

УДК 69.059.38

*Галушко В.А., д.т.н., доц.,
Кирилюк С.В., к.т.н., асс.,
ОГАСА, г. Одесса'
Уваров Д.Ю., Уварова А.С.
г. Запорожье «Инженерно-
строительное предприятие «ФОРТ»*

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ АВАРИЙНОГО ЗДАНИЯ 9-ЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА

В статье рассмотрена история эксплуатации и выявлены деформации жилого 9-этажного кирпичного здания в г. Одессе. Здание состоит из четырех секций, высота этажа: 2,8 м, толщина стен – 510 мм, число квартир: 216. Описаны: условия эксплуатации и методы исследования - визуальный метод и обследование с испытанием кирпичной кладки. Оценена возможность возникновения перегрузок на различных участках, выявлены явные проблемы с разрушающим воздействием и сделан ряд других выводов. Приведены результаты обследования здания и показаны дефекты, возникшие в процессе эксплуатации. Выполнены испытания образцов из кирпича здания и приведены их результаты. В частности, получены результаты испытания по определению пустотности, наличия высолов, прочности на сжатие и на изгиб. Результаты испытаний удовлетворительные.

Ключевые слова: состояние здания, методы исследования, обследования, техническая диагностика, техническая прогностика, технической генетика

Актуальность выбранной темы. В современных условиях проведение обследований аварийных зданий довольно частое явление. Это связано в первую очередь с высокой степенью износа зданий или ошибками в процессе проектирования, строительства, эксплуатации. Нарушения в процессе эксплуатации могут привести к деформации здания или сооружения,

которые могут повлечь за собой аварийную ситуацию.

При выборе метода обследования необходимо обращать внимание на внутреннее и наружное состояние здания, его конструктивную особенность.

Существуют следующие методы при обследовании зданий: визуальный; акустический; ультразвуковой; электромагнитный; радиометрический; электрооптический; метод отрыва со скалыванием и метод сдавливания; метод пластической деформации; пневматический метод; тепловизионный метод; нивелирование, теодолитная съемка и фотограмметрия.

У каждого из этих методов имеется своя область применения.

Последние исследования. Обследованием зданий занимались многие ученые и специалисты. Это Осипов А.Ф., Гладун И.Т., Тугай Я.Б., Черненко В.К., Жван В.Д., Баранов П. Ю., Гончаренко Д.Ф., Гилодо А. Ю., Гудков Б.П., Кукунаев В.С., Овечкина Л.М., Черкашин А.В. Шокорев В. и др.

Решение проблемы. До проведения самого обследования здания необходимо ознакомиться с условиями его эксплуатации и выбрать эффективный метод. В существующих рекомендациях и нормативных документах отсутствуют указания по выбору методов обследования для конструктивных зданий. Поэтому из известных методов при проведении обследования здания необходимо выбрать эффективный, который не причинит дополнительных разрушений.

Цель работы – используя общеизвестные методы, выбрать наиболее эффективный.

Для решения поставленной проблемы решаем следующие задачи:

- ✓ изучить историю здания;
- ✓ провести визуальное обследование;
- ✓ применить наиболее эффективный метод при обследовании здания.

В качестве примера представлено жилое 9-этажное кирпичное здание в г. Одессе. Количество этажей 9, высота этажа: 2,8 м, толщина стен – 510 мм,

число квартир: 216. Здание состоит из четырех секций. На рис. 1 представлен ситуационный план расположения жилого дома по ул. Балковской, 35. Здание было построено в конце 80-х годов. Протечка труб в подвале и постоянная влажность основания привели к тому, что в одной из секций образовалась щель 15 см, а в трех остальных появились трещины как внутри квартир, так и снаружи по кирпичной кладке.

На рис. 2 представлены фрагменты трещин по наружной и внутренней стенам здания.

Обследуемое здание относится к первой группе по капитальности («Особо капитальное»), нормативной долговечностью – 150 лет. Обследуемый объект был сдан в эксплуатацию в 1989 г. Здание находится в периоде нормальной эксплуатации. Судя по внешнему осмотру, сооружение возведено без видимых признаков ошибок в проектировании и строительстве.

