

УДК 681.2:69.058

И.Н. Крамарчук

Донецкий Национальный технический университет, г. Донецк
кафедра электронной техники
E-mail: igor_kramarchuk@mail.ru

КОНТРОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИЯХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗДАНИЙ

Abstract

Kramarchuk I.N. Precision monitoring parameters for long-term building deformation researches. The brief review fundamental error components in various long-term building deformation researches are considered. In accordance with normative documents in this article revealed necessary precision for specific measurement methods for fixed buildings and it underlying soil.

Keywords: deformation, control parameters, class of exactness, normative document, admittance.

Анотація

Крамарчук І.М. Контроль показників точності вимірів при дослідженнях деформацій будівель. У статті проведено аналіз складових похибок при дослідженнях деформацій будівель та також обґрунтована точність вимірів згідно нормативної документації для різних методів виміру.

Ключові слова: деформація, параметри контролю, клас точності, нормативний документ, допуск.

Аннотация

Крамарчук И.Н. Контроль показателей точности измерений при исследованиях деформаций зданий. В статье произведен анализ составляющих погрешностей при исследованиях деформаций зданий, а также обоснована точность измерений согласно нормативной документации для различных методов измерений.

Ключевые слова: деформация, параметры контроля, класс точности, нормативный документ, допуск.

Общая постановка проблемы.

В процессе строительства и после возведения крупных и ответственных инженерных сооружений в обязательном порядке должны организовываться наблюдения за стабильностью их положения в плане и по высоте [1], а в процессе эксплуатации зданий, возведенных на подрабатываемых территориях данные наблюдения должны производиться с частотой, установленной изысканиями в соответствии со строительными нормами и правилами. Среди многочисленных параметров, в соответствии с которыми производится контроль текущего состояния зданий, выделяют следующие виды деформаций: вертикальные перемещения (осадка, просадка, подъем), горизонтальные перемещения (сдвиги), крены. Для исследования различных видов деформаций используют отдельные методы измерений в зависимости от класса точности измерения, целесообразного для данного метода в соответствии с [9]. Возникает задача контроля точности при долгосрочном исследовании деформаций.

Анализ публикаций.

Подавляющая часть публикаций данной тематики представлена нормативной документацией, строительными нормами и правилами, государственными стандартами ССР, государственными стандартами Украины, государственными строительными нормами и требует тщательного изучения, сбора и систематизации информации для последующего структурирования и создания экспертных систем.

Постановка задачи исследования.

Систематизация и структурирование информации НД, СНиП, ГОСТ, ДСТУ, ДБН относительно параметров контроля точности при долгосрочных исследованиях деформации зданий. Разработка структуры экспертной системы.

Результаты исследований.

Согласно нормативной документации в процессе эксплуатации зданий должны организовываться наблюдения за стабильностью их положения в пространстве с частотой, установленной инженерными изысканиями. В зависимости от условий эксплуатации зданий и требований, предъявляемых к грунтам, на которых они возведены, для наблюдений используются та либо иная методологическая и инструментальная базы, обеспечивающие требуемую точность.

Исходя из вопросов контроля параметров точности при долгосрочных исследованиях деформации, необходима структуризация информации нормативной документации (рис. 1). Согласно данной структуры, конечный результат может быть представлен не только как результат запроса на обеспечение требуемой точности выбранных для наблюдений методологической и инструментальной баз, но и как результат запроса на подбор методологической и инструментальной баз для наблюдений, позволяющих обеспечить требуемую точность.

В соответствии с [9] вопрос выбора методологической базы не сводится лишь к выбору методов, позволяющих контролировать деформации с наивысшей точностью, а регламентировано ставит в соответствие требуемые параметры измерений с максимально допустимыми погрешностями применительно к конкретным типам сооружений возведенных на тех либо иных подстилающих поверхностях (табл. 1, табл.2).

