому проему. Эти напряжения превысили предельно допустимые значения, что вызвало необходимость

усиления стены металлическими элементами. При этом дополнительно был выполнен расчет с включением в расчетную схему стены элементов усиления. Максимальное отклонение между значениями относительных деформаций, полученными в результате расчета по предлагаемой методике, и экспериментальными значениями, составило 17,6 % при среднем отклонении по всем измерениям 11,2 %.

Расчетные значения относительных деформаций в тех же КЭ стены во всех случаях превышают значения, полученные в результате натуральных экспериментов. Эти отклонения, очевидно, вызваны завышением расчетных значений полезной равномерно распределенной нагрузки, принятой по нормам, явно превышающей фактические значения. Кроме того, при усилении стены возможно дополнительное расхождение за счет несоответствия фактического и расчетного влияния элементов усиления на изменение НДС стены.

Обобщая результаты приведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. При выполнении реконструкции зданий с изменением конструктивных характеристик и назначения помещений, особенно в условиях неравномерных деформаций основания, необходим подробный расчет для определения достоверного НДС элементов здания после реконструкции.
2. Учитывая сложность пространственных расчетов, целесообразно проведение численных исследований на расчетных моделях так называемых «зданий-представителей» типовых серий или групп сооружений с целью последующего упрощения расчетных моделей для инженерных расчетов.
3. Использование предлагаемой методики позволяет при меньших затратах на подготовку и расчет моделей получить достоверную картину НДС элементов зданий при их реконструкции.