Обследуемый жилой дом к настоящему времени должен был пройти 5 циклов текущих ремонтных мероприятий с

обязательным повышением влагостойкости фасадов, ревизией и ремонтом стенового ограждения, косметическим ремонтом подъездов, ремонтом плоского индустриального покрытия.

В 2014 г. должен был пройти полный капитальный ремонт в составе следующих мероприятий: смена всех инженерных коммуникаций, восстановление отмостки, смена всех оконных и дверных заполнений, усиление балконов и козырьков.

Вместо этого, средствами жильцов была заменена кровля, частичное утепление фасада, замена двигателя лифта и восстановление лестничных маршей.

В ходе текущих ремонтных мероприятий было выполнено:

- ✓ заделку трещин, окраска стен лестничной клетки;
- ✓ ремонт лестничных ограждений;
- ✓ побелку потолков.

Таким образом, можно сделать вывод, что сооружение эксплуатируется со значительными отступлениями от нормативных требований.



Рис. 1 Ситуационный план расположения здания



Рис. 2. Фотофрагменты состояния наружной и внутренних стен

Для определения состояния конструкций были применены следующие методы – визуальный и обследование с испытанием кирпичной кладки. С этой целью вырезался образец для испытаний, толщина которого составляла 510 мм.

Визуальный метод состоял из выявления явных дефектов, выяснения тех или иных факторов, которые нарушались в процессе эксплуатации здания. Метод позволил оценить возможность возникновения перегрузок на различных участках, выявить явные проблемы с воздействием на разрушающие свойства грунта и сделать ряд других выводов. Постоянные протечки в трубах размягчали грунт, что привело в конечном счете к деформации здания. На рис. 3 представлен план расположения труб в подвале.

Визуальный метод решал три типа задач определения технического состояния здания. Первый тип – техническое состояние здания в настоящий момент (задача диагностирования). Второй тип – предсказание технического состояния, в котором окажется здание в будущем

времени (задача прогнозирования). Третий тип – технического состояния здания в прошлом (задачи генеза). Задачи первого типа относят к *технической диагностике*, второго – к *технической прогностике*, а третьего – к *технической генетике* [2, 3].

Таким образом было оценено состояние здания, представлены рекомендации и мероприятия для дальнейшей безопасной эксплуатации.

Обследование кирпичной кладки с испытанием образцов. С этой целью вырезались образцы для испытаний, толщина которых составляла 510 мм. (рис. 4). Протечка труб в подвале и постоянная влажность основания привели к тому, что в одной из секций образовалась щель 15 см, а в трех остальных появились трещины как внутри квартир, так и снаружи по кирпичной кладке.

Одним из показателей обследования вырезанного образца кирпичной кладки является пустотность.

Пустотность изделий определялась, как отношение объема песка, заполняющего пустоты изделия, к объему изделия.