На основании проектных данных относительно ожидаемых значений деформаций производится предварительное определение точности непосредственного измерения вертикальных и горизонтальных деформаций.

Таблица 1 — Значение точности измерения деформаций в зависимости от ожидаемой величины перемещения

Расчетная величина вертикальных либо горизонтальных перемещений предусмотренных проектом, мм	Допускаемая погрешность измерений перемещений для периода, мм			
	строительного		эксплуатационного	
	Грунты			
	песчаные	глинистые	песчаные	глинистые
до 50	1	1	1	1
от 50 до 100	2	1	1	1
от 100 до 250	5	2	1	2
от 250 до 500	10	5	2	5
более 500	15	10	5	10

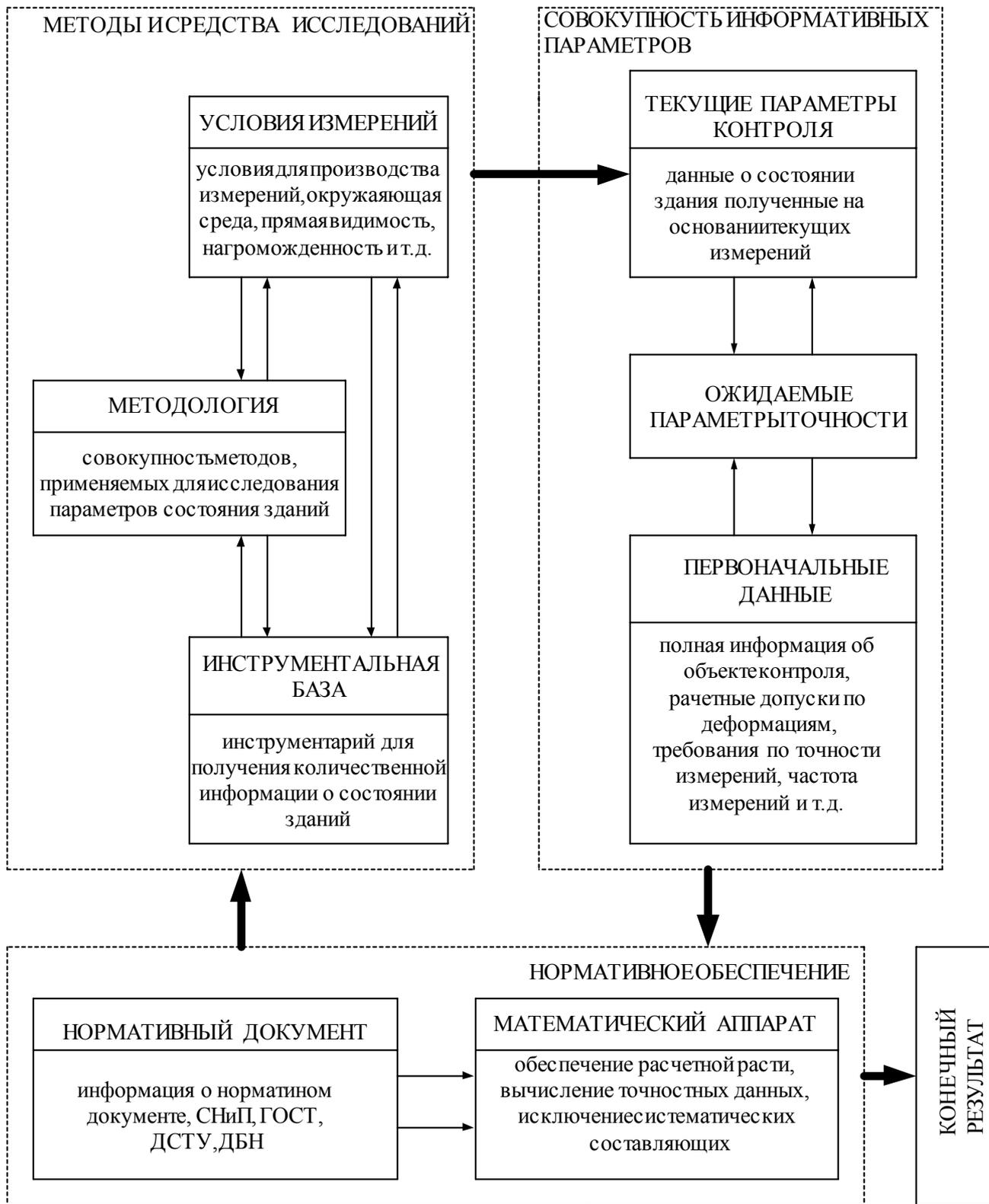


Рисунок 1 — Структурирование нормативной документации

Класс точности вертикальных и горизонтальных перемещений фундаментов зданий и сооружений устанавливается непосредственно на основании допускаемой погрешности (табл.2).

Таблица 2 — Классы точности измерений для различных значений погрешностей измерения вертикальных и горизонтальных перемещений

Класс точности измерений	Допускаемая погрешность измерения перемещений	
	вертикальных	горизонтальных
I	1	1
II	2	5
III	5	10
IV	10	15

В случае отсутствия ожидаемых данных по допускаемым горизонтальным и вертикальным перемещениям оснований фундаментов класс точности измерения деформаций принимаются из следующих соображений:

I — для зданий и сооружений: уникальных; длительное время (более 50 лет) находящихся в эксплуатации; возводимых на скальных и полускальных грунтах;

II — для зданий и сооружений, возводимых на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах;

III — для зданий и сооружений, возводимых на насыпных, просадочных, заторфованных и других сильно сжимаемых грунтах;

IV — для земляных сооружений.

В общем виде погрешность измерения деформации можно представить как совокупность составляющих в следующем виде:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_M + \Delta_{И} + \Delta_{О}, \tag{1}$$

где Δ_{Σ} — суммарная погрешность единичного замера конкретного вида деформации,

Δ_M — составляющая погрешности, обусловленная выбранным методом измерения вертикального либо горизонтального перемещения,

