

**Выводы.** Проведенное исследование позволило описать основные факторы, которые влияют на долговечность и несущую способность конструкций исторических зданий. При натурном обследовании зданий, можно предварительно назвать причины возникновения дефектов конструкций и принять меры по их устранению. Знание причин возникновения неблагоприятных факторов, позволит заблаговременно принимать меры по их предотвращению.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Гроздов В.Т. Дефекты строительных конструкций. Издание 3-е исправлено и дополненное / В.Т. Гроздов. – СПб.: ООФ, 2007. – 136 с.
2. Добромислов А.Н. Диагностика поврежденных зданий и инженерных сооружений / А.Н. Добромислов. – Москва: ИАСВ, 2006. – 256 с.
3. Гучкин И.С. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций / И.С. Гучкин. – Москва: ИАСВ, 2001. – 172 с.
4. Шишканова В.Н. Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций / В.Н. Шишканова. – Тольятти: ТГУ, 2013. – 124 с.
5. Калинин В.М. Оценка технического состояния зданий: Учебник / В.М. Калинин, С.Д. Сокова. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 268 с.
6. Куликов А.Н. Обследование зданий и сооружений: учебное пособие / А.Н. Куликов, С.И. Битюков, И.Н. Горин. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2010. – 131 с.
7. Порядок Н.В. Обследование и реконструкция жилых зданий: учебное пособие / Н.В. Порядок. – Макеевка: ДонНАСА, 2006. – 156 с.
8. Козачек В.Г. Обследование и испытание зданий и сооружений: учебное пособие для вузов / В.Г. Козачек, Н.В. Нечаев, С.Н. Нотенко и др; Под редакцией В.И. Римшина. – М.: Высшая школа, 2004. – 447 с.: ил.

## **Чибаров Д.В. ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ І НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ ІСТОРИЧНИХ БУДІВЕЛЬ В МІСТІ ХАРКОВІ**

У статті описуються основні фактори, що впливають на довговічність будівельних матеріалів і основних несучих та огорожуючих конструкцій будівель і причини їх виникнення старої забудови міста Харкова.

**Ключові слова:** історична будівля, будівельні матеріали і конструкції, фактори, довговічність, дефекти, руйнування, корозія, агресивне середовище.

## **Chibarov D.V. FACTORS AFFECTING THE DURABILITY AND CARRYING CAPACITY OF STRUCTURES OF HISTORICAL BUILDINGS IN THE CITY OF KHARKOV**

The article describes the main factors affecting the durability of building materials and the main load-bearing and enclosing structures of buildings and the reasons for their occurrence in the old building of the city of Kharkov.

**Key words:** historical building, building materials and structures, factors, durability, defects, destruction, corrosion, aggressive environment.

УДК 69.058.4

**Наливайко Т.А., Чубукин Р.Ю., Наливайко Т.Т., Троценко Л.В.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры  
(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина; e-mail: nalivaykota@ukr.net)*

## **МЕТОДИКА ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СТРОЯЩИХСЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В г. ХАРЬКОВЕ**

Рассмотрена технология прецизионного геометрического нивелирования для наблюдения за вертикальными деформациями строящихся высотных зданий. Разработана конструкция новых ственных реперов и осадочных марок. Выполнен анализ точности геодезических наблюдений

**Ключевые слова:** геодезический мониторинг, ственной репер, осадочная марка, расчет точности, высокоточный нивелир.

В процессе строительства высотных сооружений возникают вертикальные нагрузки на грунты и фундаменты, возрастающие пропорционально увеличению массы строящегося здания. В некоторых

случаях воздействие указанных нагрузок может привести к деформациям отдельных строительных конструкций или потере устойчивости всего здания, что потребует

дополнительных затрат на ликвидацию последствий аварии.

Для предотвращения аварийных ситуаций выполняются натурные измерения вертикальных и горизонтальных смещений зданий, определение геометрических параметров строительных конструкций геодезическими методами в процессе строительства и эксплуатации зданий (геодезический мониторинг). Результаты измерений позволяют охарактеризовать устойчивость геологического основания, надежность конструктивных решений, реализуемых при строительстве.

