

УДК 624.014:528.48

**М. И. ЛОБОВ, Т. В. МОРОЗОВА**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ПРОГРАММА ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ В Г. ДОНЕЦКЕ**

Рассмотрены особенности наблюдений за осадками и кренами зданий повышенной этажности, возводимых на подрабатываемых территориях в условиях точечной застройки. Разработана методика геодезического мониторинга при строительстве зданий, возводимых среди существующей застройки в г. Донецке, и при их последующей эксплуатации, способствующая повышению качества строительства и обеспечению безопасности.

**осадки, крены, деформации, геодезический мониторинг, проект производства геодезических работ (ППГР), точность измерений, периодичность инструментальных наблюдений**

### **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Вертикальность зданий повышенной этажности (до 30 этажей) является одним из важнейших условий обеспечения их устойчивости, прочности, долговечности. Она характеризуется величиной отклонения точек пересечения главных или основных осей на соответствующих этажах от отвесных линий. В последние годы из-за отсутствия свободных площадей под застройку в крупных городах Украины активно развивается точечное возведение зданий, состоящих из нескольких блоков высотой 24 и более этажей.

Такие здания повышенной этажности возводятся и в г. Донецке, где более 80 % городской территории подвержено периодическому влиянию подземных горных работ в процессе добычи каменного угля, влияющих не только на крены, но и на осадки таких объектов. Это накладывает определенные условия на технологию строительства и необходимость постоянного геодезического контроля вертикальности и осадок высотных зданий в процессе их возведения и при последующей эксплуатации. При большой площади основания и значительной высоте, быстром увеличении нагрузки на основание могут происходить неравномерные оседания, величина которых при определенных условиях способна вызвать аварийные ситуации. Поэтому наблюдения за осадками позволяют определить величину и скорость их протекания, контролировать крен возведенной части, разрабатывать методы прогноза на определенный период, принимать наиболее целесообразные оптимальные решения при проектировании подобных зданий в городах Донбасса.

### **АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ, ОТНОСЯЩИХСЯ К РЕШЕНИЮ ДАННОЙ ПРОБЛЕМЫ**

Кафедра инженерной геодезии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры на протяжении 40 лет выполняет систематические наблюдения за осадками и деформациями различных высотных объектов, попадающих в зону влияния подземных горных работ в городах Донбасса [1–4]. Происходящие деформации земной поверхности тесно связаны с состоянием городских объектов и инженерных коммуникаций. Для определения их состояния при подработке территорий, взаимодействия с геологической средой оснований и последующего принятия решений по защите объектов или прогнозированию возможных деформаций необходимо проведение периодических геодезических наблюдений как в процессе строительства, так и при последующей эксплуатации. Поэтому мониторинг состояния зданий повышенной этажности является необходимым процессом в общей системе обеспечения их безопасности при последующей эксплуатации.

Согласно ДБН В.1.3-2:2010 для высотных зданий и сооружений геодезический мониторинг должен осуществляться в процессе строительства и при последующей эксплуатации на протяжении 5–6 лет согласно проекту и программе, разрабатываемой на стадии проектирования объектов, которые корректируются в дальнейшем по мере изменения геотехнических условий [7, 8]. Завершаются наблюдения после стабилизации осадки зданий, когда величина оседания в трех последних циклах не превышает точности измерений [5].

### ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разработка оптимального раздела ППГР и методики геодезического мониторинга при строительстве зданий повышенной этажности, возводимых среди существующей застройки в г. Донецке.

Под геодезическим мониторингом понимают периодические наблюдения за строящимся зданием с анализом происходящих деформаций и постоянным прогнозированием возможных изменений по мере увеличения высоты для принятия определенных решений, обеспечивающих качество возводимого объекта. Для этой цели разрабатывается раздел ППГР, включающий основные этапы, приведенные на рис. Измерения осадок и деформаций зданий повышенной этажности относятся к точным

