

А.А. Терешин, Г.В. Алексеев**РЕКОМЕНДУЕМАЯ МЕТОДИКА РАБОТ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗДАНИЙ ГОЛГОФО-РАСПЯТСКОГО
АНЗЕРСКОГО СКИТА НА О. АНЗЕР СОЛОВЕЦКОГО
АРХИПЕЛАГА**

Проанализированы все возможные варианты использования традиционных геодезических методов мониторинга сдвижения склона, зданий Трапезной и Церкви (прямые и обратные угловые и линейные засечки, створные наблюдения, высокоточное нивелирование и др.). Предложена регистрация относительных горизонтальных перемещений конструкций зданий Трапезной и Церкви на основе достаточного количества линейных измерений между специальными геодезическими знаками на стенах Трапезной и Церкви при условии стабильности планового положения здания Церкви. Организация подобных наблюдений требует минимальных материальных и трудовых затрат в сравнении с традиционными методами геодезических наблюдений.

Ключевые слова: геодезические методы мониторинга, деформации зданий и сооружений, геодезический знак.

Введение

Голгофо-Распятский скит основан в начале XVIII века. В 1828 г. на вершине горы Голгофы построена пятиглавая каменная церковь в честь Распятия Господня. В 1923 г., после закрытия Соловецкого монастыря, в Голгофо-Распятском скиту был организован больничный стационар Соловецкого лагеря особого назначения. В 1967 г. все постройки скита поступили в ведение Соловецкого музея-заповедника. С 2001 г. начато восстановление церкви Распятия Господня на Голгофе.

В августе 2008 г. сотрудниками РГГРУ (г. Москва) и МГСУ (г. Москва) была выполнена рекогносцировка на исследуемом объекте с целью обоснования методики производства работ по организации геодезического мониторинга за деформациями склона г. Голгофа, а также зданий и сооружений Трапезной и Церкви Голгофо-Распятского Анзерского скита.

Особенностями производства инженерно-геодезических работ на дан-

ном объекте является сравнительно высокая требуемая точность (в пределах 1–2 мм) измерений горизонтальных смещений конструкций зданий и сооружений, а также склона г. Голгофа.

По результатам рекогносцировки нами проанализированы все возможные варианты использования традиционных геодезических методов мониторинга сдвижения склона, зданий Трапезной и Церкви (прямые и обратные угловые и линейные засечки, створные наблюдения, высокоточное нивелирование и др.). К сожалению, в связи с весьма сложными топографическими и геологическими условиями (крутизна склонов, значительная залесенность, наличие мощных валунных отложений и др.), а также техническими сложностями доставки громоздкого бурового оборудования и создания сети опорных и рабочих реперов, использование традиционных геодезических методов наблюдений, обеспечивающих необходимую точность измерений в соответствии с требованиями заказчика, не представляется возможным.

В качестве альтернативного варианта для организации наблюдений за сдвижением нами предлагается регистрация относительных горизонтальных перемещений конструкций зданий Трапезной и Церкви на основе достаточного количества линейных измерений между специальными геодезическими знаками на стенах Трапезной и Церкви при условии стабильности планового положения здания Церкви.

По результатам данных геодезических наблюдений можно с достаточной уверенностью судить о качественных и, возможно, количественных характеристиках процесса сдвижения склона, а также зданий Трапезной и Церкви. Организация подобных наблюдений требует минимальных материальных и трудовых затрат в сравнении с традиционными методами геодезических наблюдений. Кроме того, важным фактором ввиду труднодоступности исследуемых объектов является возможность выполнения данных геодезических наблюдений силами сотрудников Голгофо-Распятского Анзерского скита.

Сущность предлагаемого способа наблюдений за деформациями зданий заключается в следующем: на стенах Трапезной и Церкви устанавливаются специальные геодезические знаки, между которыми с помощью стальной рулетки с высокой точностью (до 0,5 мм) измеряются горизонтальные расстояния. Измерения расстояний выполняются с определенной периодичностью (циклическостью). По равенству либо изменению расстояний, измеренных между двумя знаками в разные периоды времени, можно судить о проявлении процесса сдвижения склона и характере деформаций зданий исследуемого объекта.

Наблюдательная станция

Совокупность геодезических знаков, установленных на конструкциях

зданий Трапезной и Церкви, образуют наблюдательную станцию. Время существования данной наблюдательной станции будет определяться техническим состоянием зданий в части проявления опасных деформационных процессов, а также сроками реконструкции и эксплуатации зданий.

Все геодезические знаки должны быть, по возможности, защищены от внешнего воздействия и повреждений в ходе реконструкции зданий. Для этого необходимо предупредить бригадиров и членов рабочих бригад, производящих работы на наблюдаемом объекте, о наличии геодезических знаков, их расположении и необходимости обеспечения сохранности знаков.