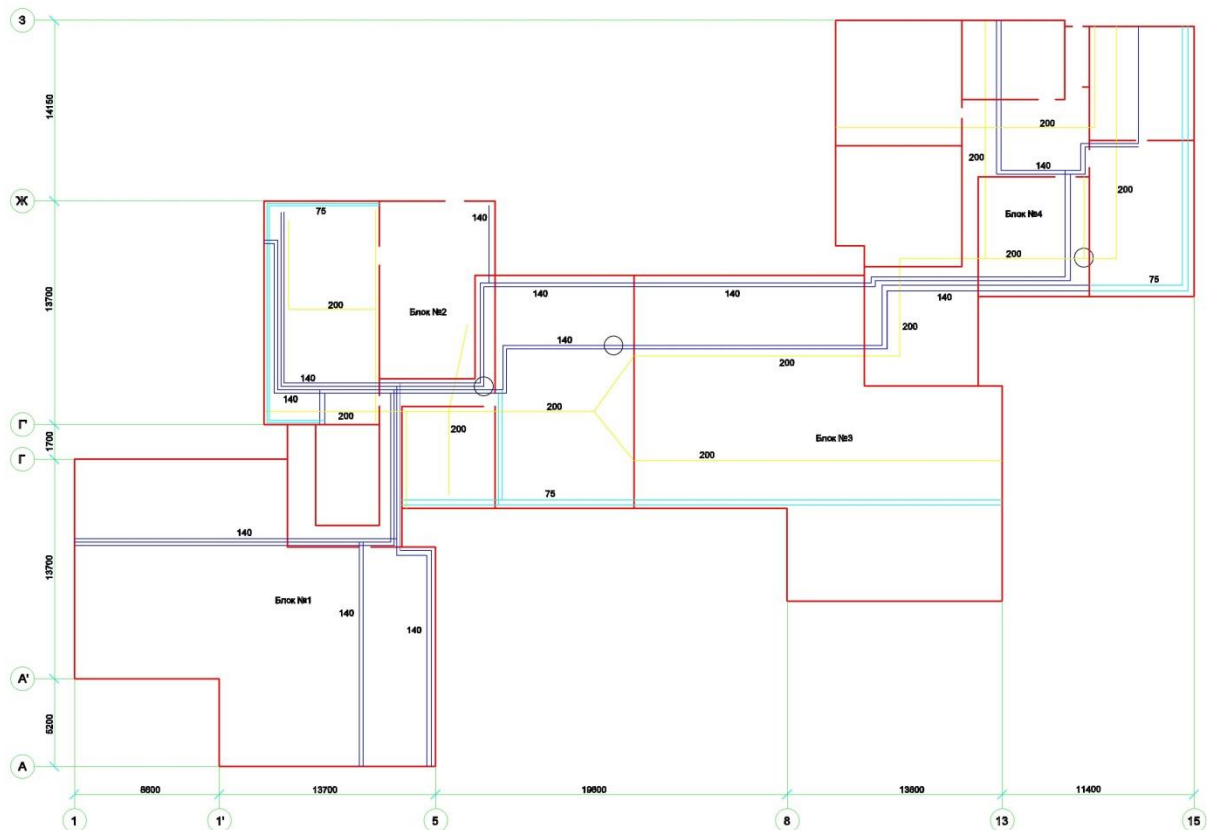


Рис. 3. План расположения водопроводных и канализационных труб



Рис. 4 Фотофрагмент процесса вырезания образца в кирпичной стене жилого здания

Пустотность изделия P , %, вычислялась по формуле:

$$P = \frac{V_{\text{пес}}}{l \cdot d \cdot h} \cdot 100, \quad (1)$$

где $V_{\text{пес}}$ – объем песка, мм³;
 l – длина изделия, мм;
 d – ширина изделия, мм;
 h – толщина изделия, мм.

Скорость начальной абсорбции рассчитывалась по формуле:

$$C_{\text{абс}} = \frac{m_2 - m_1}{S \cdot t} \cdot 10^3, \quad (2)$$

где $C_{\text{абс}}$ – скорость начальной абсорбции воды, кг/(м²·мин.);
 m_1 – масса сухого образца, г;
 m_2 – масса образца после погружения, г;
 S – площадь погружаемой поверхности, мм²;
 t – время выдерживания образца в воде (постоянная величина $t = 1$ мин).

Далее определялось наличие высолов. Для определения наличия высолов половинку образца погружали отбитым торцом в емкость, заполненную дистиллированной водой, на глубину 1 – 2 см и выдерживали в течение 7 сут. (уровень воды в лотке поддерживали

постоянным). По истечении 7 сут. образцы высушивали в сушильном шкафу при температуре $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы, а затем сравнивали со второй частью образца, не подвергавшейся испытанию.

Подготовленные образцы испытывали в воздушно-сухом состоянии. Испытываемый образец состоял: из двух целых кирпичей, уложенных постелями друг на друга.

Подготовку опорных поверхностей изделий для приемосдаточных испытаний производили шлифованием. Так как образец выполнен из кирпича, применяли выравнивание цементным раствором, приготовленным по 2.6 ДСТУ Б В.2.7-248:2011. Допускается при проведении приемо-сдаточного испытания применение иного способа выравнивания опорных поверхностей образцов.

