

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 17.12.2021 11:24:36  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

**МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Юго-Западный государственный университет»**  
**(ЮЗГУ)**

Кафедра уникальных зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Шоктинова  
« 15 » \_\_\_\_\_ 2017 г.  
(ЮЗГУ)



## **ОБСЛЕДОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЕ СООРУЖЕНИЙ**

Методические указания к практическим занятиям  
по дисциплине «Обследование и испытание сооружений»  
для студентов специальности 08.05.01  
Строительство уникальных зданий и сооружений

Курск 2017

УДК 624.012

Составитель: С.Ю. Савин

Рецензент

Доктор технических наук, профессор *В.И. Колчунов*

**Обследование и испытание сооружений:** методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Обследование и испытание сооружений» для студентов направления подготовки 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Ю. Савин. Курск, 2017. - 15 с.: ил.5, табл. 1, Библиогр.: с. 15.

В настоящей методической разработке содержатся указания по к практическим занятиям, направленным на усвоение основных методов определения кренов и прогибов конструкций, выполнению поверочных расчетов конструкций.

Методические указания предназначены для выполнения практических работ по дисциплине «Обследование и испытание сооружений» студентами специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12.2017 . Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 0,93 . Уч.-изд.л. 0,84 . Тираж 100 экз. Заказ. 3633, Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50лет Октября, 94.

## Оглавление

1 Вычисление кренов строительных конструкций, зданий и сооружений .....	4
2 Расчет прогибов и деформаций перекрытий.....	10
3 Поверочный расчет конструкций .....	13
Список литературы .....	15

# 1 Вычисление кренов строительных конструкций, зданий и сооружений

Отклонение сооружения от проектного положения в вертикальной плоскости называется *креном*. Крен возникает от неравномерной осадки основания сооружения и определяется с помощью тяжелых отвесов, теодолитов и приборов вертикального проектирования. При наблюдениях за кренами зданий и сооружений предельные ошибки измерений не должны превышать:

- для стен гражданских и промышленных зданий -  $0,0001 h$ ;
- для дымовых труб, башен, мачт -  $0,0005 h$ ,

где  $h$  - высота сооружения.

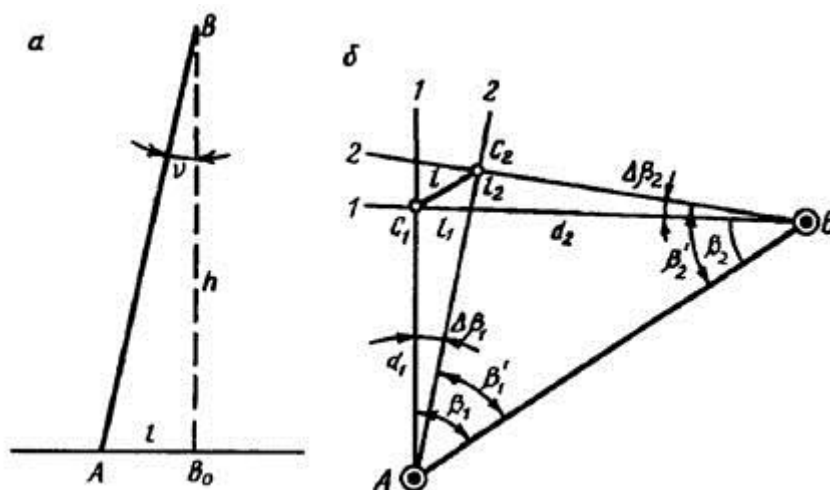


Рис. 1. Схемы определения крена сооружения: а - вертикальным проектированием, б - способом горизонтальных углов

При использовании отвеса для определения крена нить закрепляют вверху сооружения и по ее отклонению от сооружения определяют абсолютную величину крена  $i$  при помощи шкаловых устройств, например, линейки с миллиметровыми делениями. Крен в относительной мере выразится формулой

$$i = \ell/h$$

где  $h$  - высота сооружения;  $\ell$  - отклонение от вертикали.

Этот простой способ обеспечивает требуемую точность при высоте сооружения до 15 м.

