|  |
| --- |
| **Саморегулируемая организация****Ассоциация****«Объединение организаций, выполняющих архитектурно-строительное проектирование объектов атомной отрасли****«СОЮЗАТОМПРОЕКТ»****(СРО «СОЮЗАТОМПРОЕКТ»)** |
| **СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ** |
|  | Утвержденрешением СоветаСРО «СОЮЗАТОМПРОЕКТ»,Протокол № от 2024г.  |

**ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗНАКИ**

**Требования к размещению при проектировании атомных станций**

**СТО СРО-П 60542948 000ХХ–20ХХ**

**Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения**

**Москва**

**20ХХ**

**Предисловие**

1 РАЗРАБОТАН ООО «Центр технических компетенций атомной отрасли»
(ООО «ЦТКАО»)

2 ВНЕСЕН Исполнительной дирекцией СРО «СОЮЗАТОМПРОЕКТ»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ решением Совета СРО «СОЮЗАТОМПРОЕКТ», Протокол № от 2024 г.

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения СРО «СОЮЗАТОМПРОЕКТ»

**Содержание**

1 Область применения 1

2 Нормативные ссылки 1

3 Термины и определения 3

4 Сокращения 5

5 Общие положения 6

 5.1 Организация и параметры геодезического мониторинга 6

 5.2 Методы геодезических измерений, используемые при размещения деформационных марок 7

 6 Проектирование геодезических наблюдений 11

 6.1 Основные положения, учитываемые в рабочей документации при размещении деформационной сети геодезического мониторинга 11

 6.2 Совместные деформации основания и сооружений, контролируемые геодезическими методами 13

 6.3 Геодезические требования к размещению деформационных марок 17

 6.4 Особенности размещения деформационных знаков в зависимости от типа и вида контролируемых параметров деформаций 19

 6.5 Требования к количеству, место- и взаиморасположению деформационных марок 23

7 Правила закладки деформационных марок 25

 7.1 Классификация деформационных марок 25

 7.2 Деформационные марки для строительных конструкций и оборудования 26

 7.3 Деформационные марки для мониторинга грунтов основания фундаментов 27

 7.4 Марки для определения деформаций земляных сооружений 28

Приложение А (справочное) Пример расчета ожидаемой погрешности определения проектной средней осадки и предрасчет точности геодезических измерений 29

Библиография 30

|  |
| --- |
| **СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ** |
| **ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗНАКИ** **Требования к размещению при проектировании атомных станций**  |
| Дата введения – 202х–хх–хх |

**1 Область применения**

1.1 Настоящий стандарт устанавливает требования к размещению деформационных геодезических знаков на стадии проектирования при разработке программы геодезического мониторинга деформаций на строящихся и эксплуатируемых атомных станциях.

1.2 Настоящий стандарт предназначен для применения организациями – членами саморегулируемой организации Ассоциация «Объединение организаций, выполняющих архитектурно-строительное проектирование объектов атомной отрасли «СОЮЗАТОМПРОЕКТ» (СРО «СОЮЗАТОМПРОЕКТ).

1.3 Настоящий стандарт может быть использован для применения:

- на объектах с промышленными и исследовательскими ядерными реакторами, критическими и подкритическими ядерными стендами;

- объектах с ядерным топливом и материалами, в том числе с установками для их производства, использования и переработки;

- объектах стационарных радиационных источников с генерируемым ионизирующим излучением или изделиями, содержащими радиоактивные вещества;

- стационарных объектах и сооружениях, предназначенных для хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, хранения или захоронения радиоактивных отходов;

- объектах, отнесенных Градостроительным кодексом [1] (часть I, статья 48.1) к особо опасным и технически сложным и уникальным объектам.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте приведены ссылки на следующие документы:

ГОСТ 8.417 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин

ГОСТ 10528 Нивелиры. Общие технические условия

ГОСТ 22268 Геодезия. Термины и определения

ГОСТ Р 51774 Тахеометры электронные. Общие технические условия

ГОСТ 24846–2019 Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений

ГОСТ 21.001 Система проектной документации для строительства (СПДС). Общие положения

ГОСТ Р 21.101—2020 Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации

ГОСТ Р 8.565 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение атомных станций. Основные положения

ГОСТ Р 58945 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений

ГОСТ Р 57371 Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Оценка точности определения местоположения. Основные положения

ГОСТ Р 58943 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Контроль точности

СП 11-104–97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства»

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия»

СП 21.13330.2012 «СНиП 2.01.09-91 Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах»

СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений»

СП 39.13330.2012 «Плотины из грунтовых материалов. Актуализированная редакция СНиП 2.06.05-84\*»

СП 43.13330.2012 «СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий»

СП 45.13330.2017. «Свод правил. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87»

СП 58.13330.2019 «Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003»

СП 80.13330.2016 «Гидротехнические сооружения речные. Актуализированная редакция СНиП 3.07.01–85»

СП 126.13330.2017 «СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве»

СП 317.1325800.2017 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Общие правила производства работ»

СП 375.1325800.2023 «Трубы промышленные дымовые. Правила проектирования»

СП 381.1325800.2018 «Сооружения подпорные. Правила проектирования»

СТО СРО-Г 60542954 00007–2023 «Геодезический мониторинг деформаций зданий и сооружений атомных станций. Обработка данных и анализ»

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил и/или классификаторов) в информационной системе общего пользования – на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта (документа) с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта (документа) с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт (документ) отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Сведения о действии сводов правил могут быть проверены в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

Сведения о действии стандартов организации СРО могут быть проверены на официальном сайте СРО.

**3 Термины и определения**

В настоящем стандарте применены следующие термины по ГОСТ 22268, СП 11-104–97, СП 126.13330.2017, СП 317.1325800.2017, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **временной ряд:** Собранный в разные моменты времени статистический материал о значении параметров исследуемого процесса.

3.2 **геодезическая (осадочная) марка:** устройство, сооружение, метка, являющиеся носителем высоты.

Примечание – В практике геодезического мониторинга, такие марки называют деформационными.

3.3

|  |
| --- |
| **геодезический мониторинг:** Получение необходимой информации о планово-высотных смещениях наблюдаемого объекта капитального строительства для проведения оценки, анализа и прогноза развития деформаций объекта.[СП 126.13330.2017, пункт 3.11] |

3.4 **геодинамическая активность:** Совокупность эндогенных и экзогенных движений земной поверхности, количественно характеризующихся скоростями вертикальных и горизонтальных движений земной поверхности, определяемых геодезическими методами.

3.5 **геометрический центр деформационной геодезической сети:** Условная аналитическая точка, определяемая как среднее арифметическое из координат деформационных марок анализируемой сети.

3.6 **деформационная геодезическая сеть:** Совокупность точек, закрепленных марками или знаками на контролируемых зданиях, сооружениях, конструкциях и оборудовании с целью контроля их деформаций, положение которых определено в единой системе координат.

3.7 **деформационный знак:** Геодезический знак, устанавливаемый для наблюдений за смещениями зданий, сооружений, земной поверхности и толщи горных пород.

3.8

|  |
| --- |
| **деформация:** Изменение положения грунтов или конструкций, определяемое по вертикальным и горизонтальным перемещениям в сравнении с первоначальным положением.[ГОСТ 24846–2019, пункт 3.1] |

3.9 **достаточность опорной и деформационной геодезической сети:** Обоснованное предварительным расчетом точности количество, место и взаимоположение пунктов геодезической сети, позволяющих выполнить достоверный расчет наблюдаемых параметров, включая оценку устойчивости и выбор исходного пункта.