Размещение знаков на стенах Трапезной и Церкви выполняется в соответствии с требованиями соответствующих инструкций, а именно:

- на углах зданий;
- в местах стыков между различными частями зданий;
- через 5–6 м на стенах здания и т.п.

Конструкция знака

Геодезический знак (рис. 1) представляет собой стальной стержень (пруток) диаметром 6–8 мм. Рабочий конец (оголовок) изгибают примерно под прямым углом и выполняют на отогнутом конце полусферическую головку 2. На сферической части оголовка знака керном наносится точка, относительно которой будут выполняться линейные измерения. Длина А стержня определяется глубиной заделки в стену сооружения, а также, если предполагается в дальнейшем использовать знак для наблюдений за высотными смещениями, длиной выноса оголовка от стены сооружения. В этом случае длина выноса должна быть такой, чтобы обеспечить возможность установки в вертикальное положение нивелирной рейки длиной не менее 2,2 м. При выносе более 6 см следует использовать для изго-

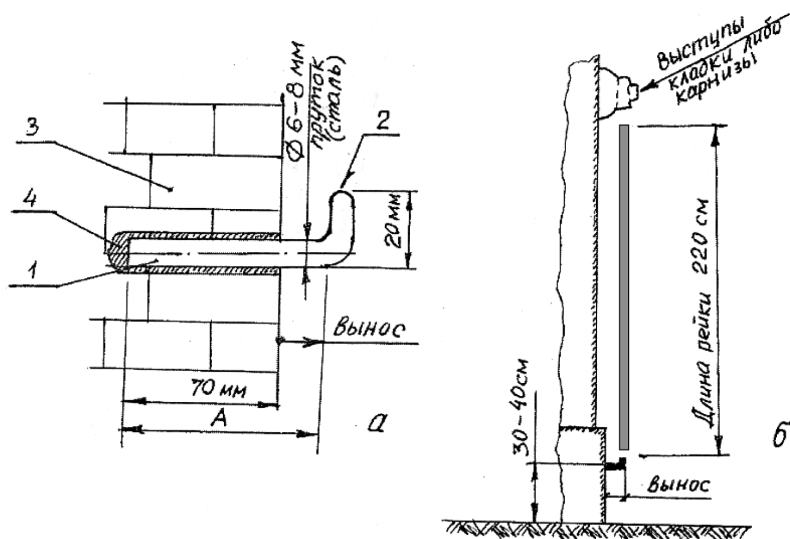


Рис. 1. Стенной геодезический (деформационный) знак: а) закрепление знака в стенах сооружений; б) выбор места установки знака; 1 – стержень; 2 – оголовок знака; 3 – каменная кладка сооружения; 4 – цементный раствор

товления знака прутки диаметром не менее 10 мм.

Технология установки стенного знака

1. В месте установки знака в цоколе или стене здания просверлить на глубину примерно 8 см отверстие под прутки знака сверлом диаметром на 5 мм больше, чем диаметр прутка.

2. Прочистить отверстие от пыли кладки, промыть водой и заполнить примерно на половину жидким чистым цементным раствором (при установке в сравнительно теплое время). При установке в морозное время в цементный раствор следует добавить соответствующие присадки.

3. Установить в отверстие знак изгибом вверх при сохранении соответствующего выноса оголовка от стены здания. Остатки цементного раствора, вытесненного стержнем из отверстия, удалить.

Наблюдения за горизонтальными перемещениями

Для измерения расстояний между знаками необходимо использовать одну и ту же стальную рулетку длиной 10, 20, 30 или 50 м.

В каждом цикле наблюдений необходимо определять температуру воздуха с точностью до 0,5 °С для введения поправок за температуру в измеренную длину из-за линейных деформаций ленты рулетки.

Поправка за температуру зависит от коэффициента линейного расширения α материала, из которого изготовлена лента рулетки. Для стальной рулетки $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$. Величина поправки за температуру

$$l_t = \alpha l (20^\circ - t)$$

где t – температура воздуха, при которой выполняются измерения; $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$; l – измеренное расстояние.

Поправка за температуру имеет знак "плюс", если температура воздуха меньше 20 °С и знак «минус», если температура воздуха больше 20 °С. Вычисленная поправка с соответствующим знаком прибавляется или отнимается от измеренного расстояния.

При измерении расстояний между знаками необходимо обеспечить натяжение полотна ленты рулетки с силой примерно 10 кг для исключения провисания лент рулетки.

Измерение расстояний между точками на сферических оголовках знаков необходимо выполнять не менее 5 раз, при этом точка отсчета должна изменяться: 1 раз от 0 рулетки, второй – от 10 см, третий – от 20 см, четвертый – от 40 см и пятый – от 50 см по шкале рулетки. За окончательный результат принимается среднее из 5-ти наблюдений. Желательно, по возможности, обеспечить выполнение работ одним и тем же наблюдателем.