### **С помощью теодолита**

Определение крена сооружения может быть выполнено с помощью теодолита, установленного над постоянным знаком примерно на расстоянии двойной высоты сооружения. Зрительную трубу наводят на заметную верхнюю точку сооружения В (см. рис. 3, а) и, опустив трубу вниз, отмечают проекцию этой точки  $B_0$  на горизонтальной реечке, расположенной перпендикулярно к визирной линии теодолита. Аналогично определяют величину крена в другой вертикальной плоскости, перпендикулярной первоначальной. Если в первой плоскости величина крена была равной  $\ell_1$ , а в другой -  $\ell_2$ , то общая величина крена будет равна

$$\ell = (\ell_1 + \ell_2) 0.5$$

Для определения изменения величины и направления крена проводят цикл наблюдений через определенные промежутки времени с одних и тех же постоянных знаков.

### **С помощью приборов вертикального визирования**

Для определения кренов сооружений применяют оптические приборы вертикального визирования с уровнем для приведения визирной оси в отвесное положение. С помощью таких приборов крены сооружений высотой до 100 м можно определить с точностью до 1 мм.

### **Способ координат**

Крен сооружения можно определить способом координат, для чего вокруг сооружения, на расстоянии около трех его высот, прокладывают замкнутый полигонометрический ход и вычисляют в частной системе координаты трех-четырёх постоянно закрепленных на местности пунктов. С этих пунктов прямой засечкой определяют координаты заметной точки на вершине сооружения. По разности

координат между текущим и начальным циклами наблюдений находят составляющие приращения крена за данный промежуток времени

$$\Delta x = x_i - x_0, \Delta y = y_i - y_0$$

полную величину приращения крена и его направление

$$l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$
$$\operatorname{tg} \alpha_l = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Для наблюдений за изменениями величины крена высотных зданий и сооружений целесообразно пользоваться способом горизонтальных углов. В этом случае с закрепленных на местности пунктов А и В (рис. 3, б), находящихся в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, периодически измеряют высокоточным теодолитом углы между опорными направлениями АВ и ВА и направлениями на наблюдаемую верхнюю точку сооружения С. По разности углов между циклами измерений и горизонтальному проложению до наблюдаемой точки, которое определяется прямой засечкой из пунктов А и В, определяют составляющие крена  $\ell_1$  и  $\ell_2$  из равенств

$$\ell_1 = d_1 \Delta\beta_1 / \rho'' , \ell_2 = d_2 \Delta\beta_2 / \rho'' ,$$

Полную величину крена  $l$  определяют по формуле, а отношение линейной величины крена к высоте сооружения дает крен в относительной мере и вычисляется по сумме квадратов составляющих отклонения.

### **Практические методы оценки величины крена сооружения**

В последнее время, в связи с бурным развитием сотовой связи (дымовые трубы используются в качестве основания для установки антенн), возникла задача определения их устойчивости к дополнительным нагрузкам – т.е. определение крена. При решении

этой задачи находят применение несколько способов (наиболее простой – описанный выше прямой способ, когда отклонения сооружения от вертикали определяют при помощи тяжелого отвеса) оценки крена в зависимости от застройки территории вокруг сооружения, т.е. от условий его видимости из точки установки теодолита.

Применяется тогда, когда верх и основание сооружения, например, дымовая труба, открыты для измерений горизонтальных углов и расстояний в двух (желательно, взаимно – перпендикулярных) плоскостях.

Порядок определения крена в этом случае следующий (рис. 4). Теодолит, тщательно поверенный и исправленный устанавливают на расстоянии, позволяющем производить наблюдения и измерения на малых зенитных расстояниях. Теодолит приводят в рабочее положение и наводят крест сетки нитей зрительной трубы на верх сооружения.

Берут отсчеты по горизонтальному кругу  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$  при наведении креста сетки нитей (биссектора) на диаметрально – противоположные образующие дымовой трубы при неизменном положении зрительной трубы в вертикальной плоскости. Наводят зрительную трубу на основание сооружения и берут отсчеты  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  по горизонтальному кругу при наведении креста сетки нитей на диаметрально – противоположные образующие основания дымовой трубы при неизменном положении зрительной трубы в вертикальной плоскости. Разность средних отсчетов по горизонтальному кругу при наведении на верх и основание сооружения и будет составляющей крена в угловой мере в этой вертикальной плоскости сооружения. С целью повышения точности (уменьшения коллимационной погрешности) и для контроля измерения производят при двух положениях вертикального круга.