3.10 **конфигурация сети деформационных (осадочных) марок:** Система размещения сети деформационных (осадочных) марок, основным требованием которой является достаточность для определения и расчета наблюдаемого параметра деформации.

3.11 **крен:** Отклонение плоскости, определяющей положение объекта наблюдения, от первоначально заданной.

3.12 **конфигурация деформационной сети:** Место-, и взаиморасположение деформационной сети, обусловленное целями и задачами этой сети.

3.13 **начальный цикл:** Цикл измерений, при котором были впервые определены координаты и/или высота знаков деформационной геодезической сети.

3.14 **опорная сеть:** Сеть, определенным образом расположенных и постоянно закрепленных геодезических пунктов, взаимное положение которых определено в единой системе координат и высот, признанных стабильными в выделенной территориальной зоне, относительно которых определяются деформации объектов наблюдения.

3.15

|  |
| --- |
| **оседания:** Деформации земной поверхности, вызываемые подработкой, изменением гидрогеологических условий, карстово-суффозионными процессами и т. п. [СП 22.13330.2016, пункт 3.24] |

3.16 **плоскость вертикальных смещений:** Плоскость, построенная не менее чем по трем вертикальным смещениям деформационных знаков, расположенных не на одной прямой, путем аппроксимации с использованием метода наименьших квадратов к плоскости в координатной форме.

3.17 **поверхность вертикальных смещений:** Гладкая поверхность, образованная совокупностью вертикальных смещений деформационных марок, расположенных не на одной прямой, и отображаемая с помощью изолиний на плоскости с сечением, заданным в зависимости от диапазона вертикальных смещений.

Примечание – Простая поверхность называется гладкой в точке, если в этой точке существует касательная плоскость к поверхности и некоторая окрестность точки на поверхности однозначно проектируется на плоскость.

3.18

|  |
| --- |
| **подъемы и осадки:** Вертикальные составляющие деформаций основания, связанные с изменением объема грунтов при изменении их влажности или воздействием химических веществ (набухание и усадка) и при замерзании воды и оттаивании льда в порах грунта.[СП 22.13330.2016, пункт 3.29] |

3.19 **расчетное (проектное) значение деформации:** Значение, рассчитанное на основе расчетно-экспериментальных методов или математических моделей значение деформации строительных конструкций, зданий или сооружений, используемое в процессе проектирования.

3.20 **стабильность (репера или планового пункта):** Способность репера или планового пункта сохранять или изменять в допустимых пределах свои параметры (свойства) при неизменных инженерно-геологических условиях в пределах ограниченной территории.

3.21 **устойчивость репера или планового пункта:** Способность репера и/или планового пункта сохранять или изменять свое положение в пространстве и во времени при изменяющихся инженерно-геологических условиях.

**4 Сокращения**

В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

АС –атомная станция;

РВС – резервуар вертикальный стальной

РД – рабочая документация;

СКЗиС – строительные конструкции зданий и сооружений;

СКП – средняя квадратическая погрешность;

**5 Общие положения**

**5.1 Организация и параметры геодезического мониторинга**

5.1.1 Назначение, цели и задачи программы геодезического мониторинга определены в СТО СРО-Г 60542954 00007–2023.

5.1.2 Размещение деформационных марок и их конструктивные решения выполняются при разработке РД.

5.1.3 Геодезический мониторинг проводится в соответствии с Федеральным законом [2] и требованиями [4], определяющими соответствующие проектируемые параметры мониторинга (таблица 5.1.1).

Таблица 5.1.1 – Основные параметры геодезического мониторинга, назначаемые при проектировании

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Функция | Источник | Примечание |
| Перечень наблюдаемых объектов | ПиНАЭ-5.6 [3] НП-041–22 [8] |  |
| Назначение (тип и вид) контролируемых параметров деформаций | НП-041–22 [8]СП 22.13330.2016 |  |
| Площадь и конфигурация территории, контролируемой геодезическими методами:- опорными сетями - размерами и требованиями к геодинамическому полигону | НП-064–17 [5]НП-032–19 [7]РБ-019–18 [9]НП-031–01 [6] | Рекомендуемые на начальном этапе мониторинга |
| Точность геодезических наблюдений | ГОСТ 24846СП.126.13330.2017 |  |
| Цикличность мониторинга | СП.126.13330.2017 | Рекомендуемая на начальном этапе мониторинга |
| * при строительстве
 |
| * при эксплуатации
 | СТО 1.1.1.02.009.1407–2021 [10]\* |
| Примечание – При получении запредельных параметров деформаций цикличность геодезического мониторинга определяется по интенсивности проявлений или динамике параметров деформаций соответствующими специалистами Генпроектировщика. |
| \* В рамках нормативной документации, используемой эксплуатирующими организациями (АО «Концерн РОСЭНЕРГОАТОМ) |

5.1.4 Перечень наблюдаемых объектов должен определяться в зависимости от категории ответственности за ядерную и радиационную безопасность в соответствии с [3], [8].

5.1.5 Перечень СКЗиС определяется на стадии проектирования и может уточняться в процессе строительства, и на стадии эксплуатации – эксплуатирующей организацией.

Примерный перечень сооружений и ответственных строительных конструкций АС приведен в СТО СРО-Г 60542954 00007–2023 (Приложение А).

5.1.6 Назначение предельных и расчет проектных параметров деформаций должен выполняться в соответствии с требованиями СП 22.13330.2016. Предварительный расчет геодезических измерений должен выполняться с учетом требований, специфики и терминологии геодезических измерений по ГОСТ 24846.

5.1.7 Назначение контролируемых параметров деформаций должно определяться в соответствии с требованиями СП 22.13330.2016 с учетом категории ответственности за ядерную и радиационную безопасность по [3] и [8], а также категории сейсмостойкости по [6].

5.1.8 В перечень контролируемых параметров деформаций должны входить значения предельных и проектных параметров деформаций.

5.1.9 Величины предельных параметров деформаций назначаются на весь срок службы объекта в соответствии СП 22.13330.2016 с учетом фазы жизненного цикла и места его размещения.

5.1.10 Основным контролируемым параметром контроля деформаций при новом строительстве, реконструкции и для сооружений, окружающей застройки, расположенных в зоне влияния нового строительства и/или реконструкции является скорость протекания параметров деформаций во времени. По скорости протекания параметров деформаций в соответствии [8] и [10] определяется цикличность геодезического мониторинга.

Примечание – Средняя осадка считается стабилизировавшейся, если скорость вертикальных смещений деформационных марок меньше 1 мм/год. При этом, если накопленный относительный крен меняет свою величину и/или изменяется направление крена, то процесс деформации не является стабилизировавшимся.

5.1.11 Геодезический контроль параметров деформаций (мониторинг) должен осуществляться с учетом оценок локальной геодинамической активности, определяемых для строительной или промышленной площадок.

**5.2 Методы геодезических измерений, используемые при размещения деформационных марок**

5.2.1 Для геодезического мониторинга используются следующие способы геодезических измерений:

- для оценки вертикальных смещений деформаций – высокоточное геометрическое нивелирование, гидростатическое нивелирование, тригонометрическое нивелирование несопоставимое по точности с геометрическим;

- для оценки горизонтальных смещений – наземные линейно-угловые измерения при помощи высокоточных электронных тахеометров и высокоточные (в режиме «статика») спутниковые измерения.

