

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПАМЯТНИКА АРХИТЕКТУРЫ

**И.И.Гладких, В.В.Наконечный, А.Н.Нахмуrow,  
К.В.Пинул, Р.Г.Юрковский**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
г. Одесса*

### **Постановка проблемы и ее связь с практическими задачами**

Здание кирхи (Лютеранской церкви) постройки 1897г. в г. Одессе расположено в центральной и наиболее высокой части города на месте примыкания ул. Дворянской к ул. Новосельского (рис.1-3).

В 1957-1970 гг. здание кирхи было передано на баланс Одесского электротехнического института и использовалось под спортивный зал и складские помещения с соответствующей перепланировкой и пристройками.

С начала 60-х годов прошлого столетия наблюдаются разрушительные деформации в направлении продольных осей здания. В перемычках под оконными и дверными проемами продольных стен образовались сквозные трещины шириной раскрытия до 20 см, вызвавшие вывалы кирпича, блоков камня и смещения кладки. В 1976г. пожар полностью уничтожил все деревянные элементы здания. Уцелевшие от разрушения и пожара части здания находятся в аварийном состоянии.

В настоящее время здание кирхи передано Лютеранской общине для восстановления его и последующего использования в культовых целях.

### **Анализ последних исследований и публикаций**

В 1971г. Госстрой УССР предпринял неотложные меры по восстановлению здания кирхи. Была прекращена нецелевая эксплуатация здания, разобраны пристройки, отключены инженерные коммуникации. В 1971-1975 гг. Одесским филиалом УкрГИИИИТИЗа выполнены архитектурно-обмерные и геологические изыскательские работы. Составлены проекты первоочередных противоаварийных работ. К этому времени относится и стяжка продольных стен профилем металлическим межярусным поясом.

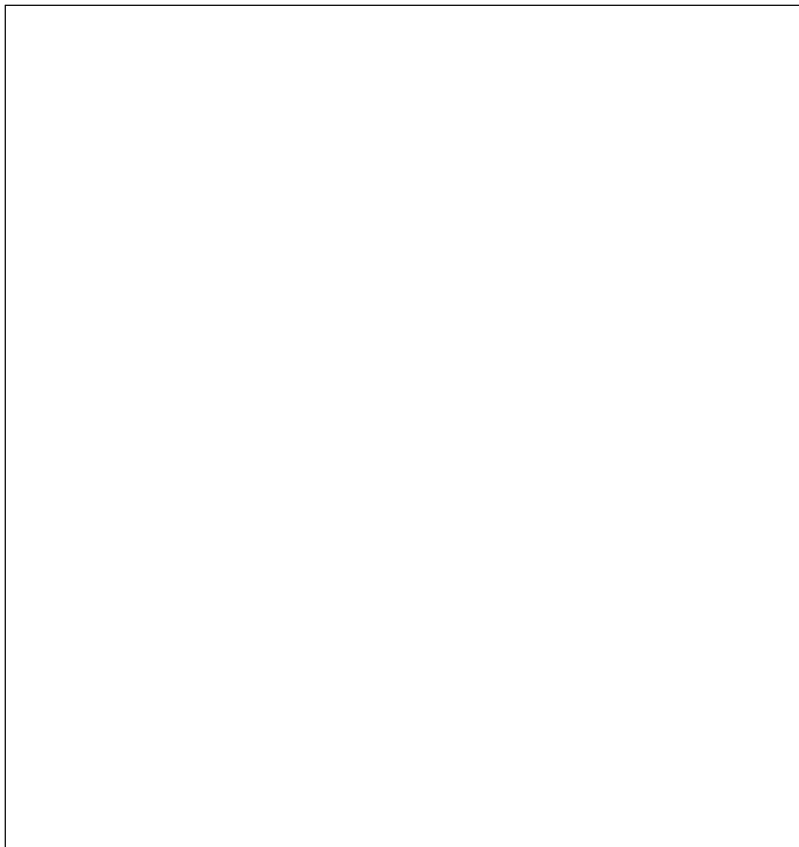


Рис.1 Главный фасад здания кирхи

Анализ отчетов [1,2] показывает отсутствие применения инструментальных геодезических методов для объективной оценки состояния здания.

#### **Постановка задачи**

Работы по реконструкции, начавшиеся в 1974г., были приостановлены после пожара, и с тех пор здание кирхи продолжает находиться в аварийном состоянии.