$\Delta_{И}$ — погрешность, внесенная инструментальной базой,

$\Delta_{О}$ — погрешность, внесенная оператором.

Относительно методологической базы для измерения вертикальных и горизонтальных перемещений можно проследить классы точности. Для методов вертикальных перемещений:

- метод геометрического нивелирования — I – IV классы
- метод тригонометрического нивелирования — II – IV классы
- метод гидростатического нивелирования — I – IV классы
- метод фотограмметрии — II – IV классы

Для методов горизонтальных перемещений:

- метод створных наблюдений — I – III классы
- метод отдельных направлений — I – III классы
- метод триангуляции — I – IV классы
- метод фотограмметрии — II – IV классы
- метод трилатерации — I – IV классы
- метод полигонометрии — III – IV классы

Оценку точности наблюдений при исследовании вертикальных и горизонтальных перемещений можно свести к табличному виду, согласно [10], что позволит построить алгоритм подсчетов (табл. 3).

Таблица 3 — Алгоритм оценки точности наблюдений деформации зданий

Вычислительная операция	Расчетная формула
1. Определение разностей d_j в каждой паре наблюдений	$d_j = x_{j1} - x_{j2}$
2. Вычисление остаточной систематической погрешности наблюдений $\delta x_{m,met}$	$\delta x_{m,met} = \frac{\sum_{j=1}^{M'} d_j}{M'}$
3. Проверка значимости остаточной систематической погрешности	$\left \sum_{j=1}^{M'} d_j \right \leq 0,25 \sum_{j=1}^{M'} d_j $
4. Вычисление средней квадратической погрешности результата измерения $S_{x,met}$, если условие 3 выполняется.	$S_{x,met} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{M'} d_j^2}{4M'}}$
5. Определение разностей в каждой паре наблюдений d'_j с исключением остаточной систематической погрешности	$d'_j = d_j - \delta x_{m,met}$
6. Проверка правильности вычислений	$\sum_{j=1}^{M'} d'_j = \sum_{j=1}^{M'} d_j - \delta x_{m,met} \cdot M'$ $\sum_{j=1}^{M'} d_j'^2 = \sum_{j=1}^{M'} d_j^2 - \frac{\left \sum_{j=1}^{M'} d_j \right ^2}{M'}$
7. Вычисление средней квадратической погрешности $S'_{x,met}$ результата измерений без учета остаточной систематической погрешности (в случае, если условие (3) не выполняется)	$S'_{x,met} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{M'} d_j'^2}{4(M'-1)}}$