5.2.2 Все геодезические методы измерений, используемые при проведении геодезического мониторинга, должны соответствовать требованиям:

- государственной системы обеспечения единства измерений (ГОСТ 8.417, ГОСТ Р 8.565);

- системы обеспечения точности геометрических параметров в строительстве (ГОСТ Р 58943, ГОСТ Р 58945).

Общие сведения об основных методах измерений геодезического мониторинга приведены в таблице 5.2.1.

Таблица 5.2.1 – Общие сведения об основных методах измерений геодезического мониторинга

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  Наименование геодезических измерений  | Измеряемые величиныВходные / выходные данные | Ориентировочная точность | Использование при геодезическом мониторинге | Источник |
| Геометрическое нивелирование | Превышение / превышение  | от 0,1 мм и более, в зависимости от условий измерений и принятой методики  | Средняя и максимальная осадка, относительные разности осадки и крены в горизонтальной плоскости  | ГОСТ Р 58945ГОСТ 22268 |
| Тригонометрическое нивелирование  | Вертикальные углы, наклонное расстояние / превышение  | от 1,0 мм и более в зависимости от условий измерений и длин линий визирования  | Средняя и максимальная осадка, относительные разности осадки и крены в горизонтальной и вертикальной плоскости  | ГОСТ Р 58945ГОСТ 22268 |
| Гидростатическое нивелирование  | Превышение / превышение  | 0,01 мм в зависимости от техногенных условий измерений  | Относительные разности осадки и относительные крены в горизонтальной плоскости | ГОСТ Р 58945ГОСТ 22268 |
| Створные измерения | Уклонения от прямой/ горизонтальное проложение | 0,1-1,0 мм в зависимости от природных и техногенных условий измерений | Горизонтальные смещения  | ГОСТ Р 58945ГОСТ 22268 |
| Линейно-угловые построения  | Вертикальные и горизонтальные углы, наклонное расстояние/ Координаты  | 1 – 10 мм в зависимости от условий измерений и длин линий визирования  | Горизонтальные смещения. Крены в горизонтальной и вертикальной плоскости  | ГОСТ Р 58945ГОСТ 22268 |
| Угломерные измерения(инклинометрия, наклонометрия, и пр.) | Вертикальные и горизонтальные углы | до 0,000001 (1 мм/км – для высокоточной инклинометрии) | Относительные крены фундаментов для закрытых и опасных помещений с автоматическим выводом информации  |  |
| Спутниковое координирование  | Пространственные координаты/ Пространственные координаты  | 1-3 мм в плане 10-15 мм по высоте в зависимости от условий измерений и длин линий визирования | Горизонтальные смещения  | ГОСТ Р 57371 |

5.2.3 Основным методом геодезического мониторинга осадок и деформаций является высокоточное геометрическое нивелирование по ГОСТ 10528. Точность[[1]](#footnote-1) такого нивелирования может достигать до 0,1 мм. Такое нивелирование используется для измерения превышений при помощи горизонтального луча визирования.

5.2.4 При размещении деформационных марок для геометрического нивелирования должны выполняться следующие требования:

- должна соблюдаться взаимная видимость между нивелиром, установленным на штативе на высоте от 0,8 до 2,0 м от поверхности и инварными рейками длиной 1,0; 2,0; 3,0 м. (в зависимости от комплектации);

- площадка для установки штатива с нивелиром должна быть свободной в радиусе не менее 1,5 м;

- приоритетным является равная длина визирного луча на станции между штативом и рейками (равноплечие), вне зон рефракционных или конвективных потоков воздуха;

- местоположение штатива с нивелиром должно находиться вне зоны активных вибрационных и иных динамических воздействий с дневным или искусственным освещением, включая фонари.

5.2.5 Высокоточное тригонометрическое нивелирование предназначено для определения превышений при значительных перепадах высот с углом наклона до 75° и точностью, зависящей от длины визирного луча и погрешности определения угла наклона визирной оси. Точность такого нивелирования может достигать до 1,0 мм.

Примечание– Ориентировочно погрешность определения при помощи тригонометрического нивелирования ниже в 2–5 раз относительно геометрического нивелирования в зависимости от погрешности измерений используемых приборов и инструментов, длин визирного луча и условий измерений.

5.2.6 Высокоточное тригонометрическое нивелирование выполняется соблюдением требований 5.4.3.

5.2.7 Гидростатическое нивелирование согласно ГОСТ 24846 используется для измерения превышений при помощи определения разности высот наблюдаемых точек посредством разностей уровней жидкости в сообщающихся сосудах.

5.2.8 При проектировании следует учитывать следующее:

- точность гидростатического нивелирования может достигать до 0,01 мм;

- особенностью гидростатического нивелирования является проложение шланговых соединений в ограниченном диапазоне с превышениями от 0 до 0,3 м;

- необходимость постоянного доступа к резервуару, вмещающему жидкость для ее пополнения или замены при изменении свойств жидкости;

- общая длина шланговых соединений может составлять длину до 200 м в зависимости от конструкции прибора и зависит от объема вмещающего резервуара для жидкости.

Примечания

1 Следует учитывать, что определение средней осадки фундамента методом гидростатического нивелирования, должно включать в себя использование геометрического нивелирования для привязки двух противоположных датчиков (в отдельных случаях одного) к исходному знаку.

2 Гидростатическое нивелирование может выполняться как в ручном, так и в автоматизированном режиме с использованием компьютерной техники.

5.2.9 Высокоточная инклинометрия предназначена для определения кренов наблюдаемого объекта с высокой точностью, позволяющего определять изменение угла наклона с точностью до 1 мм на 1 км в зависимости от конструкции прибора в автоматизированном режиме с использованием компьютерной техники.

Примечание – Электронные инклинометры сертифицированы в государственном реестре средств измерений РФ как измерительное средство и широко используются в практике мониторинга как в России, так и в зарубежной практике.

5.2.10 Створные измерения (по ГОСТ 24846) используются для оценки горизонтальных смещений объектов и могут выполняться специальными приборами алиниометрами[[2]](#footnote-2) с разрешимой способностью зрительной трубы 70Х, либо высокоточными электронными тахеометрами с угловой точностью 0,5" и линейной точностью 0,5 мм.

Примечание – Для проведения створных засечек необходимы комплекты специальных подвижных марок

5.2.11 Крены сооружений башенного типа (вентиляционные и дымовые трубы) определяются при помощи точных и высокоточных тахеометров по ГОСТ Р 51774. При этом методика измерений определяется в зависимости от высоты и типа сооружений.

Примечания

1 Для железобетонных труб высотой более 50 мм основным способом является метод координат, где в процессе проектирования должно быть предусмотрено местоположение плановых пунктов опорной сети в количестве не менее 4 штук, размещенных в зонах полной видимости ствола трубы и размещенных с траверсами под углами от 45° до 60°

2 Для небольших металлических труб высотой менее 50 м возможно использование метода бокового нивелирования с учетом возможности перпендикулярной установки рейки и установки прибора (тахеометра) на расстоянии не менее тройной высоты трубы.

3 Для труб, установленных на конструкциях надфундаментных построек (крыши сооружения), должна быть предусмотрена установка внешних плитных марок, используемых при определении крена трубы.

5.2.12 Значение крена фундамента трубы не может быть использовано в качестве крена ствола трубы. Поэтому при проектировании должно быть предусмотрено определение крена фундамента трубы методом высокоточного нивелирования и крена ствола трубы методом линейно-угловых построений.

Подробный анализ методов определения кренов высотных сооружений приведен в СТО СРО-Г 60542954-0007–2023 и руководстве [15].

