

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

Запорожская государственная инженерная академия, г. Запорожье

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ ПРИ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ

В статье рассматриваются результаты обследования и численного эксперимента по определению напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов бескаркасного здания после его частичной реконструкции и ремонта, возможность прогнозирования дальнейшей работы зданий и сооружений, эксплуатируемых в сложных грунтовых условиях. Анализируются расчетные модели взаимодействия зданий с неравномерно деформируемыми основаниями.

Численный эксперимент состоял в оценке и анализе напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций бескаркасного здания, испытывающего воздействие неравномерно деформируемого основания. Были проведены работы по обследованию технического состояния здания общежития Гидроэнергетического техникума Запорожской государственной инженерной академии (ГЭТ ЗГИА).

Цель работы состояла в том, чтобы на основании проведенных работ по обмерам и обследованию, анализа инженерно-геологических условий площадки, фактического высотного положения строительных конструкций и проверочных расчетов, определить НДС конструкций и элементов здания, проанализировать техническое состояние и несущую способность строительных конструкций здания общежития ГЭТ ЗГИА и сопоставить эти данные на предмет соответствия расчетной модели физическому объекту, а также составить прогноз изменения НДС элементов здания в случае дальнейшего развития просадочных деформаций.

Для достижения этой цели были выполнены следующие работы:

- проанализированы инженерно-геологические условия площадки;

- обследованы несущие и ограждающие конструкции здания;
- выполнены прочностные расчеты с учетом перепланировки помещений в результате реконструкции;
- определена надежность основных несущих конструкций;
- произведено сопоставление результатов прочностных расчетов с фактическим НДС конструкций здания;
- выполнены прочностные расчеты на прогнозируемые осадки основания здания.

При этом использованы материалы проектной документации по реконструкции здания общежития, обследования состояния основания и заключения о результатах закрепления грунтов.

Здание общежития – пятиэтажное, бескаркасное, кирпичное, с продольными несущими стенами, построено в 1967 году по типовому проекту I-300-II Главстройпроекта, прямоугольное в плане, с размерами в осях 71.9 x 12.6 м. Здание имеет температурный шов, разделяющий левое (восточное) крыло здания длиной 19.9 м (в осях) и правое – 51.8 м (рис. 1). Здание эксплуатируется с 1967 года.

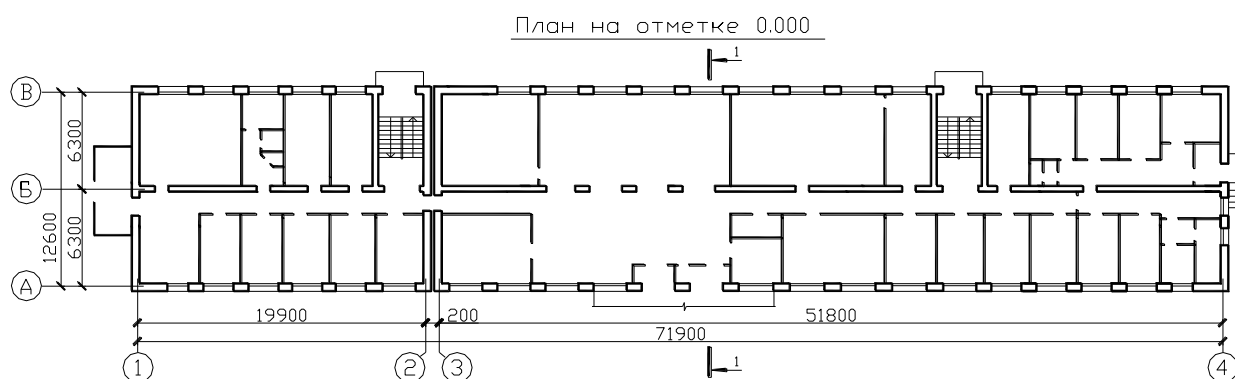


Рис. 1.