Отклонение от плоскостности опорных поверхностей испытываемого образца не превышал 0,1 мм на каждые 100 мм длины. Непараллельность опорных поверхностей испытываемого образца (разность значений высоты измеряли по четырем вертикальным ребрам) – не более 2 мм.

Испытуемый образец измеряли по средним линиям опорных поверхностей с погрешностью до ± 1 мм.

На боковые поверхности образца наносили осевые линии.

Образец устанавливали в центре машины для испытаний на сжатие, совмещая геометрические оси образца и плиты, и прижимали верхней плитой машины (рис. 5).



Рис. 5 Фотофрагмент проведения испытания образца на сжатие

При испытаниях нагрузка на образец возрастала следующим образом: до достижения примерно половины ожидаемого значения разрушающей нагрузки – произвольно, затем поддерживали такую скорость нагружения, чтобы разрушение образца произошло не ранее чем через 1 мин. Значение разрушающей нагрузки регистрировали.

Предел прочности при сжатии изделий $R_{сж}$, МПа (кгс/см²) вычисляли по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (3)$$

где P – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, Н (кгс);

F – площадь поперечного сечения образца (без вычета площади пустот) вычисляли как среднеарифметическое значение площадей верхней и нижней поверхностей, мм² (см²).

Испытания образцов по определению предела прочности на сжатие и изгиб проводились на прессе ИП-М и ИП-М-авто на сжатие и изгиб по ДСТУ Б В.2.7-248:2011, ДСТУ Б В.2.7-61:2008.

Оборудование состояло из 2-х сборных узлов: основания с двумя опорами и плиты с роликом. При перемещении нижних опор относительно неподвижного ножа происходило приложение нагрузки к кирпичу (табл. 1, рис. 6).

Полученные результаты заносили в таблицу 2.

Определили предел прочности образца кирпичной кладки при изгибе. Образец кирпичной кладки выдерживали в

воде не менее 5 мин, а затем на его постели наносили полоски из цементного раствора шириной 2–3 см, одну посередине верхней постели поперек ее и две по краям нижней постели, также поперек нее. Порядок нанесения и выравнивания полосок из цементного или гипсового раствора аналогичен описанному выше при подготовке кирпича к испытанию на сжатие.

Нагружали образец равномерно и непрерывно со скоростью, обеспечивающей разрушение образца не ранее чем через 20 с после начала испытания.

Таблица 1

Технические характеристики прессы на сжатие и изгиб

Расстояние между опорами, мм	200
Ширина опорных роликов, мм	200
Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм	360 x 205 x 135
Масса, кг, не более	33

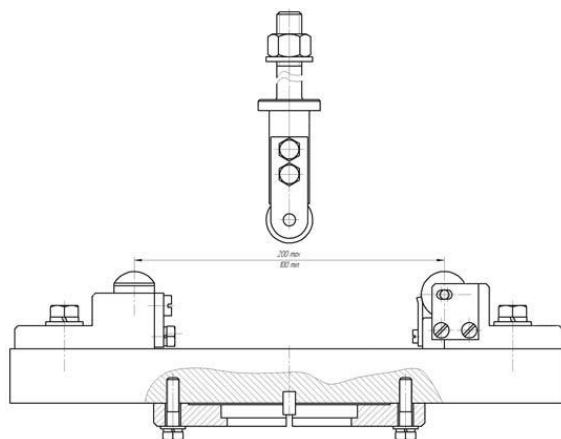


Рис. 6. Схема испытания восстановленного кирпича на изгиб

Таблица 2

Экспериментальные данные образцов по определению пределов прочности при сжатии и изгибе

№ п/п	Показатели	Номер образца				
		1	2	3	4	5
1	Размеры образца, см					
	– длина	50	50	50	50	50
	– ширина	25	25	25	25	25
	– толщина	12	25	38	51	64
2	Площадь поперечного сечения (F), см ²	300	625	950	1275	1600
3	Предел прочности при сжатии ($R_{сж}$), МПа (кгс/см ²)	5,47 (54,7)	15,86 (158,6)	24,5 (245)	36,43 (364,3)	46,9 (469)
4	Предел прочности при изгибе ($R_{изг}$), МПа (кгс/см ²)	1,15 (11,5)	3,33 (33,3)	5,15 (51,5)	7,65 (76,5)	9,85 (98,5)