К сожалению, строительные организации часто пренебрегают геодезическим мониторингом строящихся зданий, что может привести к непредсказуемым последствиям в процессе эксплуатации.

Кафедрой Инженерной геодезии при поддержке коллектива строительного треста Жилстрой-2 выполнен геодезический мониторинг строящихся зданий в различных районах г. Харькова. Накоплен значительный фактический материал, характеризующий перемещение многоэтажных зданий в процессе строительства и начального периода эксплуатации, который потребует анализа специалистами в области проектирования зданий.

Выполнены наблюдения следующих объектов:

- 1) Жилой дом по ул. Гвардейцев Ширинцев;
- 2) Жилой дом по ул. Велозаводской;
- 3) Жилой дом по ул. Целиноградской;
- 4) Жилой дом по ул. Клочковской (три секции);
- 5) Жилой дом на перекрестке улиц Дружбы Народов и Гвардейцев Ширинцев;
- 6) Жилой дом по пр. Гагарина;
- 7) Жилой дом по ул. Студенческой.

#### **Материалы и методы исследований**

Наблюдение за осадками зданий и сооружений выполняют следующими методами [2] : метод геометрического нивелирования, метод гидростатического нивелирования, метод тригонометрического нивелирования, фотограмметрический метод. Согласно [2] допускаемые погрешности

определения осадок должны составлять не более:

1 мм – для зданий и сооружений, возводимых на скальных и полускальных грунтах;

2 мм – для зданий и сооружений, возводимых на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах;

5 мм – для зданий и сооружений, возводимых на насыпных, просадочных, заторфованных и других сильно сжимаемых грунтах.

Точность измерения осадок здания в конкретных случаях задается специальным техническим заданием [5] составляемым проектной организацией. Предельные величины деформаций фундаментов зданий и сооружений, не приспособленных к неравномерным осадкам за время строительства и эксплуатации, не должны превышать значений, указанных в [4]:

8 см – максимальная абсолютная осадка для производственных и гражданских многоэтажных зданий с полным каркасом и 1/1000 предельно допустимая относительная деформация;

12 см – максимальная абсолютная осадка для зданий и сооружений, в конструкциях которых не возникают дополнительные усилия от неравномерных деформаций и 1/6000 предельно допустимая относительная деформация;

10 см - максимальная абсолютная осадка для многоэтажных бескаркасных зданий с несущими стенами из крупных панелей и 1/7000 предельно допустимая относительная деформация.

На основе требований [2, 4] разработана программа исследований.

1. Выбор оптимального количества наблюдаемых осадочных марок и опорных реперов.

2. Разработка типового эскиза осадочной марки и опорного репера с учетом технологических особенностей строительства.

3. Разработка технологии установки разработанных марок и реперов.

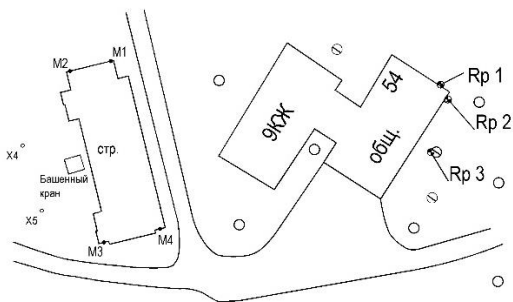
4. Выбор и согласование с заказчиком мест установки разработанных марок и реперов.

5. Выбор прецизионного геодезического оборудования и инструментов.

6. Исследования и поверки геодезических приборов, выполнение пробных измерений.
7. Разработка методики наблюдений, их периодичности, а также расчет точности измерений.
8. Выбор мест и закрепление на местности промежуточных нивелирных станций необходимых для прокладки высокоточного нивелирного хода.
9. Выполнение геодезических наблюдений при нивелировании осадочных марок.
10. Математическая обработка исходных данных, уравнивание превышений, вычисление отметок и составление технической документации о деформации сооружений.
11. Передача документации заказчику.