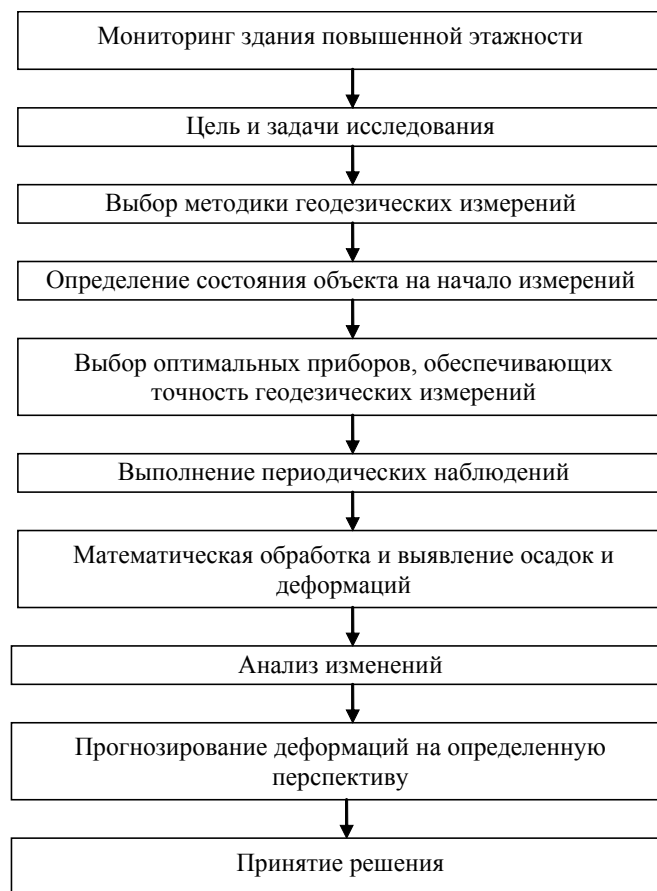


Рисунок – Состав геодезического мониторинга высотного здания.

геодезическим работам и регламентируются нормативными документами, проектами и специальными научными программами, разработанными для конкретных объектов, содержащие сведения о горно-геологических условиях строительных площадок, особенностях строительства, необходимой периодичности и точности геодезических измерений. Данный раздел является составной частью ППГР, в котором должны рассматриваться следующие разделы:

- цель и задачи геодезического мониторинга;
- обоснование точности и периодичности наблюдений;
- условия геодезических наблюдений;
- возможные причины деформаций;

- схема создаваемой геодезической сети, включающей исходные и деформационные знаки;
  - оценка проекта геодезической сети;
  - обоснование методики измерений и выбор оптимальных приборов;
  - закладка деформационных реперов;
  - математическая обработка результатов измерений и их анализ;
  - прогнозирование возможных осадок и кренов на определенный период;
  - принятие решений по корректированию периодичности последующих измерений;
  - оптимальное принятие решений, обеспечивающих качество и безопасность возводимого здания.
- Согласно [8] наблюдения за смещениями, осадками и деформациями высотных зданий проводятся в целях:

- определения абсолютных и относительных величин деформаций и сравнение их с расчетными величинами;
- получения необходимых характеристик устойчивости оснований и фундаментов;
- выявления причин возникновения осадок и степени опасности их для нормальной эксплуатации возводимых объектов, для принятия своевременных мер защиты или устранения вредных последствий;
- уточнения методов расчета предельно допустимых величин деформаций для различных грунтов или условий подрботки, получение данных для конкретных объектов.

Для определения осадки здания в местах, не подверженных влиянию осадочной воронки, или зоны влияния подземных горных работ производят закладку трех исходных реперов, а в колоннах цокольного этажа выше 0,5 м над уровнем земли закладываются 4–6 деформационные марки для одноподъездного здания, конструкция которых должна соответствовать ДБН В.1.3-2:2010. Периодичность определения осадки и крена в период строительства выполняется сначала при возведении плиты или фундамента, затем при достижении 25, 50, 75 и 100 % массы здания, при эксплуатации один раз в 6 месяцев, а при подрботке периодичность зависит от скорости протекания осадки и корректируется с учетом активности процесса сдвижения [4, 5].

Выбор методики измерений зависит от нормативной или проектной точности и точности применяемых приборов:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

где  $m = \sigma$  – среднее квадратическое отклонение результата одного измерения, которое при небольшом количестве измерений может содержать некоторую неопределенность [1].

Применяя для малой выборки критерий Стьюдента можно определить необходимое количество измерений, отвечающих данной точности при разной доверительной вероятности, когда

$$\bar{X} - t \cdot M < X_0 < \bar{X} + t \cdot M. \quad (2)$$

Так как распределение Стьюдента сходится в предельном значении с нормальным распределением Гаусса, то в этом случае можно принять

$$M' = t \cdot M \text{ или } M' = \frac{t \cdot m}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

где величина  $t$  выбирается из таблиц для распределения Стьюдента, что позволяет определить среднюю квадратическую погрешность для малой выборки измерений при геодезическом контроле строительного процесса.