Расстояния измеряются с точностью до 0,5 мм.

Относительное горизонтальное смещение определяется как разность длин (расстояний) в текущем и начальном циклах наблюдений:

$$\Delta l = l_i - l_0$$

где l_i – расстояние между парой знаков в текущем цикле наблюдений; l_0 – расстояние между парой знаков в начальном цикле наблюдений.

Результаты измерений фиксируются в специальном журнале, в котором помимо измеренных расстояний между знаками указывается ФИО наблюдателя, дата наблюдений, температура воздуха и другие сведения при необходимости. Рекомендуемая форма журнала приведена на рис. 2

Рекомендуемые места установки знаков и направления измерений рас-

стояний между знаками приведены на рис. 3.

Предварительный анализ результатов наблюдений

По результатам наблюдений определяются текущие значения горизонтальных смещений знаков, и направление этих смещений. При этом знаки, установленные на здании Церкви, будут считаться опорными, т.е. сохраняющими неизменное плановое положение. По результатам рекогносцировки установлено, что здание Церкви находится на так называемом «ядре» горы Голгофа и в гораздо меньшей степени должно быть подвержено деформациям от предполагаемых сдвижений склона горы, чем здание Трапезной, расположенное непосредственно на склоне.

Дополнительную информацию об устойчивости конструкций здания Церкви должны дать результаты измерений между знаками, установленными внутри Церкви. Неизменность расстояний между этими знаками будет указывать на то, что здание Церкви устойчиво, и возможные процессы сдвижения склона его не затрагивают, или затрагивают в значительно меньшей степени, чем здание Трапезной.

Следует отметить, что результаты измерений расстояний между знаками

Дата: 18.10.08. ФИО наблюдателя: Иванов И.И. Температура воздуха: $t = 10^\circ\text{C}$

Знаки	Расстояние, м	Расстояние среднее, м	Поправка за температуру, м	Расстояние с учетом поправки за температуру	Расстояние в 1 цикле наблюдений, м	Δ , мм
1-2	10,5945	10,5942	+0,0001	10,5943	10,5940	-0,3
	10,5940					
	10,5940					
	10,5940					
	10,5945					
2-3						