Проект мероприятий по восстановлению и реконструкции здания кирхи потребовал пространственно-временной оценки деформаций сохранившихся строительных конструкций здания, которая и была выполнена Одесской государственной академией строительства и архитектуры.

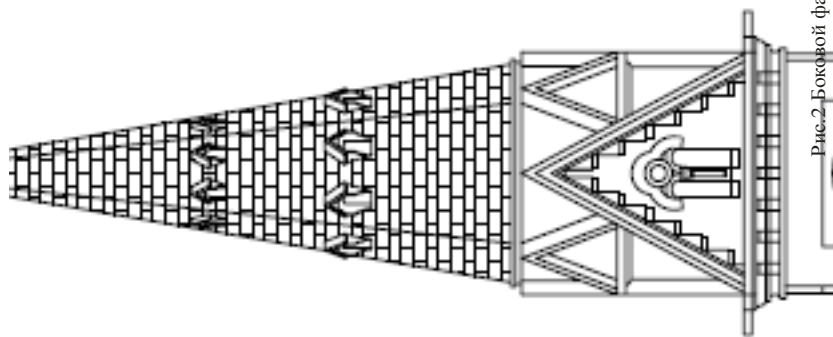


Рис.2 Боковой фасад здания кирпичи

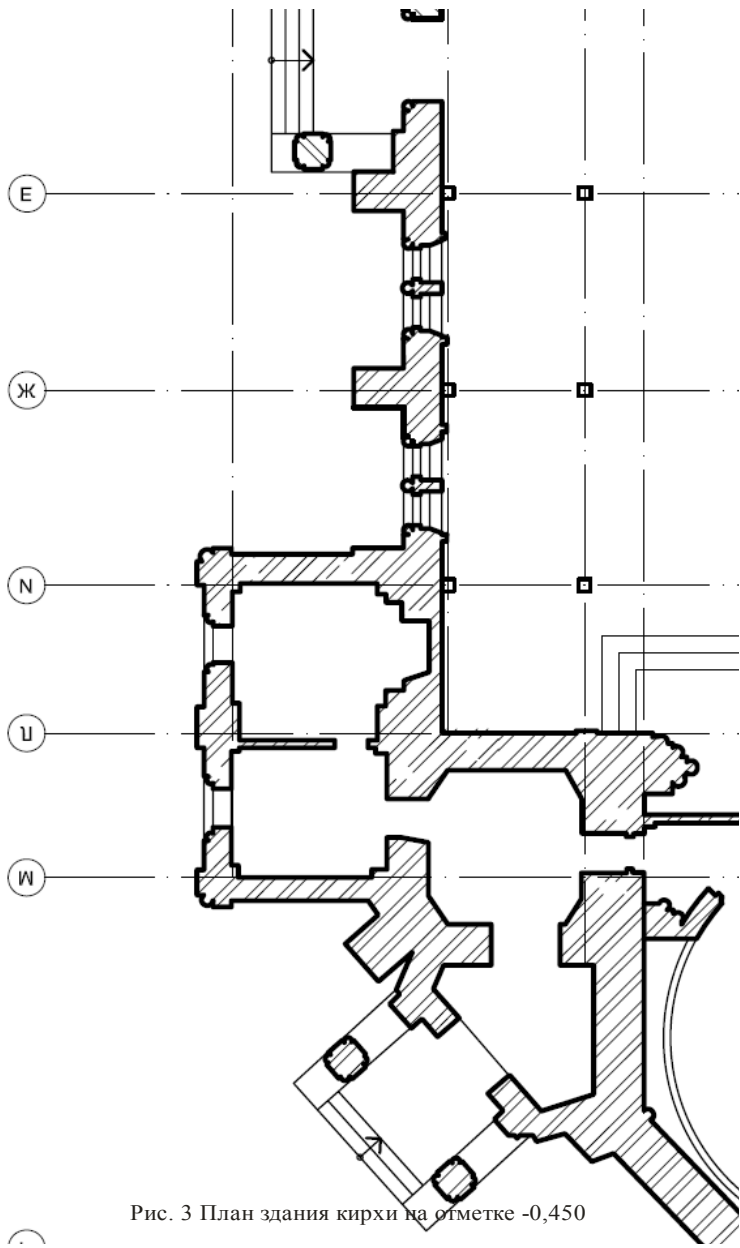
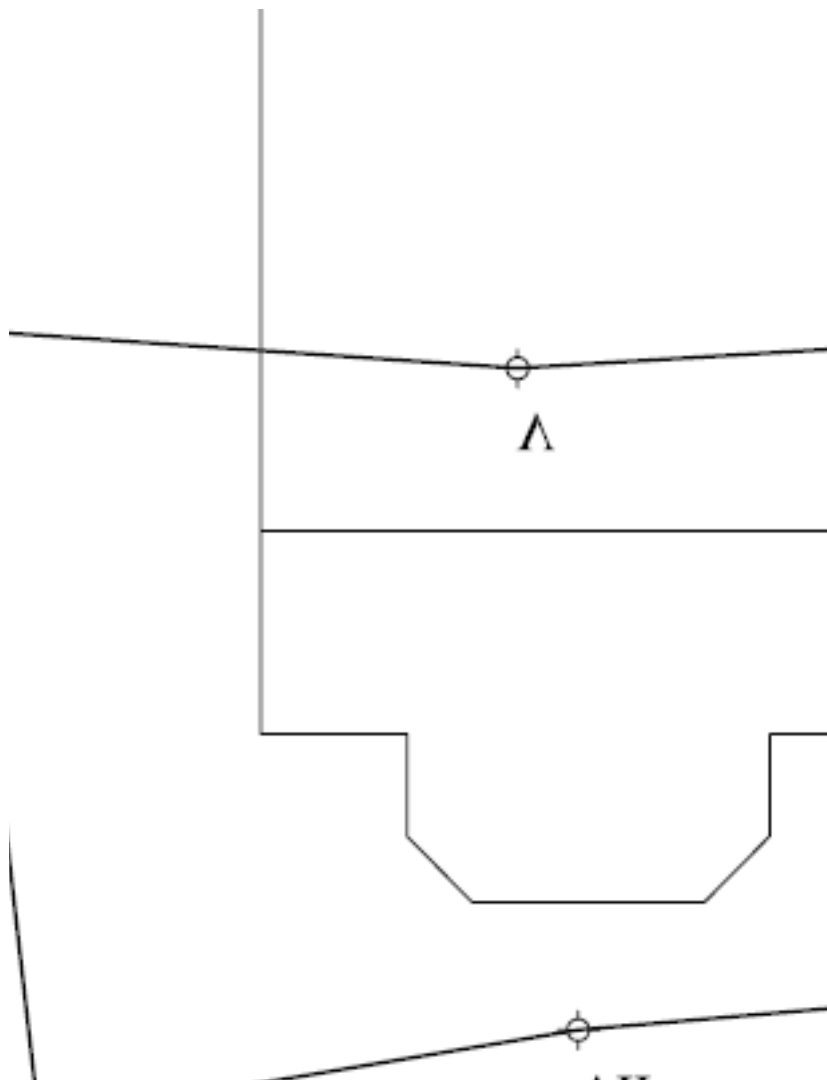