Для получения полной картины происходящих деформаций строящегося здания повышенной этажности необходимо определять:

- абсолютную осадку

$$S_i = H_0 - H_i, \quad (4)$$

где  $H_0$  и  $H_i$  – отметки осадочных марок в начальном и  $i$ -том циклах;

- среднюю осадку

$$S_{cp} = \frac{\sum S_i}{n}, \quad (5)$$

где  $n$  – количество осадочных марок на здании;

– относительную осадку

$$\eta = \frac{\Delta S_{n,m}}{L}, \quad (6)$$

где  $L$  – расстояние между марками  $n, m$ ;

– величину крена

$$Q = \sqrt{q_x^2 + q_y^2}, \quad (7)$$

в относительной мере

$$J = \frac{Q}{H_i}, \quad (8)$$

где  $H_i$  – высота возведенной части здания;

– направление крена

$$\alpha = \arctg \frac{q_x}{q_y}. \quad (9)$$

Скорость протекания осадки вычисляют по формуле

$$V_{cp} = \frac{S_i + S_{i+1}}{\Delta t}, \quad (10)$$

а ускорение

$$a_{cp} = \frac{S_i - S_{i+1}}{\Delta t}, \quad (11)$$

где  $\Delta t$  – временной интервал между циклами.

Предварительное определение точности измерений вертикальных и горизонтальных смещений (табл. 1) необходимо выполнять в зависимости от ожидаемых величин, на основании которых устанавливается класс точности измерений (табл. 2).

**Таблица 1** – Допустимые величины смещений здания

Расчетная величина вертикальных и горизонтальных перемещений, предусмотренных проектом, мм	Допускаемая величина перемещений, мм			
	Период строительства		Период эксплуатации	
	Песчаный грунт	Глинистый грунт	Песчаный грунт	Глинистый грунт
До 50	1	1	1	1
50–100	2	1	1	1
100–250	5	2	1	2
250–500	10	5	2	5
Свыше 500	15	10	5	10

**Таблица 2** – Классы точности измерений

Классы точности измерений	Допускаемые погрешности измерений перемещений, мм	
	горизонтальных	вертикальных
1	2	1
2	5	2
3	10	5
4	15	10

При отсутствии данных по расчетным величинам деформаций оснований фундаментов класс точности допускается устанавливать:

- для зданий, возводимых на песчаных, глинистых, сжимаемых грунтах – 2 класс;
- для зданий, возводимых на насыпных, просадочных грунтах – 3 класс.

Предельная погрешность измерения крена на должны превышать  $0,0001H$  мм.

Допускается осадки и крены определять по результатам геометрического нивелирования или тригонометрического нивелирования с использованием электронных тахеометров.

В летнее время необходимо учитывать крен здания вследствие неравномерного солнечного нагрева, для этого измеряют температуру на солнечной и теневой сторонах. Это позволяет определить изгиб здания по формуле:

$$Q_c = \alpha_t \cdot \Delta t \cdot H_i, \quad (12)$$

где  $\alpha_t = 12,6 \cdot 10^{-6}$ ,  
 $\Delta t = (t_c - t_m)$  – разность температур,  
 $H_i$  – высота возведенной части здания.

Для определения прогнозной кривой при подработке здания необходимо выполнить сначала три цикла наблюдений. Согласно исследованиям [9], интервал между сериями наблюдений можно принять:

$$\Delta t = \frac{H}{12 \cdot V}, \quad (13)$$

где  $H$  – средняя глубина разработки (м),  
 $V$  – скорость подвигания очистного забоя (м/мес).

Данная методика позволяет прогнозировать деформации земной поверхности (оснований) с более высокой точностью, используя результаты геодезического мониторинга.

Исследования двух 14-ти этажных монолитных зданий, возводимых в скользящей опалубке (г. Макеевка), позволили получить эмпирические зависимости неvertикальности от высоты, которые можно выразить уравнениями:

$$\Delta_I = 10,500 + 2,500 H - 0,029 H^2, \text{ (мм)} \quad (14)$$

$$\Delta_{II} = 8,700 + 2,700 H - 0,038 H^2, \text{ (мм)} \quad (15)$$

При высоте зданий 54 м отклонения от вертикали для I здания составили 63 мм, для II здания – 54 мм.