Рис. 2

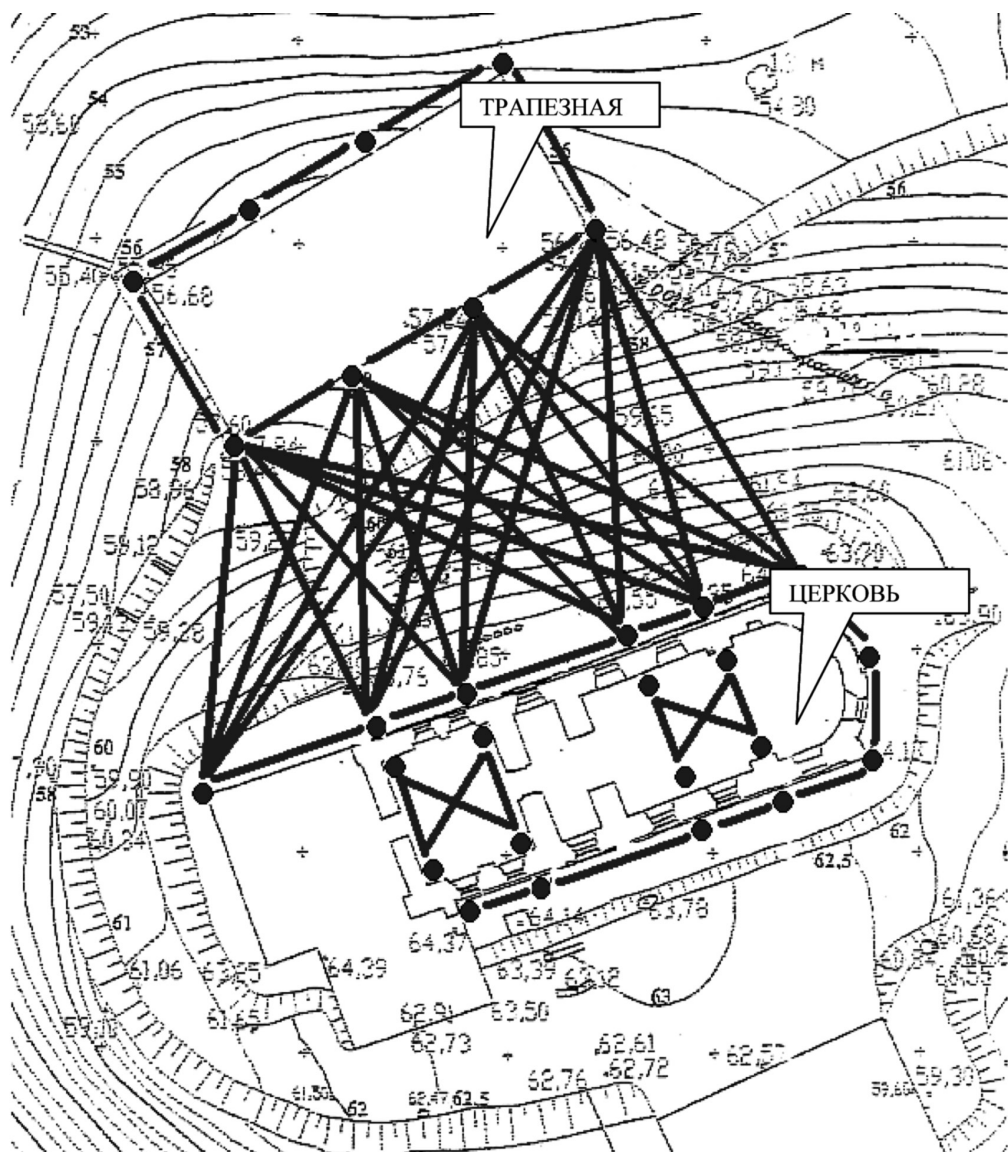


Рис. 3

могут отличаться в пределах 1–3 мм в зависимости от времени года (например, при морозном пучении грунтов), квалификации наблюдателя, внешних погодных условий, возможного повреждения знаков и т.д. Поэтому, в первом приближении, в качестве показателя, характеризующего проявление процессов сдвижения склона и здания Трапезной, будем считать

изменение расстояний между знаком на Трапезной и знаком на Церкви на величину 3 и более мм. При этом оценивать перемещение знака, установленного на здании Трапезной, необходимо относительно нескольких (минимум 2–3) знаков на здании Церкви.

Рекомендуется также одновременно с вышеуказанными наблюдениями периодически осматривать конструк-

ции зданий Трапезной и Церкви с целью выявления возникающих трещин и их регистрации. При появлении трещин на них необходимо установить так называемые «маяки». Маяк представляет собой гипсовую или алебастровую пластину (плитку), перекрывающую

трещину. Раствор гипса или алебастра в виде пластины накладывается на выявленную трещину, на пластине указывается дата установки маяка. Разрушение маяка (появление на нем трещин) будет указывать на развитие деформаций в конструкциях зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по наблюдениям за сдвигами земной поверхности и расположенными на ней объектами при строительстве в Москве подземных сооружений. – М.: ИПКОН РАН, 1997.

2. Пискунов М.Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. – М.: Недра, 1980.

3. Черников В.Ф. Создание опорной сети для наблюдения за осадками промышленных сооружений // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1963. – № 5. **ПЛАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Терешин А.А.,

Алексеев Герман Валерьевич – кандидат технических наук, заместитель начальника Центра, Московский государственный строительный университет, e-mail: kanz@mgsu.ru.

UDC 528.48:624.21

RECOMMENDED WORKING PROCEDURE FOR GEODETIC MONITORING OF DEFORMATION OF BUILDINGS IN RUSSIAN ORTHODOX HERMITAGE ON ANZERSKY ISLAND, SOLOVETSKY ISLAND GROUP

Tereshin A.A.,

Alekseev G.V., Candidate of Technical Sciences, Deputy Head of Centre, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, e-mail: kanz@mgsu.ru.

The scope of the analysis encompasses all possible scenarios of using traditional geodetic methods for monitoring displacements of slopes and buildings of the Refectory and Church (linear and angular intersections and resections, ranging, precision leveling etc.). It is proposed to record relative horizontal displacements of the Refectory and Church buildings based on sufficient linear measurements taken between special-purpose survey markers on the Refectory and Church walls given the stable horizontal position of the Church building. Such monitoring requires minimum material input and labor costs as against the traditional geodesy observation techniques.

Key words: geodetic monitoring methods, deformation of buildings and structures, survey marker.

REFERENCES

1. *Instruktsiya po nablyudeniyam za sdvizheniyami zemnoi poverkhnosti i raspolozhennymi na nei ob"ektami pri stroitel'stve v Moskve podzemnykh sooruzhenii* (Instructions on observation of movement of ground surface and surface objects during construction of underground structures in Moscow), Moscow, IPKON RAN, 1997.

2. Piskunov M.E. *Metodika geodezicheskikh nablyudenii za deformatsiyami sooruzhenii* (Procedure of geodetic observations over deformation of structures), Moscow, Nedra, 1980.

3. Chernikov V.F. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos"emka*. 1963, no 5.