В таблице x_{j1}, x_{j2} — результаты первого и второго наблюдений в паре параметра в одном из установленных сечений (мест). Для обеспечения правильной оценки все первые наблюдения в установленных сечениях (местах) выполняют в одном направлении (или при одной установке инструмента измерения) и все вторые — в обратном направлении (или при симметричной установке инструмента измерения), а запись результатов наблюдений — в строгом соответствии с порядком их выполнения; M' — число пар наблюдений $M' = M/2$.

Для исключения систематических погрешностей наблюдений приведены математические зависимости для определения составляющих неопределенностей (табл. 4) [10].

В таблице приняты следующие обозначения:

L — непосредственно измеряемый линейный параметр, мм;

l_{nom} — номинальная длина мерного прибора, мм;

l_i — действительная длина мерного прибора, мм, $\Delta l = l_i - l_{nom}$;

α_1, α_2 — коэффициенты линейного расширения средства измерения и объекта, $10^{-6} \text{ град}^{-1}$;

t_1, t_2 — температура средства измерения и объекта, °C;

h — величина отклонения направления измерения от направления измеряемого размера, мм;

Q — предельное значение допустимой силы ветра, H ;
 P — сила натяжения мерного прибора (рулетки, проволоки), H .

Таблица 4 — Оценка неопределенностей

Вид неопределенностей	Математические зависимости для определения составляющих неопределенностей систематических погрешностей	Определение пренебрежимой малости составляющей
1. Неопределенность составляющей температуры окружающей среды	$\delta x_{cor,t} = -L[\alpha_1(t_1 - 20^\circ C) - \alpha_2(t_2 - 20^\circ C)]$	$\frac{\sigma_{\delta x,t}}{\sqrt{n}} \leq \frac{1}{5} \sigma_{\Delta \delta t}$
2. Неопределенность составляющей атмосферного давления	Определяется при применении электронно-оптических средств измерений в соответствии с эксплуатационной документацией	—»—
3. Неопределенность составляющей относительной влажности окружающего воздуха	$\delta x_{cor,w}$ определяется: – при применении электронно-оптических средств измерений в соответствии с эксплуатационной документацией; – при измерении объектов, изменяющих размеры в зависимости от влажности воздуха в соответствии со свойствами материала	—»—
4. Неопределенность составляющей относительной скорости внешней среды	$\delta x_{cor,c} = \frac{Q^2 l_{nom}}{24 P^2}$	$\frac{\sigma_{\delta x,c}}{\sqrt{n}} \leq \frac{1}{5} \sigma_{\Delta \delta c}$
5. Неопределенность составляющей динамического диапазона средства измерения	$\delta x_{cor,l} = \frac{L}{l_{norm}} \Delta l$	$\frac{\sigma_{\delta x,l}}{\sqrt{n}} \leq \frac{1}{5} \sigma_{\Delta \delta l}$
6. Неопределенность составляющей несовпадения направлений линии измерения и измеряемого размера	$\delta x_{cor,h} = \frac{h^2}{2L}$	$\frac{\sigma_{\delta x,h}}{\sqrt{n}} \leq \frac{1}{5} \sigma_{\Delta \delta h}$
7. Неопределенность составляющей рефракции	$\delta x_{cor,r}$ — определяется при применении оптических или электронно-оптических приборов в зависимости от условий измерения по специальной методике	—»—

Выводы.