**Результаты исследований**

Строительство жилых зданий ведется на застроенной территории поэтому опорные репера были установлены на соседних зданиях или вблизи них на расстоянии 0,5...0,8 км от места строительства (рис. 1). Принимая во внимание, что существующие здания построены более 10...15-ти лет назад, осадки и деформации этих зданий незначительны, а жесткость их конструкции довольно высокая.



Рр. 1 настенный пункт полигонометрии Н=163.0000 м.  
 Рр. 2 элемент жб. конструкции (сварной шов) Н=162.1797м  
 Рр. 3 кольцо колодца Н=161.8952 м  
 В результате колебаний почвы расхождение в превышениях между тт. Х4, Х5 ±2 мм (допустимое ± 0,3 мм).

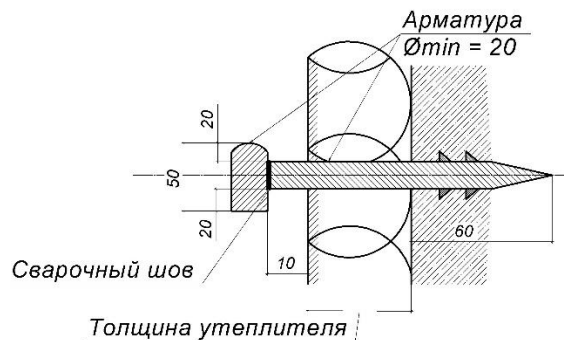
Рис. 1. Места закладки реперов по ул. Целиноградской

Места установки осадочных марок и опорных реперов предварительно согласовывались с заказчиком. Их установка входила в его обязанности.

Установлено, что оптимальное количество осадочных марок согласно [1-3] и

исходя из результатов предварительных исследований составляет четыре по одной на каждый угол строящегося здания (М1, М2, М3, М4 рис. 1).

Разработаны конструкции осадочных марок и опорных стеновых реперов (рис. 2) А)



Б)

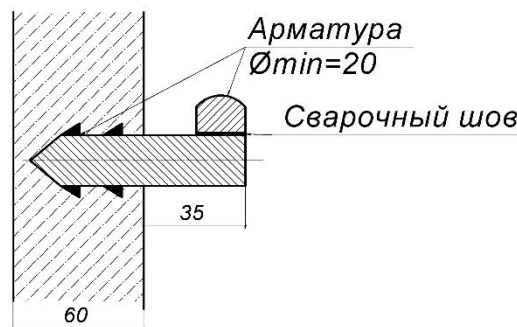


Рис. 2. А) Осадочная марка; Б) Опорный стеновой репер

В работе применен высокоточный нивелир Н05 предназначенный для нивелирования I и II класса, а также две 3-х метровые инварные рейки. Для привязки нивелирного хода к стенным маркам применялись специальные рейки, разработанные авторами [7].

Исследования и поверки нивелирных реек выполнялись по основным требованиям [5, 6]. Поверки основного условия нивелира выполнялись по способу нивелирования вперед. Угол непараллельности цилиндрического уровня и визирной оси определялся по формуле (1):

$$i = \frac{(v_1 + v_2) - (u_1 + u_2)}{2} \rho'' \quad (1),$$

где  $v_1, v_2$  – высоты нивелирования;  $u_1, u_2$  – отсчеты по рейкам;  $\rho = 206265''$ .

Для уменьшения влияния значения угла  $i$  отсчеты по рейкам выполняются по формуле (2):

$$u_0 = u_2 + d \sin i \quad (2)$$

где  $d$  – расстояние между точками и вертикальным исправительным винтом уровня.

Исследование и поверки инварных реек выполнялись в такой последовательности:

- определение цены деления и прогиба рейки;
- определение метровых интервалов;
- проверка неперпендикулярности плоскости пятки рейки к оси рейки;
- определение разности высот нулей реек;
- проверки правильности установки круглого уровня.