При реконструкции здания по проекту специального конструкторского бюро «Запорожгидросталь» в 1990 году была произведена перепланировка внутренних помещений. За период эксплуатации здание подвергалось деформационным воздействиям просадочных грунтов основания, что привело к повреждениям стен и перегородок, раскрытию температурного шва и крену части здания. В связи с этим были проведены инженерно-

геологические изыскания на площадке застройки с определением физических и механических свойств грунтов основания и выбран способ закрепления основания. В 1993 г. проведено закрепление грунтов электротермическим способом под частью здания в осях 1...2, получившей крен.

Для определения деформированного состояния здания проведено определение высотного положения фундаментов здания методом нивелирования по фиксированным точкам здания.

Наибольшие относительные осадки имеют место по торцевым сторонам здания и составляют по оси 1 – 195...345 мм, по оси 4 – 252...364 мм. По характеру деформирования в продольном направлении здание получило выгиб с максимальной стрелой выгиба по ряду А – 223.5 мм, по ряду В – 212.5 мм (соответственно, относительные выгибы – 0.0031 по ряду А и 0.0029 по ряду В, что в 3.1...2.9 раза превышает предельно допустимое нормами значение 0.001).

Наибольшего значения неравномерность осадок соседних фундаментов достигает по ряду В в осях 1...2 и составляет 0.0132. По относительной неравномерности осадок соседних фундаментов полученные значения превышают предельно допускаемые нормами 0.002 в 1.35...6.60 раза в более чем 63% от общего количества измеренных точек.

В поперечном направлении здание получило неравномерные осадки от 0.006 до 0.0119, что в 3...5.95 раза превышает значения, допускаемые нормами.

Ширина раскрытия трещин составляет в фундаменте по ряду А 80...130 мм, в фундаменте по ряду Б – 7...60 мм (см. рис. 3). Развитие трещин – снизу вверх, что подтверждает деформирование здания в продольном направлении по форме «выгиб». Такое деформирование привело к раскрытию температурного шва снизу вверх по всем продольным стенам здания. Ширина раскрытия составила: на отметке ± 0.000 м – 4...6 см, у парапетных плит – ~ 60...80 см (рис. 2).



Рис. 2.

Основным видом повреждений в наружных стенах является образование вертикальных и наклонных трещин шириной раскрытия 1...10 мм (рис. 3).



Рис. 3.

Учитывая, что в результате неравномерных осадок фундаментов, вызванных просадкой грунтов основания, здание получило деформации в виде выгиба и крена, были произведены проверочные расчеты для выявления НДС основных конструктивных элементов.

Для выяснения текущего напряженно-деформированного состояния конструкций здания выполнен расчет пространственной модели здания на

воздействие просадочных деформаций. При этом с максимальной подробностью учитывалась как конструктивная схема здания (физико-механические характеристики материалов конструкций, сопряжение элементов, проемы в несущих стенах, наличие температурного шва и т.п.), так и силовые и деформационные воздействия на здание.

Расчет выполнен с использованием программного комплекса «ЛИРА-Windows» версии 5.03. Расчетная модель здания составлена из конечных элементов размером 0.5×0.5 м. Из-за большой размерности задачи использован суперэлементный подход метода конечных элементов. В суперэлементы объединены блоки конечных элементов размером 3.0×3.0 м, использовано 22 вида суперэлементов. Расчетная модель здания общежития приведена на рис. 4.