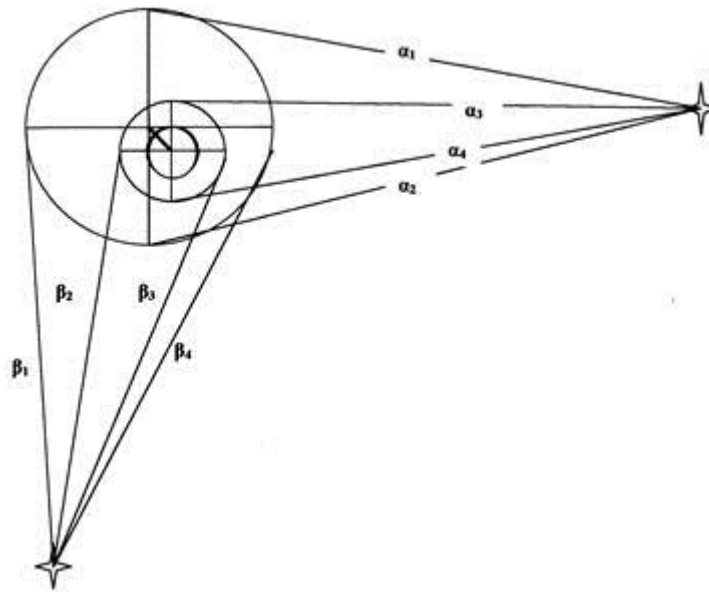


Рис. 2. Схема измерений горизонтальных углов при определении крена дымовой трубы в двух плоскостях близких к  $90^{\circ}$

В том случае, когда необходимо определить характер наклона сооружения (т.е. различить крен и изгиб трубы) указанные измерения производят на нескольких зенитных расстояния (сечениях, см. рис. 5), одновременно определяя высоту сечения  $H_i$ . Величина  $h_0$  определяется по вертикально – установленной у основания сооружения рейке при отсчете по вертикальному кругу, равном  $MO$  или  $MZ$ .

Разность отсчетов по горизонтальному кругу при неизменном положении зрительной трубы в вертикальной плоскости (т.е. на высоте исследуемого сечения) определяет угловой размер исследуемого сечения (например, диаметр дымовой трубы).

Для перевода крена и размеров сечений сооружения, выраженных в угловой мере, в линейную величину определяют цену одного градуса (минуты, секунды) в линейной мере. Для этого у основания дымовой трубы устанавливают горизонтально и перпендикулярно направлению на точку измерения (станцию) нивелирную рейку и берут отсчеты по горизонтальному кругу при наведении креста сетки нитей на концы рейки (с целью повышения точности при двух кругах). Цена одного градуса равна частному от деления длины рейки (например, 3, 5 м) на разность отсчетов по горизонтальному кругу. Если диаметр основания несколько метров и разность диаметров основания и верха трубы значительная, в



полученную цену деления следует ввести поправки за редуцирование ее на вертикальную ось. Поправка вычисляется в виде коэффициента учитывающего диаметр основания (коэффициент равен частному от деления расстояния от точки установки теодолита до центра основания дымовой трубы на расстояние от точки установки теодолита до точки установки рейки).