Для высокоточных исследований осадок зданий применяют нивелирование I, II, III классов [6], точность которых соответственно составляет  $\pm 0,5$  мм,  $\pm 2,0$  мм,  $\pm 5,0$  мм и допустимые невязки

$$m_{изм} = \sqrt{m_y^2 + m_\delta^2 + m_i^2 + m_o^2 + m_{С.Н.}^2 + m_\theta^2 + m_p^2 + m_H^2 + m_{II}^2 + m_{yp}^2 + m_k^2 + m_t^2 + m_B^2 + m_{30}^2} \quad (4),$$

где  $m_y$  - погрешность совмещения концов пузырька уровня ( $m_y = \pm 0,03$  мм);  $m_\delta$  - погрешность наведения бисектора на штрих рейки ( $m_\delta = \pm 0,03$  мм);  $m_i$  - погрешность за непараллельность оси цилиндрического уровня и визирной оси ( $m_i = \pm 0,08$  мм);  $m_o$  - погрешность в отсчете по шкале оптического микрометра ( $m_o = \pm 0,05$  мм);  $m_{С.Н.}$  - погрешность за смещение сетки нитей ( $m_{С.Н.} = \pm 0,06$  мм);  $m_\theta$  - погрешность неточного нанесения делений на рейках ( $m_\theta = \pm 0,07$  мм);  $m_p$  - погрешность за разность высот нулей реек ( $m_p = 0$  мм);  $m_H$  - погрешность в отсчете за наклон, равная

$$m_H = \left( \frac{v \cdot \tau^2}{2 \cdot \rho^2} + \frac{a \cdot \tau}{\rho} \right),$$

где  $v$  – высота визирного луча;  $\tau$  – средняя величина угла наклона рейки;  $a$  – расстояние от точки установки рейки на репер до точки пересечения оси шкалы с пяткой.

$\pm 2\sqrt{L}$ ,  $\pm 5\sqrt{L}$ ,  $\pm 10\sqrt{L}$ , где  $L$  – длина нивелирного хода в км. Существенной особенностью высокоточного нивелирования является методика нивелирования короткими лучами, точность которого составляет  $\pm 0,15$  мм и допустимой невязкой  $\pm 0,3\sqrt{n}$ , где  $n$  – количество нивелирных станций.

### Обсуждение результатов

Для оценки точности выполненных измерений рассмотрим в качестве исходных данных [6] предельно допустимую деформацию для производственных и гражданских зданий, равную  $m_{дон} = 1/1000$ . Для одного этажа средней высоты 2,6 м эта величина будет  $m_{дон} = \pm 2,6$  мм.

Для измерений осадок на один из этажей погрешность будет равна

$$m_{изм} = \frac{m_{дон}}{3} = \pm \frac{2,6}{3} = \pm 0,87 \text{ мм} \quad (3)$$

Общая погрешность  $m_{изм}$  состоит из совокупности составляющих погрешностей:

При  $\tau = 10'$ ,  $v = 3000$  мм,  $a = 40$  мм,  $m_H = \pm 0,16$  мм.

$m_{II}$  - погрешность за неперпендикулярность плоскости пятки рейки к ее продольной оси ( $m_{II} = \pm 0,05$  мм);  $m_{yp}$  - погрешность за непараллельность оси круглого уровня у оси рейки ( $m_{yp} = \pm 0,03$  мм);  $m_k$  - погрешность за коробление рейки ( $m_k = \pm 0,03$  мм);  $m_t$  - погрешность за температуру ( $m_t = \pm 0,06$  мм);  $m_B$  - погрешность за изменение высоты прибора ( $m_B = 0$  мм);  $m_{30}$  - погрешность, вызванная температурными деформациями сооружений ( $m_{30} = -2,8K + 2,5$  мм).