1. Предложена схема структурирования нормативной документации относительно параметров контроля точности при определении деформации зданий, позволяющая учесть все факторы, предопределяющие требуемые точностные характеристики в соответствии с наработанной нормативной базой.
2. Приведен алгоритм оценки точности результата наблюдений за деформациями зданий.

3. Установлены виды и математические зависимости для оценки составляющих неопределенностей с целью определения их пренебрежимой малости и представления в виде систематических погрешностей.

4. Систематизация и структуризация нормативной базы позволяет строить экспертные системы и базы знаний, автоматически учитывающие все факторы и допуски.

Литература

1. Инженерная геодезия в строительстве: Учеб. пособие для строит. спец. вузов./ Разумов О.С., Ладонников В.Г., Ангелова Н.В. и др. Под ред. О.С. Разумова. — М.: Высш. шк., 1984. — 216 с.
2. Булгаков Н.П., Рывина Е.М., Федотов Г.А. Прикладная геодезия: Учеб. для вузов. — М.: Недра, 1990. — 416 с.
3. Маслов А.В., Гладилина Е.Ф., Костык В.А. Геодезия: Учебник для техникумов. — М.: Недра, 1986, — 416 с.
4. Поклад Г.Г. Геодезия: Учебник для вузов. — М.: Недра, 1988. — 304с.
5. Визгин А. А., Ганьшин В. Н., Коугия В. А., Купчинов И. И., Хренов Л. С. Инженерная геодезия: Учеб. для вузов ж.-д. трансп./ под ред. проф. Л. С. Хренова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1985. — 352 с.
6. Инженерная геодезия. Геодезические разбивочные работы, исполнительные съемки и наблюдения за деформациями сооружений: Учеб. пособие/ Е.Б. Михаленко, Н.Н. Загрядская, Н.Д. Беляев, В.В. Вилькевич, Ф.Н. Духовской, А.А. Смирнов. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. — 88 с.
7. Инженерная геодезия. Учебное пособие, часть I / Е.С. Богомолова, М.Я. Брынть, В.В. Грузинов, В.А. Коугия, В.И. Полетаев; под ред. В.А. Коугия. — СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2006.
8. Куштин И.Ф., Куштин В.И. Инженерная геодезия. Учебник. — Ростов-на-Дону: Издательство ФЕНИКС, 2002. — 416 с.
9. Государственный стандарт ГОСТ 24846-81 "Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений" (утв. постановлением Госстроя СССР от 17 июня 1981 г. N 96)
10. Государственный стандарт ГОСТ ГОСТ 26433.0-85. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. "Правила выполнения измерений" (утв. постановлением Госстроя СССР от 17 октября 1984 г. № 174).
11. Строительные нормы и правила "Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах", СНиП 2.01.09–91. — Государственный комитет СССР по делам строительства (Госстрой СССР): 1991.
12. Строительные нормы и правила "Основания зданий и сооружений", СНиП 2.02.01–83. — Государственный комитет СССР по делам строительства (Госстрой СССР): 1983.
13. Строительные нормы и правила "Геодезические работы в строительстве", СНиП 3.01.03–84. — Государственный комитет СССР по делам строительства (Госстрой СССР): 1984.
14. Строительные нормы и правила "Нагрузки и воздействия", СНиП 2.01.07–85. — Государственный комитет СССР по делам строительства (Госстрой СССР): 1985.
15. Строительные нормы и правила "Бетонные и железобетонные конструкции", СНиП 2.03.01–84. — Государственный комитет СССР по делам строительства (Госстрой СССР): 1984.
16. Строительные нормы и правила "Несущие и ограждающие конструкции", СНиП 3.03.01–87. — Государственный комитет СССР по делам строительства (Госстрой СССР): 1987.

Здано в редакцію:
11.03.2009р.

Рекомендовано до друку:
д.т.н, проф. Чичикало Н.І.