Рис. 3 План здания кирпичи на отметке -0,450



### **Изложение основного материала исследований**

С целью создания геодезической основы, авторами вокруг здания кирхи была создана геодезическая сеть из 16 пунктов (рис.4), которые являются опорными для измерений и размещены таким образом, чтобы удовлетворяли следующим требованиям:

- располагаются в местах, обеспечивающих стабильность их положения и максимальную сохранность;
- обеспечивают выгодную геометрическую форму ( $60^\circ$ - $12^\circ$ ) для трех и более угловых засечек;
- углы наклонов линий до  $3^\circ$ ;
- визирные лучи проходят выше 0,5 м от поверхности земли;
- видимость с каждого пункта не менее  $3/4$  высоты здания;
- пункты располагаются примерно на одинаковом расстоянии от здания.

Сеть является исходной для определения положения точек на здании кирпичи, и поэтому точность определения положения пунктов сети должна быть выше точности определения точек на здании не менее, чем в 1,5 раза. Согласно [5] для зданий ниже 100 м  $m'_3 = \pm 0,015$  м, однако, учитывая уникальность и историческую ценность кирпичи, точность определения положения точек здания была принята  $m_3 = 5$  мм. Для получения точек на здании с такой точностью, ошибка взаимного положения исходных пунктов не должна превышать  $m_{исх} = \pm 10$  мм. Этим требованиям удовлетворяет полигонометрия 3 класса, методом которой и были определены координаты пунктов сети. Горизонтальные углы измерялись теодолитом Тпео 010, способами круговых приемов и повторений с точностью  $m_\beta = \pm 1''$ . Допустимые угловые невязки определяются формулой  $f_\beta = 3''\sqrt{n}$ , но фактически  $f_\beta = 0$ . Предельная относительная линейная невязка хода  $f_{ати} = 1/300000$ , что также вполне удовлетворяет требуемой точности. Уравнивание полигонометрических ходов выполнялось методом наименьших квадратов.