 **6** **Проектирование геодезических наблюдений**

**6.1 Основные положения, учитываемые в рабочей документации при размещении деформационной сети геодезического мониторинга**

6.1.1 Геодезические наблюдения в рамках проведения геодезического мониторинга выполняются для контроля пределов абсолютных или относительных перемещений фундаментов и надфундаментных конструкций, полученных при расчете оснований по деформациям.

6.1.2 Целью расчета оснований по деформациям является контроль ограничения абсолютных или относительных перемещений фундаментов и надфундаментных конструкций такими пределами, при пределах которых гарантируется нормальная эксплуатация сооружения и не снижается его долговечность (вследствие появления недопустимых осадок, подъемов, кренов, изменений проектных уровней и положений конструкций, расстройств их соединений и т. п.).

Примечание – В качестве ограничений выступают величины предельных и проектных деформаций (по СП 22.13330.2016). Считается положительным близость наблюденных величин деформаций к проектным, находящимся в диапазоне предельных величин. При этом учитывается, что предельные величины назначаются на весь срок службы объекта, а проектные – на конкретный срок, характеризуемый окончанием загрузки фундамента и т.п.

6.1.3 Прочность и трещиностойкость фундаментов и надфундаментных конструкций должны быть проверены расчетом, учитывающим усилия, которые возникают при взаимодействии сооружения с основанием. При этом при проектировании сооружений, расположенных в непосредственной близости от существующих, должны быть учтены дополнительные деформации оснований существующих сооружений от нагрузок проектируемых сооружений.

6.1.4 При разработке архитектурно-планировочных решений и РД, расчеты деформаций основания в зависимости от причин возникновения подразделяются на два вида:

- первый – деформации от внешней нагрузки на основание (осадки, просадки, горизонтальные перемещения);

- второй – деформации, не связанные с внешней нагрузкой на основание и проявляющиеся в виде вертикальных и горизонтальных перемещений поверхности основания (оседания, просадки грунтов от собственного веса, подъемы и т.п.).

Здесь следует учитывать, что деформации основания первого вида при прочих равных условиях вызывают тем большие усилия в конструкциях сооружения, чем больше сжимаемость грунтов, при деформациях второго вида - усилия уменьшаются с увеличением сжимаемости грунтов.

Примечание – Приведенное деление деформаций основания показывает не только специфику, но и сходство воздействии деформаций основания на конструкции сооружений, возводимых в различных грунтовых условиях, и поэтому может быть использовано для унификации проектирования.

6.1.5 Для конструкций сооружений наиболее опасны неравномерные деформации основания. Основными причинами их являются:

а) для деформаций основания первого вида:

 1) неравномерность сжимаемости основания из-за неоднородности грунтов, выклинивания и непараллельности залегания отдельных слоев, наличия линз, прослоев и других включений, неравномерного уплотнения грунтов, в том числе искусственных подушек и т.п.;

 2) особенность деформирования основания как сплошной среды, проявляющаяся в том, что осадки основания происходят не только в пределах, но и за пределами площади нагружения.

Примечание – Приведенной особенностью основания, в особенности сложенного сильно сжимаемыми грунтами, объясняются многие случаи повреждений существующих сооружений при возведении в непосредственной близости от них- новых сооружений.

 3) неравномерное увлажнение грунтов, в частности просадочных и набухающих;

 4) различие нагрузок на отдельные фундаменты, их размеров в плане и глубины заложения;

 5) неравномерное распределение нагрузок на полы производственных зданий, а также загрузка территории в непосредственной близости от сооружения;

 6) нарушения правил производства строительных работ, приводящие к ухудшению свойств грунтов, ошибки, допущенные при инженерно-геологических изысканиях и проектировании оснований и фундаментов, а также нарушение предусмотренных проектом условий эксплуатации сооружения;

б) для деформаций основания второго вида:

 1) повышение влажности просадочных грунтов в грунтовых условиях II типа;

 2) подземные горные выработки;

 3) изменение температурно-влажностного режима некоторых грунтов (например, набухающих), изменение гидрогеологических условий площадки; влияние динамических воздействий, например, от городского транспорта и т.д.

Примечание – Причинами неравномерных деформаций основания, которые необходимо учитывать при проектировании, могут быть. не только инженерно-геологические и гидрогеологические факторы, но и конструктивно-технологические особенности проектируемых сооружений, способы производства работ по устройству оснований и фундаментов, особенности эксплуатации сооружений.

6.1.6 Деформации основания классифицируются по причинам их проявлений на:

- осадки (уплотнения без изменения структуры грунтов);

- просадки (уплотнения с изменением структуры грунтов);

- подъемы и осадки (изменения объема грунтов);

- оседания (изменения гидрогеологических условий, карстово-суффозионные процессы и пр.);

- горизонтальные перемещения (горизонтальные нагрузки на основание).

6.1.7 Расчет оснований по деформациям должен производиться исходя из условия совместной работы сооружения и основания.

Примечание – Нагрузки на основание допускается определять без учета их перераспределения надфундаментной конструкцией при расчете:

- оснований зданий и сооружений III класса;

- общей устойчивости массива грунта основания совместно с сооружением;

- средних значений деформаций основания;

- деформаций оснований в стадии привязки типового проекта к местным грунтовым условиям.

**6.2 Совместные деформации основания и сооружений, контролируемые геодезическими методами**

6.2.1 Совместная деформация основания и сооружения характеризуется:

- абсолютной осадкой основания s отдельного фундамента $s$;

- средней осадкой основания сооружения $\overbar{s}\_{u}$;

- относительной разностью осадки $(\frac{Δs}{L})\_{u}$;

- относительной неравномерностью осадок двух фундаментов $\frac{Δs}{L};$

- креном фундамента (сооружения) $i$;

- относительным прогибом или выгибом $f/L$;

- кривизной изгибаемого участка сооружения $ρ$;

- относительным углом закручивания сооружения $θ$;

- горизонтальным перемещением фундамента (сооружения) $u$.

 Примечание – Аналогичные характеристики деформаций могут устанавливаться также для других деформаций, указанных в СП 20.13330.2016, СП 21.13330.2012, СП 43.13330.2012.

6.2.2 В соответствии требованиями СП 22.13330.2016 (пункт 5.6.4), [11] (пункт 2.163) абсолютная осадка основания отдельного фундамента $s$ определяется как среднее вертикальное перемещение фундамента от нагрузки, передаваемой на основание, или других причин (например, обводнения и, как следствие, просадки грунтов основания).

Примечания

1 Для определения среднего вертикального перемещения монолитного фундамента геодезическими методами используются не менее 4 деформационных марок, предназначенных для высокоточного нивелирования относительно ближайшего устойчивого репера, высота которого принимается неизменной.

2 Деформационные марки размещаются с учетом требований проведения геодезических измерений (высокоточного нивелирования), при оценках средней осадки.

6.2.3 Средняя осадка основания сооружения является равномерной составляющей общей, как правило, неравномерной осадки.

При подсчете средней осадки необходимы данные по абсолютным осадкам не менее чем четырех характерных точек по каждому (по размерам и действующим на них нагрузкам) из фундаментов.

Чем больше площадь застройки и больше различие в размерах отдельных фундаментов, тем большее число фундаментов необходимо учитывать при подсчете средней осадки.

В общем случае значение средней осадкой основания сооружения $\overbar{s}\_{u} $определяется по формуле

$ \overbar{S}=\sum\_{}^{}s\_{i}A\_{i}/\sum\_{}^{}A\_{i}, $ (6. 1)

где $s\_{i}$ - абсолютная осадка i-го фундамента с площадью $A\_{i}$.