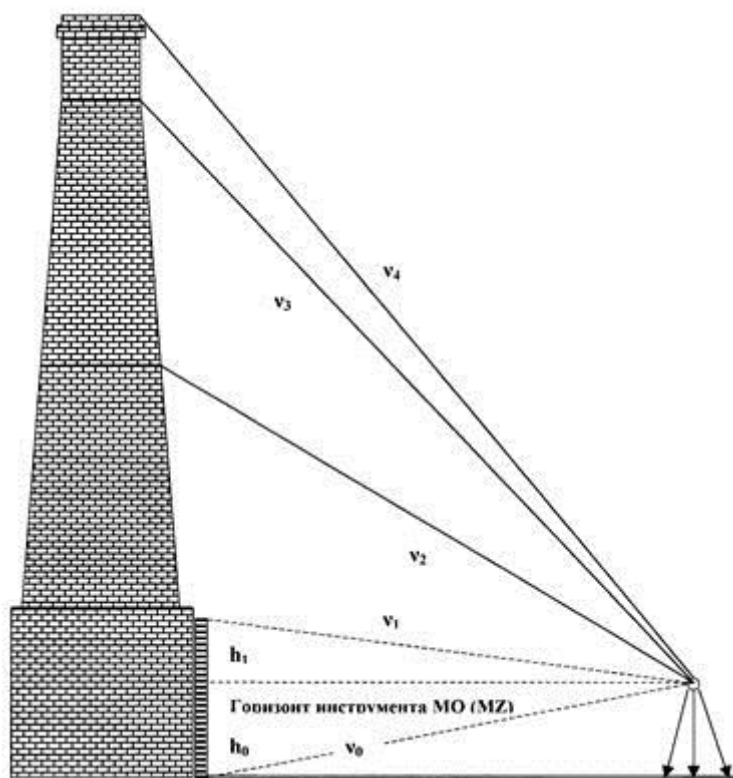


Рис. 3. Измерение горизонтальных углов на различных сечениях (зенитных расстояниях)

Расстояние от точки установки теодолита (станции) до основания сооружения (трубы, в частности) измеряют с помощью ленты или рулетки в прямом и обратном направлениях. К измеренному расстоянию прибавляют величину радиуса основания сооружения. При отсутствии условий для прямых измерений (т.е. при наличии препятствий технического и технологического плана) расстояния измеряют с помощью электронного дальномера или используя принципы оптических дальномеров с постоянным вертикальным базисом.

Указанные выше действия повторяют, измеряя горизонтальные углы  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  на другой точке (станции), лежащей в перпендикулярной плоскости. Действительная величина крена равна корню квадратному из суммы квадратов его составляющих во взаимно – перпендикулярных плоскостях.

## 2 Расчет прогибов и деформаций перекрытий

Деформацию перекрытий определяют прогибомером П-1 или нивелиром НВ-1 со специальной насадкой.

Перед началом замеров штوك устанавливают в такое положение, чтобы показания в мерной трубке соответствовали нулю. Затем трубку с диском передвигают по поверхности потолка; через каждый полный поворот диска снимают отсчеты по мерной трубке. Прогибы измеряют в различных точках потолка.

Таким же образом прогибомером П-1, нивелиром НВ-1 измеряют прогибы несущих элементов лестниц - балок, маршей и плит.

Определение кинетики развития деформаций осуществляется путем многократных их измерений через определенные интервалы времени (от одних до 30 суток) в зависимости от скорости развития деформации.

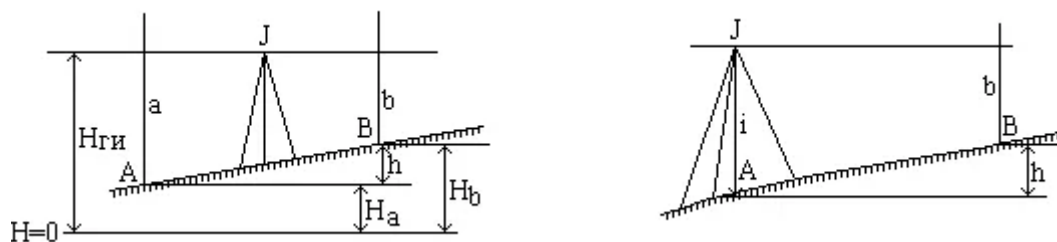


Рис. 4 Определение разницы отметок с помощью нивелира

При этом вычисление прогиба осуществляется по формуле:

$$f = A - B$$

где  $f$  – прогиб (деформация )

$A, B$  – отсчеты, взятые по рейки при нивелировании

Основной причиной появления общих деформаций зданий и сооружений являются неравномерные осадки грунтов оснований, что является следствием, как правило, изменения гидрогеологических условий, чрезмерного увлажнения грунтов, надстройки существующего здания без учета несущей способности фундаментов и т.п.

Наблюдения за деформациями зданий и сооружений, находящихся в эксплуатации, проводят в случаях появления трещин, раскрытия швов, перемещения и наклона строительных конструкций, а также резкого изменения условий эксплуатации.

Цель наблюдения за деформациями состоит в том, чтобы установить, стабилизировались или продолжают развиваться осадки здания и другие изменения в конструкциях.

Если в процессе наблюдения не были выявлены основные или наиболее вероятные причины деформаций, то наблюдения продолжают вести длительное время.

Деформации разделяют на местные, когда происходят смещение или повороты в узлах конструкций, растяжение или сжатие элементов, и общие, когда перемещаются и деформируются ряд конструкций или здание в целом.