Высоты пунктов опорной сети определялись нивелированием 2 класса с использованием прецизионного нивелира Н05 и инварных реек. Невязки по полигонам удовлетворяют допуску  $f_{h\ gen} = \pm 1\text{мм}\sqrt{n}$ . Полигоны уравнивались способом приближений академика Попова.

Для установления происшедших горизонтальных деформаций строительных конструкций, необходимо сравнить их фактическое плановое положение с номинальным – существующим на плане в виде обмерных чертежей.

Наиболее точным способом определения фактического положения точек здания является способ координат, который заключается в последовательных измерениях прямой угловой засечкой с трех-четырёх пунктов наблюдения характерных точек здания.

Необходимая точность измерения горизонтальных углов в способе прямой угловой засечки рассчитывается по формуле:

$$M_{\beta}'' = \frac{m_3 \cdot \beta'' \cdot \sin \gamma}{\sqrt{2(S_1^2 + S_2^2)}}$$

где:  $\gamma$  – угол засечки,  $S_1$  и  $S_2$  – расстояния от пунктов наблюдений до засекаемой характерной точки здания, при  $\gamma=90^\circ$ ,  $S_1=S_2=20$  м,  $m_3 = \pm 5$  мм,  $M_{\beta}'' = \pm 2,5''$

Что безусловно обеспечивается теодолитом Тнео 010. На втором и последующих ярусах до высоты, доступной с пожарной лестницы (30м), в характерных точках на основных конструктивных элементах (в первую очередь на наружных углах основных объемов кирпичи, на карнизах контрфорсов и т.д.) дюбелями были закреплены специальные визирные марки, представляющие собой металлические пластины размером 5x5 см с треугольной маркой в центре. Точки первого яруса маркировались краской, так как сохранность марок в доступных местах обеспечить сложно.

Для каждой такой помаркированной точки с трех-четырёх пунктов опорной сети последовательно способом круговых приемов измерялись горизонтальные углы между направлениями на эти точки и точки опорной сети.

Затем выводились средние из  $m$  приемов значения горизонтальных направлений на каждом пункте, и оценивалась точность измерения каждого направления одним приемом по формуле Петерса:

$$M_n = \frac{1,25}{\sqrt{m(m-1)}} \cdot \frac{\sum |v|}{n}$$

и точность среднего значения каждого направления:

$$M = \frac{M_n}{\sqrt{m}}$$

где:  $m$  - число приемов,  $n$  – число направлений с данного пункта,  $\sum |v|$  – сумма модулей уклонений измеренных направлений (в каждом приеме) от их средних значений.

Полученные результаты характеризуются точностью  $M_n = \pm 3''$  и  $M_n = \pm 2''$ .

По результатам измерений горизонтальных направлений на визирные марки в характерных точках и по известным координатам пунктов наблюдений сети вычисляют по формулам Юнга координаты этих точек:

$$X_3 = X_i + \frac{(x_y - x_i) \operatorname{ctg} \beta_{i3} + (x_y - x_i)}{\operatorname{ctg} \beta_{i3} + \operatorname{ctg} \beta_{y3}}$$

$$Y_3 = Y_i + \frac{(y_y - y_i)ctg\beta_{i3} + (y_y - y_i)}{ctg\beta_{i3} + ctg\beta_{y3}}$$

где:  $X_i, Y_i, X_y, Y_y$  – координаты пунктов наблюдения,  $\beta_{i3}, \beta_{y3}$  – горизонтальные углы при пунктах  $i$  и  $y$  между направлениями на пункт  $y$  и  $i$  соответственно и направлением на точку здания  $z$ .

Количество таких определений координат соответствует количеству направлений с пунктов сети, засекающих точку на здании. Из этих определений координат находится среднее арифметическое значение  $X$  и  $Y$  точки, точность которых оценивается средними квадратическими ошибками по формуле Бесселя:

$$M_x = \pm \sqrt{\frac{[v_x^2]}{n-1}}, \quad M_y = \pm \sqrt{\frac{[v_y^2]}{n-1}}$$

где:  $V_x, V_y$  – уклонения отдельных определений  $X$  и  $Y$ , соответственно от их средних значений;  $n$  – количество направлений с пунктов сети на определяемую точку здания.