Примечание – Если осадки всех фундаментов сооружения одинаковы, т.е. происходит равномерная осадка основания сооружения, то в его конструкциях не возникает дополнительных усилий и деформаций. В этом случае средняя осадка ограничивается только технологическими или архитектурно-эстетическими требованиями.

6.2.4 Относительная неравномерность осадок $Δs/L$ двух фундаментов представляет собой разность абсолютных осадок двух фундаментов, отнесенную к расстоянию между ними. Эта характеристика используется при неплавных (скачкообразных) эпюрах осадок (рисунок 6.1).



Рисунок 6.1 – Схема неравномерных осадок основания фундаментов сооружения

Примечание – Для гибких сооружений величина $Δs/L $характеризует перекосные деформации, а для относительно жестких - преимущественно сдвиговые деформации конструкций.

6.2.5 Крен фундамента или сооружения в целом i – разность осадок крайних точек фундамента или сооружения в целом, отнесенная к ширине или длине фундамента (сооружения) (рисунок 6.2).



Рисунок 6.2– Схема крена жесткого сооружения

Примечание – В практике, для небольших жестких фундаментов и сооружений с равномерно распределенной нагрузкой, осадки основания в любом направлении изменяются по линейному закону. Однако, крупные сооружения с жестким фундаментом (с длиной и/или шириной более 25 м) могут испытывать прогибы и/или выгибы в зависимости от распределения нагрузки и изменчивости напряженно-деформируемого состояния основания.

6.2.6 Относительный прогиб или выгиб $f/L$ - отношение стрелы прогиба или выгиба к длине однозначно изгибаемого участка сооружения, характеризуя плавные искривления зданий и сооружений (рисунок 6.3).



Рисунок 6.3 – Схема прогиба (выгиба) сооружения

Относительный прогиб (выгиб) $f/L$ вычисляется по формуле

 $\frac{f}{L}=\frac{2s\_{2} –(s\_{1}+s\_{3})}{2L}$, (6. 2)

где $s\_{1}$ и $s\_{3}$ – осадки концов рассматриваемого участка однозначного искривления;

$s\_{2}$ – наибольшая или наименьшая осадка на том же участке;

$L$ – расстояние между точками, имеющими осадки $s\_{1}$ и $s\_{3}$.

6.2.7 Кривизна изгибаемого участка сооружения $ρ$ - величина, обратная радиусу искривления, наиболее полно характеризует напряженно-деформированное состояние относительно жестких протяженных сооружений (рисунок 6.3). Эта величина, вычисляемая при расчете сооружении в процессе разработки типовых проектов, в дальнейшем используется для установления предельных деформаций основания по условиям прочности и трещиностойкости конструкций.

6.2.8 Относительный угол закручивания сооружения $θ$ (рисунок 6.4) характеризует пространственную работу конструкций сооружения.



Рисунок 6.4 – Схема осадок основания

Усилия в конструкциях, возникающие при кручении сооружения, должны суммироваться с усилиями от других видов деформаций (например, прогиба).

6.2.9 Горизонтальное перемещение фундамента или сооружения в целом и, как правило, следует учитывать при действии на основание горизонтальных нагрузок.

6.2.10 Возможна сложная деформация сооружения вследствие неравномерных осадок основания. В этом случае она может быть разложена на отдельные составляющие, как это показано на рисунке 6.5.



Рисунок 6.5 – Схема сложной деформация основания

**6.3 Геодезические требования к размещению деформационных марок**

6.3.1 Количество и место расположение деформационной знаков должны быть достаточными для определения наблюдаемых параметров деформаций, а само размещение сети должно быть согласовано со специалистами геодезического профиля.

6.3.2 Проект размещения деформационной сети должен быть представлен в РД (по ГОСТ 21.001), а сеть размещена в зависимости от наблюдаемых параметров деформаций, указанных в СП 22.13330.2016 (приложения Г, Е, К, Л) назначенных при проектировании генпроектировщиком, либо службами строительной или эксплуатирующей организации со ссылками на требования нормативных документов.

В таблице 6.3.1 приведены   общие требования к назначению контролируемых параметров деформаций

Таблица 6.3.1 – Общие требования к назначению контролируемых параметров деформаций по СП-22.13330.2016

| Тип здания или сооружения | Средняя осадка | Относи-тельный крен | Макс. осадка | Относи-тельная разность осадки |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| $$\overbar{s}\_{u}$$ |  | $$i$$ | $$s\_{u}^{max}$$ | $$s\_{u}^{max}$$ |
| 1. Производственные и гражданские одноэтажные и многоэтажные здания с полным каркасом: железобетонным или стальным  | -  | -  | +  | +  |
| 2. Здания и сооружения, в конструкциях которых не возникают усилия от неравномерных осадок  | -  | -  | +  | +  |
| 3. Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из крупных панелей, крупных блоков или кирпичной кладки без армирования и с армированием, в т.ч. с устройством железобетонных поясов  | +  | +  | -  | +  |
| 4. Дымовые и вентиляционные трубы  | +  | +  | -  | -  |
| 5 Жесткие сооружения  | +  | +  |   |   |

6.3.3 Проектируемая предельная погрешность геодезических измерений при определении параметров деформаций ($∆$) вычисляется по формуле:

$$M\_{∆ пред}=\frac{∆}{2t}$$

где $∆$ – ожидаемый параметр деформации;

 t – нормируемый множитель, принимаемый в зависимости от ответственности работ (2; 2,5; 3 с доверительной вероятностью соответственно 0,95; 0,98; 0,99);

 $M\_{∆ пред}$ – предельная погрешность ожидаемого параметра деформаций (Δ).

Связь между предельной и средней квадратической погрешностью (𝑚) определяется из уравнения

$M\_{∆ пред}=3m$.

6.3.4 Требования к точности измерений предъявляются величинами СКП определения параметров деформаций, которые устанавливаются относительно расчетных и (или) предельных значений деформаций, заданных техническим заданием.

Примеры для расчета ожидаемой погрешности определения параметров деформаций приведены в приложении А.

Предельные значения параметров деформаций зданий, сооружений и отдельных конструкций приведены в СТО СРО-Г 60542954 00007–2023 (Приложение В).

6.3.5 Расчет ожидаемой погрешности определения вертикальных и горизонтальных деформаций зависит от проектных решений и методов расчета деформаций.

В зависимости от ожидаемой погрешности определения деформаций, установленных в проекте и в соответствии с ГОСТ 24846–2019 (Таблица 1) назначается методика и выполняется предрасчет точности геодезических измерений, выполняемых при мониторинге.

**6.4** **Особенности размещения деформационных знаков в зависимости от типа и вида контролируемых параметров деформаций**

**6.4.1 Фундаменты сооружения**

6.4.1.1 Контроль деформаций фундаментов жестких сооружений с монолитной железобетонной плитой выполняется в соответствии с [8] и СП 22.13330.2016 и осуществляется по величинам средней осадки и относительного крена, определяемых при помощи высокоточного геометрического нивелирования в соответствии с СТО СРО Г 60542954.00007­–2023.

Примечания

1 Наиболее удачной должна считаться схема с центральной симметрией относительно сторон фундамента и конфигурации фундамента, что позволяет разделять на деформации: крен и/или осадку фундамента.

2 При невозможности разработки схемы с центральной симметрией относительно сторон фундамента и конфигурации фундамента в практике используется расчетная схема оценки средней осадки в геометрическом центре фундамента по изолиниям вертикальных смещений деформационных марок фундамента и/или надфундаментных построек.