При подстановке полученных данных общая погрешность составит:

$$m_{изм} = \pm 0,12 \text{ мм}$$

Сравнивая полученную общую погрешность с предельно допустимой (3), а также при условии выполнения работ методом коротких лучей, можно утверждать,

что разработанная методика геодезического мониторинга удовлетворяет критериям точности при наблюдении за осадками высотных зданий в процессе строительства. В следующих статьях будет рассмотрена методика определения горизонтальных смещений высотных зданий.

### Выводы

1. При строительстве и эксплуатации высотных инженерных сооружений применение геодезического мониторинга наблюдения за деформациями играет важнейшую роль т.к. этот метод позволяет получить ценную информацию о состоянии фундаментов и строительных конструкций, которая поможет предотвратить аварийные ситуации.

2. Геодезические наблюдения должны выполняться в высотном и плановом положении, что позволяет получить комплексные данные о перемещениях здания.

3. В результате расчета точности измерений установлено, что среднеквадратическая погрешность определения превышения с использованием прецизионного нивелира не должна превышать пределов

$$m_{изм} = \pm 0,15 \div 0,30 \text{ мм}.$$

4. Основным методом измерений при проведении геодезического мониторинга является метод прецизионного геометрического нивелирования короткими лучами.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Руководство по наблюдениям за деформациями фундаментов зданий и сооружений [Текст] / Науч.-исслед. ин-т оснований и подземных сооружений Госстроя СССР. Гос. проектный ин-т «Фундаментпроект» Минмонтажспецстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1967. - 93 с.
2. Руководство по наблюдениям за осадками фундаментов и деформациями крупнопанельных зданий массового строительства [Текст] / Проектный и науч.-исслед. ин-т «Уральский Пром-

стройиниипроект» Госстроя СССР. Науч.-исслед. ин-т оснований и подземных сооружений Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1964. – 43 с.

3. Руководство по производству геодезических работ в промышленном строительстве [Текст] / Центр. науч.-исслед. и проектно-эксперим. ин-т организации, механизации и техн. помощи стр-ву. – М.: Стройиздат, 1977. - 81 с.
4. Строительные нормы и правила : Геодезические работы в строительстве. СНиП 3.01.03-84. - М.: Госстрой СССР, 1985. - 32 с.
5. Измерение вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов / [В. Н. Ганьшин, А. Ф. Стороженко, А. Г. Ильин и др.]. - М.: Недра, 1981. - 215 с.
6. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов [Текст] / Гл. упр. геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – М.: Недра, 1974. - 160 с
7. Наливайко Т.А, Чубукин Р.Ю. Совершенствование методов наблюдения за осадками крупных инженерных сооружений в сложных условиях [Текст] / Наливайко Т.А, Чубукин Р.Ю // Научовий вісник будівництва. - 2014. №2 (76). – С. 75-78

### Наливайко Т.А, Чубукін Р.Ю, Наливайко Т.Т, Троценко Л.В. МЕТОДИКА ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ БУДІВЕЛЬНИХ ВИСОТНИХ БУДИНКІВ В г. ХАРЬКОВЕ.

Розглядається технологія прецизійного геометричного нівелювання для спостереження за вертикальними деформаціями висотних будинків. Розроблена конструкція нових стінних реперів і осадкових марок. Виконаний аналіз точності геодезичних спостережень

**Ключові слова:** геодезичний моніторинг, стінна репер, осадкова марка, розрахунок точності, високоточний нівелір.

### Nalyvaiko T.A., Chubukin R.Yu., Nalyvayko T.T., Trotsenko L.V. METHOD OF GEODETIC MONITORING OF HIGH-RISE BUILDINGS UNDER CONSTRUCTION IN KHARKIV.

The technology of precision geometric leveling for the observation of vertical deformations of tall buildings under construction is considered. The design of new wall rappers and sedimentary stones has been developed. An analysis of the accuracy of geodetic observations was carried out

**Keywords:** geodetic monitoring, wall rapper, sedimentary mark, accuracy calculation, high precision level.