Предел прочности при изгибе вычисляют по формуле:

$$R_{изг} = 3Pl/2bh^2, \quad (4)$$

где P – наибольшая нагрузка, достигнутая при испытании образца, Н
 l – расстояние между осями опор, м;
 b – ширина образца, м;
 h – высота образца посередине пролета без выравнивающего слоя, м.

Выводы:

1. В ходе проведения обследования была изучена история строительства и эксплуатации здания, которая позволила выявить причины появления деформации.

2. Рассмотрены методы обследования зданий, определена область применения, на основании которой выбран был эффективный метод.

3. На основе визуального метода были представлены результаты состояния, обследуемого жилого 9-этажного кирпичного здания, а также показаны дефекты, возникшие в процессе эксплуатации.

4. Испытания образцов, выполненных из кирпича, на сжатие колеблется в пределах 5,47 – 46,9 МПа и изгиб – в пределах 1,15 – 9,85 МПа, показали допустимые результаты материала, который пригоден к эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Технические средства диагностирования: Справочник/ В.В. Ключев, П.П. Пархоменко, В.Е. Абрамчук и др. – М.: Машиностроение, 1989.

2. Техническое обследование и ремонт зданий. Под общ. ред. В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.

3. Физдель И.А. Дефекты в конструкциях, сооружениях и методы их устранения. – М.: Стройиздат, 1978. 161 с.

4. Физдель Н.А. Дефекты в конструкциях, сооружениях и методы их устранения. М.: Стройиздат, 1987. - 336 с.

5. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений: Справочное пособие/ Под ред. М.Д. Бойко. – М.: Стройиздат, 1993. – 208 с.

6. ДБН В.2.6-162:2010. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. – К.: НДІБК, 2011. – 97 с.

7. ДБН В.1.1-1-94. Захист від небезпечних геологічних процесів. Проектування і будівництво цивільних будівель із блоків і каменів. – К.: Держкоммістобудування України, 1995. – 35 с.

8. ДСТУ Б В.2.7-248:2011. Матеріали стінові. Методи визначення границь міцності при стиску і згині. – К.: НДІБК, 2012. – 12 с.

9. ДСТУ Б В.2.7-61:2008. Цегла та камені керамічні рядові та лицьові. Технічні умови. – К.: НДІБМВ, 2009. – 32 с.

REFERENCES:

1. Technical means of diagnosis: Handbook & V. Klyuev, P. Parkhomenko, V. Abramchuk & et al. (1989) - M.: Mechanical Engineering, 1989.

2. Technical inspection and repair of buildings. Under the general editorship of & V. Klyuev. (1989). - Moscow: Mechanical Engineering, 1989. - 672 p.

3. Fizdel I. (1978). Defects in constructions, structures and methods for their elimination. - Moscow: Stroyizdat, 1978. 161 p.

4. Fizdel N. (1987). Defects in constructions, structures and methods for their elimination. Moscow: Stroyizdat, 1987. - 336 p.

5. Maintenance and repair of buildings and constructions: Handbook /Ed. M. Boyko. (1993). - Moscow: Stroyizdat, 1993. – 208 p.

6. DBN B.2.6-162: 2010. Stone structures and reinforcement structures. Substantive provisions. - K.: NIISK, 2011. - 97 p.

7. DBN B.1.1-1-94. Protection from dangerous geological processes. Design and construction of civil buildings with blocks and stones. - K.: State Committee of Ukraine, 1995. - 35 p.

8. DSTU B B.2.7-248 ISO: 2011. Walling. Methods for determining the boundaries of compressive strength and bending. - K.: NIISK, 2012. - 12 p.

9. DSTU B B.2.7-61 ISO: 2008. Brick and ceramic stone facial and ordinary. Specifications. - K.: NDIBMV, 2009. - 32 p.