6.4.1.2 При строительстве деформации фундаментов жестких сооружений с монолитной железобетонной плитой контролируются плитными марками, устанавливаемыми по верху фундамента. В практике, после выхода на дневную поверхность плитные марки переносятся на надфундаментные конструкции в виде стенных внутренних и/или внешних деформационных марок.

Примечания

1 Для каркасных сооружений с монолитной железобетонной плитой используются ближайшие внешние фундаментные колонны и/или опоры, а также (при необходимости) колонны и/или опоры внутри сооружения.

2 Для жестких монолитных сооружений марки перезакладываются в районе размещения плитных марок фундамента с возможностью измерений на дневной поверхности снаружи сооружения.

6.4.1.3 Конструкция стенных внутренних и/или внешних деформационных марок выбирается в зависимости от материала опор и должна учитывать конструктивные и строительные особенности, в т.ч. наличие вентилируемых фасадов.

6.4.1.4 Сооружения, возводимые на отдельно стоящих фундаментах на естественном (искусственном) основании или на свайных фундаментах с отдельно стоящими ростверками (ленточные, столбчатые и т.п.) контролируются по величинам максимальной осадки и относительной разности осадки, определяемых при помощи высокоточного геометрического нивелирования и деформационных марок.

6.4.1.5 Результаты этих наблюдений предоставляются в табличном и графическом виде:

- средняя и максимальная осадки иллюстрируется графиками изолиний вертикальных смещений по деформационным маркам в пределах габаритов фундамента;

- развитие средней осадки и относительного крена иллюстрируются временными графиками, включая графики средней осадки, относительного крена и направления относительного крена;

- относительная разность осадки иллюстрируется эпюрами по сопряженным конструкциям, на которых указывается расстояние и относительная разность. Обычно эпюры выстраиваются вдоль стен;

- развитие предельных максимальной осадки и/или относительной разности осадки иллюстрируется (картируется) на планах, где указываются направление развития в виде стрелок и значения их плановых и высотных скоростей.

**6.4.2 Турбоагрегаты**

6.4.2.1 Контроль деформаций турбоагрегатов осуществляется в соответствии с [12][[3]](#footnote-3), [16] и [13] по вертикальным деформациям нижней и верхней фундаментных плит.

6.4.2.2 В пределах нижней фундаментной плиты деформационные марки устанавливаются на опорах фундаментных колонн турбоагрегата, расположенных симметрично относительно оси валопровода турбоагрегата.

Примечание – В период строительства до начала сооружения фундаментных колонн турбоагрегата используются плитные марки, после возведения колонн плитные марки переносятся на колонны в виде стенных марок. После завершения возведения колонн и монтажа верхней фундаментной плиты размещаются плитные марки на рабочей отметке верхней фундаментной плиты симметрично маркам нижней фундаментной плиты.

6.4.2.3 Контроль деформаций турбоагрегата выполняется по величинам средней осадки нижней фундаментной плиты, продольному крену и прогибу/выгибу вдоль оси валопровода, поперечной относительной разности осадки вдоль ригелей верхней фундаментной плиты

6.4.2.4 Контроль деформаций турбоагрегата выполняется по величинам средней осадки нижней фундаментной плиты, продольному крену и прогибу/выгибу вдоль оси валопровода, поперечной относительной разности осадки вдоль ригелей верхней фундаментной плиты

6.4.2.5 При размещении деформационных марок на верхней фундаментной плите должна быть предусмотрена возможность передачи высоты с горизонта на горизонт, для чего используются марки на колоннах каркаса машинного зала.

6.4.2.6 Для проведения работ по центровке и балансировки оси валопровода должно быть предусмотрено размещение марок на опорах стоек подшипников турбоагрегата. При этом прогиб/выгиб, определенный по маркам на опорах стоек подшипников, должен быть сопоставим с прогибом/выгибом, определенным по маркам фундаментных колонах турбоагрегата.

**6.4.3 Резервуары**

6.4.3.1 Контроль деформаций резервуаров выполняется в соответствии с требованиями СП 43.13330.2012 (раздел 6.1), [14] и осуществляется при помощи геометрического нивелирования по плитным маркам, устанавливаемым на фундаментные опоры резервуаров, не менее чем в восьми точках, но не реже чем через 6 м.

6.4.3.2 В соответствии с СП 43.13330.2012 (пункт 6.1.22) в резервуарах вертикальных стальных (РВС) разность осадок под центральной частью днища и под стеной не должна превышать 0,003R (R – радиус резервуара). Крен резервуаров не должен превышать:

- 0,002R – для резервуаров с понтоном и плавающей крышей;

- 0,003R – для резервуаров без понтона или плавающей крыши.

6.4.3.3 В отдельных случаях может быть предусмотрен контроль геометрии РВС, включая измерения:

- уклонений от заданных кривизн (в большинстве случаев окружности) в горизонтальной плоскости;

- уклонений стенок резервуара от вертикальности.

**6.4.4 Линейные сооружения**

6.4.4.1 К линейным объектам относятся однотипные по конструкции, протяженные по расстоянию надземные и подземные инженерные сооружения: эстакады, дамбы, надземные и подземные трубопроводы,

6.4.4.2 Для контроля деформаций линейных сооружений (подземные и надземные сооружения, включая, надземные эстакады под тяжелые технологические трубопроводы, подземные трубопроводы ответственных водопотребителей) используются максимальная осадка и относительная разность осадки.

6.4.4.3 Для контроля деформаций надземных эстакад и галерей, имеющих столбчатые фундаменты, используются относительные разности осадки.

В соответствии с СП 43.13330.2012 (пункт 8.3.23) величины предельных вертикальных и горизонтальных прогибов конструкций опор и эстакад устанавливаются технологическими требованиями и не должны превышать 1/150 пролета и 1/75 вылета консоли.

6.4.4.4 Если линейное сооружение из железобетонных секций (подземные трубопроводы большого диаметра), то по каждой из секций наблюдаются средняя осадка по секции, межсекционные относительные разности осадки.

6.4.4.5 По всему линейному сооружению должен быть сформирован продольный профиль при необходимости с поперечниками, характеризующий общую осадку вдоль формирующей линии, на каждом участке оценены относительные разности осадки и, при необходимости, относительные крены.

**6.4.5 Сооружения башенного типа**

6.4.5.1 К сооружениям башенного типа относятся вентиляционные и дымовые трубы (по СП 375.1325800.2023), мачты и пр. основным параметром деформаций является оценки уклонения от вертикальной оси, определяемые виде:

- абсолютного крена как линейного расстояния между центром проекции верхнего сечения и центром нижнего сечения на горизонтальной плоскости, проходящей через фундамент сооружения башенного типа;

- относительного крена, определяемого как отношение величины абсолютного крена к превышению между верхним и нижним сечением:

- угловой величины в градусной или иной мере.

6.4.5.2 Наблюдения за высотными (с H > 60 м) железобетонными сооружениями башенного типа (дымовые и/или вентиляционные трубы) выполняются при помощи линейно-угловых засечек [15], выполняемых на пунктах полигонометрии со взаимной видимостью методом координат, либо относительно удаленных визирных пунктов (методом направлений). При этом необходимые пункты полигонометрии должны располагаться не ближе двойной высоты сооружения башенного типа.

6.4.5.3 Наблюдения за металлическими дымовыми трубами определяются по типу труб и их креплению (колонные, фермовые, фасадные, самонесущие (бескаркасные) и мачтовые). Для труб с регулируемой вертикальностью при помощи талрепов с металлическими оттяжками наблюдается средняя осадка и крен фундамента, на котором закрепляются крюки талрепов. Количество деформационных марок определяется в практике числом оттяжек.