## ВЫВОДЫ

Отмеченные в данной работе проблемы геодезического мониторинга актуальны и могут использоваться при разработке ППГР при строительстве и эксплуатации зданий повышенной этажности для повышения качества строительства и обеспечения его безопасности, особенно на подрабатываемых территориях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобов, М. И. Исследование деформаций зданий и сооружений в процессе многократной подработки территории подземными горными работами [Текст] / М. И. Лобов, Т. В. Морозова // Инженерная геодезия. – К. : КИСИ, 2000. – Вып. 42. – С. 59–63.
2. Геодезическое обеспечение строительства высотных зданий на подрабатываемых территориях [Текст] / М. И. Лобов, П. И. Соловей, А. Н. Переварюха, А. С. Чирва // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2007. – Вип. 2007-5(67). – С. 71–74.
3. Геодезичний контроль у будівництві [Текст] / М. І. Лобов, П. І. Соловей, І. М. Лобов, А. М. Переварюха. – Макіївка : ДонНАБА, 2011. – 190 с.
4. Лобов, М. И. Проблемы мониторинга спортивных сооружений [Текст] / М. И. Лобов, Т. В. Морозова, А. С. Чирва // Матеріали міжнар. конф. «Геодезичне забезпечення будівництва: сучасний стан, проблеми, перспективи розвитку» 19–20 октября 2011 г. / Под редакцией проф. Войтенко С. П. – Киев : [б. и.], 2011. – С. 35–39.
5. Анализ результатов наблюдений за деформациями зданий и сооружений под влиянием многократной подработки [Текст] / Т. В. Морозова, О. В. Волощук, М. Мартыненко, О. Беседина // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2005. – Вип. 2005-4(52). – С. 143–146.
6. Морозова, Т. В. Прогнозирование оседаний земной поверхности вследствие подработки [Текст] / Т. В. Морозова // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2012. – Вип. 2012-6(98). – С. 108–112.
7. ДБН В.1.1-5:2000. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах. Часть I, II [Текст]. – На заміну СНиП 2.01.09-91; РСН 227-88; РСН 297-78; РСН 340-86; РСН 232-88; РСН 349-88; введені в дію з 1 липня 2000 р. – Киев : Госкомитет строит., archit. и жилищной политики Украины, 2000. – 152 с.
8. ДБН В.1.3-2:2010. Геодезичні роботи у будівництві [Текст]. – Уведено вперше (зі скасуванням в Україні СНиП 3.01.03-84); чинний від 01.09.2010. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 70 с.
9. Морозова, Т. В. Совершенствование методики прогнозирования сдвижения земной поверхности по результатам инструментальных наблюдений [Текст] / Т. В. Морозова // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2011. – Вип. 2011-6(92). – С. 175–180.

Получено 15.10.13

М. І. ЛОБОВ, Т. В. МОРОЗОВА  
ПРОГРАМА ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ БУДІВНИЦТВА БУДІВЕЛЬ  
ПІДВИЩЕНОЇ ПОВЕРХОВСТІ В М. ДОНЕЦЬКУ  
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розглянуто особливості спостережень за осіданнями і креном будівель підвищеної поверховості, що зводяться на територіях, що розробляються, в умовах стислої забудови. Розроблено методику геодезичного моніторингу при будівництві будівель, що зводяться серед існуючої забудови в м. Донецьку, і при їх подальшій експлуатації, яка має сприяти підвищенню якості будівництва і забезпеченню безпеки.

**осідання, крен, деформації, геодезичний моніторинг, проект виробництва геодезичних робіт (ПВГР), точність вимірів, періодичність інструментальних спостережень**

MICHAIL LOBOV, TATYANA MOROZOVA  
PROGRAM OF THE GEODESIC MONITORING OF BUILDINGS  
CONSTRUCTIONS OF ENHANCEABLE SUPERFICIALITY IN DONETSK  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture.

The features of looking after sinking and heels of buildings of enhance able floor, erected on the earned additionally territories in the conditions of point building have been considered. The method of the geodesic monitoring at building of buildings, erected among existent building in Donetsk, and at their subsequent exploitation, which helps forward upgrading building and providing of safety.

**settling, heels, deformations, geodesic monitoring, production design of geodetic works, exactness of measuring, periodicity of instrumental supervisions**

**Лобов Михайло Іванович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерної геодезії Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Академік академії наук Вищої школи України з проблем будівництва. Наукові інтереси: комплексні геодезичні дослідження деформацій висотних споруд баштового типу.

**Морозова Тетяна Василівна** – асистент кафедри інженерної геодезії Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: вишукування зрушення земної поверхні та деформації будівель і споруд під впливом підземних гірничих робіт.

**Лобов Михаил Иванович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной геодезии Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Академик академии наук Высшей школы Украины по проблемам строительства. Научные интересы: комплексные геодезические исследования deformаций высотных сооружений башенного типа.

**Морозова Татьяна Васильевна** – ассистент кафедры инженерной геодезией Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование сдвижения земной поверхности и deformаций зданий и сооружений под действием подземных горных работ.

**Lobov Michail** – DSc (Eng.), a Professor, the Head of the Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. The academician of an academy of sciences of the Higher school of Ukraine on problems of construction. Scientific interests: complex geodetic researches of deformations of high-altitude constructions of tower type.

**Morozova Tatyana** – assistant, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research movement a terrestrial surface and deformations of buildings and constructions under the influence of underground mountain works.