Полученные координаты определяемых на здании точек характеризуются точностью:  $M_x=0,001$  м,  $M_y=0,003$  м.

Вычисление кренов стен по горизонтальным смещениям точек конструктивных элементов осуществлялись следующим образом.

По средним значениям координат замаркированных точек по формулам обратной задачи находились дирекционные углы направлений  $\alpha$  и крены  $\theta$  здания по вертикали: марка – нулевой горизонт по формуле:

$$\alpha_{03} = arctg\alpha_{03} = \frac{Y_3 - Y_0}{X_3 - X_0}$$

$$\theta = \sqrt{(X_3 - X_0)^2 + (Y_3 - Y_0)^2}$$

где:  $X_3, Y_3, X_0, Y_0$  – соответственно координаты марки и теоретической (проектной) проекции этого замаркированного элемента на нулевой горизонт.

Ввиду сложной конфигурации здания кирпичи для большинства конструктивных элементов не представлялось возможным определение вертикальности по всей высоте, так как наблюдаются проектные переменные повысотные смещения отдельных участков или закрытость их контрфорсами. Поэтому приходилось в большинстве случаев определять вертикальность отдельных частей конструкции. При двух положениях вертикального круга проектировались на рейку верхняя, а затем нижняя точка определяемых участков конструктивного элемента. Те же точки



проектировались и с другого пункта. В результате на рейках получились величины частных поперечных кренов  $q_1$  и  $q_2$  отдельных участков в горизонтальной проекции. Величина и направление полного крена определяется как суммарный вектор:  $\theta = \sqrt{q_1^2 + q_2^2}$ .

Для контрфорсов продольных стен были определены только частные крены в направлении продольной оси.

### ***Выводы***

Высокоточные инструментально-аналитические геодезические измерения деформаций основных конструктивных элементов здания кирхи выявили их отклонения в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

1. Колокольня имеет крен в направлении ул. Дворянской. Средняя относительная величина крена составляет 0,0066 верха купола колокольни и 0,0093 – на марки В1, В2, В3, В4.

2. Апсида и примыкающие к ней башни имеют в противоположном от колокольни направлении наклоны, разрывающие продольные стены. Величины относительных кренов этих объемов найдены в двух вариантах:

– из сравнения фактических и расчетных вертикальных осей по материалам полных наблюдений, относительные крены объемов от 0,0119 до 0,0142

– из сравнения тех же фактических вертикальных осей с взятыми из материалов архитектурных обмеров прошлых лет 11,21, относительные крены объемов от 0,0185 до 0,0291

Более достоверны, по нашему мнению, полученные по первому варианту, так как обмерные варианты прошлых лет в ряде случаев имели и другие несоответствия с действительным положением отдельных объемов и элементов, особенно в ярусно-поэтажных сечениях.

3. Продольные стены, частично усиленные швеллером, отклоняются от вертикали до 0,0187

– в продольном сечении – в направлении разноотклоняющихся объемов колокольни и апсиды с башнями, с явным преобладанием последних;

– в поперечном сечении – в наружном направлении.

## Summary

The article is devoted to the experience of geodetic monitoring of the church building, the results of which have formed the basis for its subsequent reconstruction and restoration until the modern state.

## *Литература*

1. Памятник архитектуры 1897 г. Кирха (Лютеранская церковь) в г. Одессе. Том 1, книга 1. Акт технического состояния. Украинский специальный научно-реставрационный институт «Укрпроектреставрація» Киев, 1982 год.

2. Памятник архитектуры 1897 г. Кирха (Лютеранская церковь) в г. Одессе. Архитектурный обмер Украинский специальный научно-реставрационный проектний институт «Укрпроектреставрація», Киев. 1982 год.

3. Инструкция по полигонометрии и трилатерации. – М., Недра, 1976.

4. Инструкция по нивелированию 1, 2, 3, 4, 5 классов. – М., Недра, 1976.

5. Руководство по определению кренов инженерных сооружений башенного типа. – М., Стройиздат, 1981.

6. СНиП 3.01.03.-84 Геодезические работы в строительстве. – М., ЦНИИОМТП Госстроя СССР, 1985.

СНиП 2.02.01. Основания зданий и сооружений. – М., НИИОСП Госстроя СССР, 1985.