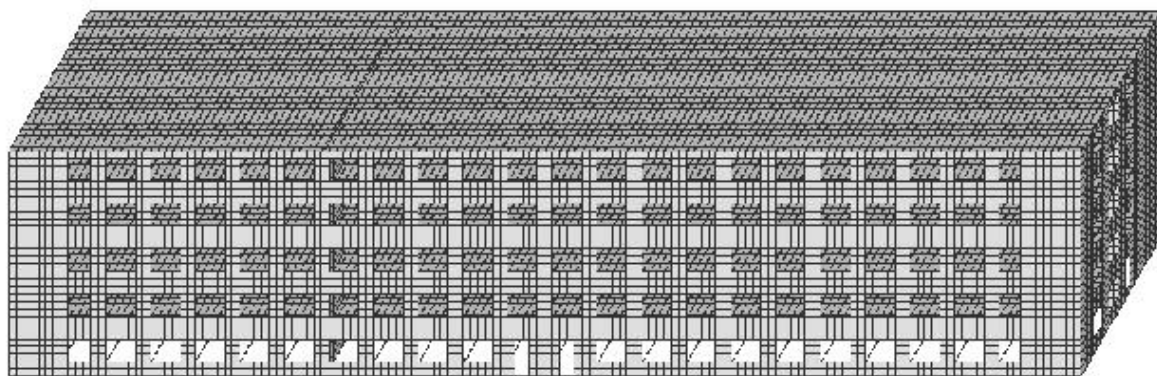


Рис. 4.

Осадки основания моделировались смещениями фиксированных точек низа расчетной модели в соответствии с результатами нивелирования цоколя здания. В результате анализа результатов расчета, полученных для наружных стен, выявлены зоны максимальных напряжений, которые совпали с зонами максимальных деформаций в кирпичных стенах здания (см. рис. 5), что говорит о правильности выбранной расчетной модели и ее адекватности реальному объекту. На рисунках видно, что наиболее нагруженными являются участки стен около температурного шва, участок с заложённым окном, участок верха стены, а также угловые участки проемов и простенки в зонах лестничных клеток. Усилия в этих элементах кирпичной стены

достигают 1700 т/м^2 , что превышает несущую способность кирпичной кладки и, соответственно, вызывает их разрушение. Во внутренней несущей стене усилия меньше опасного предела за исключением зон, примыкающих к температурному шву и лестничным клеткам.

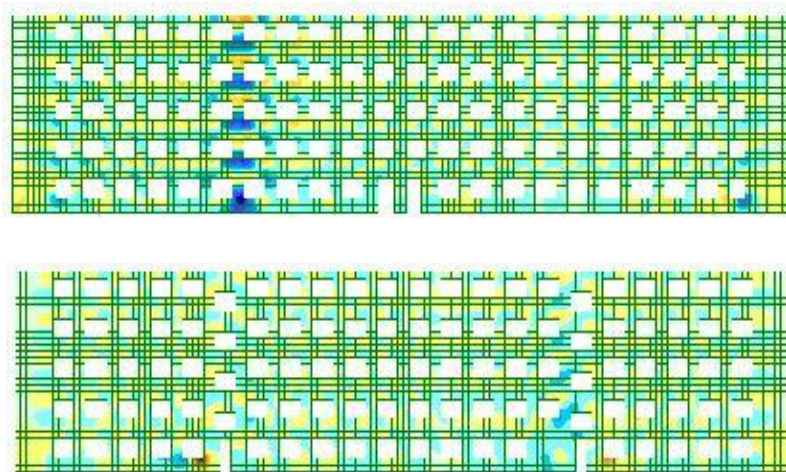


Рис. 5.

Кроме расчета здания на фактические осадки, выполнен расчет на ожидаемые просадочные деформации, определенные ранее, в предположении дальнейшего развития выявленных просадочных воронок.

Как показывают результаты расчета, в случае дальнейшего нарастания просадочных деформаций, с учетом расположения образовавшихся воронок, можно прогнозировать образование сквозных трещин в простенках, нарастания ширины их раскрытия, а при дальнейшем увеличении выгиба и крена здания – возможное разрушение простенков первого этажа у лестничных маршей, карниза у температурного шва, а также угловых участков проемов первого этажа в торцевых стенах.

Таким образом, результаты подробного обследования зданий и сооружений могут служить основой для формирования адекватных расчетных моделей и постановки численных экспериментов. При этом критерием адекватности расчетной модели является совпадение картины НДС реального объекта и полученной в результате расчета. Проведение численных экспериментов, базирующихся на подробных пространственных расчетных моделях зданий и сооружений, дает возможность не только определить фактическое НДС конструкций, но и составить прогноз его изменения при дальнейшей эксплуатации или при реконструкции.