**6.4.6 Земляные сооружения, основания и фундаменты**

6.4.6.1 Контроль деформаций земляных сооружений выполняется в соответствии с требованиями СП 45.13330.2017.

6.4.6.2 К земляным сооружениям относятся искусственные объекты (земляные массивы), используемые при проведении строительных работ на территории стройплощадки. Такими объектами являются усиленные/укрепленные грунтовые массивы, несущие и ограждающие стены в грунте, подпорные сооружения, отвалы и др., используемые в качестве грунтов оснований фундаментов зданий и сооружений.

Примечание – Поверхностные и глубинные марки используются для контроля деформаций мульды просадки грунтов основания фундаментов

6.4.6.3 Геодезический контроль для земляных сооружений осуществляется при помощи поверхностных и глубинных марок, закладываемых в грунтовый массив. Часть глубинных марок должна использоваться в качестве знаков опорной геодезической сети промплощадки, поэтому конструктивно может быть приближена к знакам высотной и/или планово-высотной сети (СП 126.13330.2017), а также требования к геодезической сети в соответствии с требованиями СП 21.13330.2012 и СП 22.13330.2016.

**6.4.7 Подпорные стенки**

6.4.7.1 Размещение деформационных марок на подпорных стенках и их разновидностях выполняется с учетом требований к проектированию в соответствии с СП 381.1325800.2018.

6.4.7.2 При контроле деформаций используются плановые и высотные, либо планово-высотные деформационные марки, размещаемые попарно на каждом блоке подпорной стенки.

6.4.7.3 Основным требованием к размещению деформационных марок является возможность оценки планово-высотных смещений блоков, в том числе разворот и опрокидывание блока.

6.4.7.4 Выходными данными после проведения как раздельных – плановых (линейно-угловых измерений) и высотных (геометрическое нивелирование) измерений, так и комплексных планово-высотных (при помощи электронной тахеометрии) измерений должны быть смещения блока (изменение приращений и превышений) относительно принятой за исходную сеть геодезических центров и реперов.

**6.4.8 Транспортные загрузочные, перегрузочные порталы**

6.4.8.1 Сеть деформационных марок устанавливаемых на транспортных загрузочных, перегрузочных порталах устанавливается на фундаментные стойки слева и справа от портала.

6.4.8.2 Для каждой стойки выполняется оценки средней осадки и крена (при необходимости).

6.4.8.3 Для левой и правой стоек транспортного портала оценивается максимальная относительная разность осадки

**6.5 Требования к количеству, место- и взаиморасположению деформационных марок**

6.5.1 При разработке схем размещения деформационных марок должны применяться картографические материалы, в том числе:

- топографические планы крупных масштабов (1:500);

- генеральные планы или стройгенпланы объекта с учетом проекта вертикальной планировки;

- строительные чертежи (планы и вертикальные сечения).

6.5.2 Если марки размещают в здании или сооружении на разных горизонтах, то для каждого горизонта составляется своя схема. На схемах показывают связи сетей разных ярусов.

6.5.3 Для фундаментов, выполненных в виде условно несгибаемой (монолитной), фундаментной плиты конфигурация сети деформационных марок определяется с учетом формы и размеров фундамента и основными контролируемыми параметрами являются средняя осадка и относительный крен.

6.5.3.1 Для прямоугольных фундаментов с четырьмя углами конфигурация сети должна обладать центральной симметрией, для случаев:

- если стороны фундамента не превышают 24 м достаточно иметь четыре деформационных марки, размещенных по углам фундамента;

- соотношение сторон 1:1,5; 1:2 и более, и длинной стороной более 24 м количество деформационных марок по длинной стороне должно быть увеличено пропорционально соотношению сторон.

6.5.3.2 Для прямоугольных монолитных фундаментов с шестью и более углами марки размещаются по углам фундамента и по длинным сторонам равномерно - пропорционально соотношению длинной и короткой сторон.

6.5.3.3 Для сложных по форме фундаментов, содержащих криволинейные и прямоугольные элементы, деформационные марки размещаются равномерно, с расстоянием не превышающем короткую сторону (но не более 24 м).

6.5.3.4 Запрещается определение относительного крена монолитной фундаментной плиты по одной из ее сторон, если это не предопределено особыми условиями.

6.5.3.5 Если фундамент сооружения комплексный: состоит из нескольких монолитных плит или составлен из различных типов фундаментов, то деформационная сеть размещается на каждый фундамент отдельно.

6.5.4 Для столбчатых и ленточных фундаментов, где контролируется максимальная осадка и относительная разность осадки, деформационная сеть размещается на каждую несущую колонну, либо через одну – при особых условиях.

6.5.5 При закладке необходимо учитывать свойства наблюдаемого параметра деформаций:

- при определении средней осадки и относительного крена (монолитные фундаментные плиты и пр.) марки устанавливаются симметрично относительно геометрического центра фундамента. При этом минимальное количество деформационных марок не менее четырех;

- определении максимальной осадки и относительной разности осадки (столбчатые и ленточные фундаменты) марки устанавливаются на каждой несущей опоре и/или колонне либо через одну при особых условиях.

6.5.6 Высотные деформационные марки должны быть размещены на фундаментах турбин, котлов, питательных насосов, трансформаторов и другого оборудования, работа которого влияет на безопасность АС. Деформационные марки рекомендуется размещать симметрично центральной оси агрегатов, на поверхностях сопряжения ригелей (при наличии) и колонн агрегатов.

6.5.7 Плановые деформационные марки для определения горизонтальных смещений объектов закладываются в цокольную часть здания, при отсутствии видимости – в стены здания. Марки размещают по периметру с шагом до 20 метров, по углам, по обе стороны осадочных швов.

6.5.8 После пристройки вновь возводимого здания к существующему, место примыкания рассматривают как осадочный шов и деформационные марки устанавливают по обе его стороны. На существующем здании можно ограничиться установкой деформационных марок на расстоянии до 25 метров от места примыкания нового здания.

6.5.9 Планово-высотные деформационные марки для определения кренов, прогибов/выгибов несущих конструкций рекомендуется устанавливать вертикальными рядами (не менее 3-х в ряд и более – в зависимости от количества перекрытий, а при наблюдении высотных объектов – в зависимости от их высоты). При этом первая марка устанавливается у основания, вторая – ближе к верху конструкции, промежуточные марки – между ними.

6.5.10 Планово-высотные деформационные марки устанавливают на наружных и внутренних частях зданий или сооружений. При разработке детальной схемы их размещения учитывают требования, предъявляемые к установке как высотных, так и плановых деформационных марок в соответствии с ГОСТ 24846, [15].

6.5.11 Для геодезического контроля сдвига (разворота) фундамента в плане должны применяться не менее 4 марок (створных засечек), расположенных по периметру сооружения. При блочном строении фундамента расчет сдвига (разворота) определяют для каждого блока с установкой деформационных марок на расстоянии 0,2-0,3м справа и слева от деформационного шва.

6.5.12 Для контроля сдвига (разворота) и опрокидывания (подпорные стенки) деформационные марки устанавливают на нижнем и верхнем горизонтах каждого из блоков с учетом положения деформационных швов.

**7 Правила закладки деформационных марок**

**7.1 Классификация деформационных марок**

7.1.1 В зависимости от окружающей среды деформационные марки делятся на внешние и внутренние марки. При этом конструкция внешних марок должна предусматривать антикоррозионную защиту, антивандальные приспособления, иметь высокую сохранность.