Для измерений деформаций, осадок, кренов, сдвигов зданий и сооружений и их конструкций применяют методы инженерной геодезии. Измерения производятся специализированными организациями согласно ГОСТ 24846-81 и рекомендациям «Руководства по наблюдениям за деформациями зданий и сооружений».

### 3 Поверочный расчет конструкций

Путем натуральных обследований в зависимости от задачи должны быть установлены: состояние конструкции, геометрические размеры конструкций, армирование конструкций, прочность бетона, вид и класс арматуры и ее состояние, прогибы конструкций, ширина раскрытия трещин, их длина и расположение, размеры и характер дефектов и повреждений, нагрузки, статическая схема конструкций.

Поверочные расчеты существующих конструкций следует производить при изменении действующих на них нагрузок, условий эксплуатации и объемно-планировочных решений, а также при обнаружении серьезных дефектов и повреждений в конструкциях.

На основе поверочных расчетов устанавливают пригодность конструкций к эксплуатации, необходимость их усиления или снижения эксплуатационной нагрузки или полную непригодность конструкций.

Поверочные расчеты необходимо производить на основе проектных материалов, данных по изготовлению и возведению конструкций, а также результатов натуральных обследований.

Расчетные схемы при проведении поверочных расчетов следует принимать с учетом установленных фактических геометрических размеров, фактического соединения и взаимодействия конструкций и элементов конструкций, выявленных отклонений при монтаже.

Поверочные расчеты следует производить по несущей способности, деформациям и трещиностойкости. Допускается не производить поверочные расчеты по эксплуатационной пригодности, если перемещения и ширина раскрытия трещин в существующих конструкциях при максимальных фактических нагрузках не превосходят допустимых значений, а усилия в сечениях элементов от возможных нагрузок не превышают значений усилий от фактически действующих нагрузок.

Расчетные значения характеристик бетона принимают в зависимости от класса бетона, указанного в проекте, или условного класса бетона, определяемого с помощью переводных коэффициентов, обеспечивающих эквивалентную прочность по фактической средней прочности бетона, полученной по испытаниям

бетона неразрушающими методами или по испытаниям отобранных из конструкции образцов.

Расчетные значения характеристик арматуры принимают в зависимости от класса арматуры, указанного в проекте, или условного класса арматуры, определяемого с помощью переводных коэффициентов, обеспечивающих эквивалентную прочность по фактическим значениям средней прочности арматуры, полученной по данным испытаний образцов арматуры, отобранных из обследуемых конструкций.

При отсутствии проектных данных и невозможности отбора образцов допускается класс арматуры устанавливать по виду профиля арматуры, а расчетные сопротивления принимать на 20 % ниже соответствующих значений действующих нормативных документов, отвечающих данному классу.

При проведении поверочных расчетов должны быть учтены дефекты и повреждения конструкции, выявленные в процессе натуральных обследований: снижение прочности, местные повреждения или разрушения бетона; обрыв арматуры, коррозия арматуры, нарушение анкеровки и сцепления арматуры с бетоном; опасное образование и раскрытие трещин; конструктивные отклонения от проекта в отдельных элементах конструкции и их соединениях.

Конструкции, не удовлетворяющие требованиям поверочных расчетов по несущей способности и эксплуатационной пригодности, подлежат усилению либо для них должна быть снижена эксплуатационная нагрузка.

Для конструкций, не удовлетворяющих требованиям поверочных расчетов по эксплуатационной пригодности, допускается не предусматривать усиления либо снижения нагрузки, если фактические прогибы превышают допустимые значения, но не препятствуют нормальной эксплуатации, а также если фактическое раскрытие трещин превышает допустимые значения, но не создает опасности разрушения.

Поверочные расчеты выполняются «вручную» с учетом требований, изложенных в действующих нормативных документах, либо с использованием сертифицированных программных комплексов и подпрограмм, реализующих проверочные расчеты по методике нормативных документов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: ЦИТП Госстроя России, 2001.
2. ГОСТ 8829-94. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. – М., 1998.
3. Рекомендации по методике определения параметров, характеризующих свойства различных бетонов при расчете прочности нормальных сечений стержневых железобетонных элементов. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1984.
4. Байков, В.Н. Железобетонные конструкции. Общий курс / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. – М.: Стройиздат, 1991.
5. Железобетонные и каменные конструкции / В.М. Бондаренко, Р.О. Бакиров, В.Г. Назаренко и др.; под ред. В.М. Бондаренко. – М.: Высшая школа, 2004.