7.1.2 В зависимости от методов геодезических измерений деформационные марки разделяют на высотные (для геометрического нивелирования), планово-высотные (для линейно-угловых засечек, тригонометрического нивелирования) и плановые (для створных наблюдений).

7.1.3 Деформационные марки для геометрического нивелирования делятся на три типа по месту их установки:

- плитные марки, устанавливаемые на горизонтальной поверхности (верхняя поверхность фундаментов; ригелей, балок и пр.) с учетом возможности установки нивелирной рейки;

- стенные марки, закрепляемые на вертикальной поверхности (фундаментные колонны, опоры, строительные конструкции боковых ограждений;

- марки для подвешивания навесных реек (подвесные марки) в виде металлических стержней, штырей и пр.

7.1.4 Планово-высотные деформационные марки делят на призменные, светоотражающие (катафотные), марки – метки на строительных конструкциях и оборудовании.

**7.2 Деформационные марки для строительных конструкций и оборудования**

7.2.1 При закладке деформационных марок необходимо руководствоваться ГОСТ 24846–2019 (подпункт 5.1.9).

7.2.2 При закреплении деформационных марок обязательными условиями являются:

- жесткая связь с фундаментом сооружения и наблюдаемыми строительными конструкциями;

- доступность для производства геодезических работ;

- безопасность от механических повреждений.

7.2.3 Все марки должны иметь жесткое крепление, иметь возможности для наведения на нее и/или обеспечивать установку рейки, быть сохранной внутри помещений и на внешней стороне зданий и сооружений, включая:

- стенные (в том числе с учетом вентилируемых фасадов) и плитные марки; шкаловые и кодовые деформационные марки;

- призменные отражатели на 360°; пленочные световозвращающие марки;

- замаркированные детали конструкций и технологического оборудования.

7.2.4 Все материалы, подверженные коррозии, применяемые для изготовления деформационных марок, независимо от их типов должны иметь антикоррозионную защиту. В местах подверженных механическим повреждениям плитные (напольные) марки должны быть закрыты крышками.

7.2.5 При установке шкаловых или кодовых нивелирных деформационных марок необходимо обеспечить точность установки вертикальной оси симметрии марки не менее 5 угловых минут. Отклонения интервалов кодовых и шкаловых деформационных марок от номинального значения должны быть не более 0,1 мм.

7.2.6 Каждой деформационной марке присваивается номер. Рекомендуется присваиваемой нумерации учитывать номер здания в составе объекта и номер марки на чертеже здания.

7.2.7 После установки высотной деформационной марки определяются ее координаты с СКП не более 10 см в строительной системе координат данного здания или сооружения.

7.2.8 Установку стенных марок, а также маркировку деталей строительных конструкций и технологического оборудования, предназначенных для геометрического нивелирования, рекомендуется предусматривать:

- на отметке от 0,2 до 0,8 м, считая от уровня отмостки – для наружных марок и уровня полов – для марок, установленных внутри помещений с учетом свободного пространства над маркой, необходимого для постановки инварных реек высотой до 3 м;

- на отметке 3,0 м и более - при необходимости подвешивания реек и в зависимости от их длины.

**7.3 Деформационные марки для мониторинга грунтов основания фундаментов**

7.3.1 Поверхностные марки для определения деформаций грунтового массива в рамках проведения геотехнического мониторинга закладываются в буровые скважины или шурфы на глубину не менее 50 см ниже границы промерзания грунта.

7.3.2 Марки должны иметь защищенную трубой стержневую конструкцию с основанием в виде плиты или опорного фланца с косынками жесткости.

7.3.3 Расположение поверхностных и глубинных марок должно соответствовать поставленной задаче и характеру смещения поверхности, должно быть удобным для производства наблюдений и интерпретации их результатов.

7.3.4 Для контроля деформаций грунтового массива в зоне мульды просадки, создаваемой фундаментом и надфундаментными постройками сооружения используются кусты глубинных марок с глубиной заложения:

- для естественных грунтов – по мере изменения геологических и механических свойств с обязательным построением инженерно-геологического разреза по данным бурения скважины;

- для искусственных грунтов с обратной засыпкой послойным трамбованием и укатыванием – по количеству слоев.

7.3.5 Конфигурация куста глубинных марок должна обеспечивать оценки деформации грунтов по глубине расчетной мульды просадки.

Примечание – Количество глубинных марок должно быть не менее 5 штук на горизонтах DL, NL, FL, WL, В и С (см. рисунок 7).



DL - отметка планировки; NL - отметка поверхности природного рельефа; FL - отметка подошвы фундамента; WL - уровень подземньтх вод; В, С - нижняя rpaницa сжимаемой толщи; d и dn - глубина заложения фундамента соответственно от уровня планировки и поверхности природного рельефа; b - ширина фундамента; р - среднее давление под подошвой фундамента; σzg и σzp - вертикальное напряжение от собственного веса грунта на глубине z от подошвы фундамента и на уровне подошвы; σzy.i и σzp.i - вертикалъное напряжение от внешней нагрузки на глубине z от подошвы фундамента и на уровне подошвы; σzy.i - вертикальное напряжение от собственного веса вынутого в котловане грунта в середине i-ro слоя на глубине z от подошвы фундамента; Нc - глубина сжимаемой толщи

Рисунок 7. Схема распределения напряжений в линейно-деформируемом полупространстве

7.3.6 В сложных случаях, конфигурация куста глубинных марок должна обеспечивать не только оценки деформации грунтов по глубине расчетной мульды просадки, но и отражать изменения напряженно-деформируемого полупространства в плановом отношении. Для этого могут быть организованы профили из глубинных марок пересекающие плановые расчетные границы мульды просадки.

**7.4 Марки для определения деформаций земляных сооружений**

7.4.1 К земляным сооружениям относят земляные дамбы, отвалы, грунтовые насыпи.

7.4.2 При выборе конструкций марок для определения деформаций земляных сооружений, разработке схемы расположения и закладке рекомендуется использовать ГОСТ 24846–2019 (пункт 5.1.9).

7.4.3 Методы геодезических измерений, конструкции, местоположение и взаиморасположение деформационных марок гидротехнических сооружений определены в СП 39.13330.2012, СП 58.13330.2019, СП 80.13330.2016.

7.2.4 На деформационные марки, предназначенные для определения смещений земляных сооружений, распространяются требования 7.1.

**Приложение А
(справочное)
Пример расчета ожидаемой погрешности определения проектной средней осадки и предрасчет точности геодезических измерений**

А.1 Пусть расчетная средняя осадка для фундамента прямоугольной формы с 4-мя деформационными марками по углам фундамента составляет 5,0 см (50 мм) после окончания загрузки фундамента надфундаментными постройками и технологическим оборудованием.

Тогда предельная погрешность измерения при 99% уровне вероятности должна быть $пред. M\_{∆}=\frac{∆}{2t}=\frac{50}{2×3.0}=8.3 мм$. Средняя квадратическая погрешность определения средней осадки должна составлять $m=\frac{пред. M\_{∆}}{3}= \frac{8.3}{3}=2,7 мм$.

А.2. Пусть расчетный относительный вертикальный крен для вентиляционной трубы высотой Н = 185 м составляет $γ=\frac{1}{2H}= 0,0027$, т.е. 2,7 мм на 1 м высоты трубы. Тогда ожидаемое абсолютное уклонение центра верхнего пояса (верхнего конца) трубы от вертикальной оси, проходящей через центр нижнего пояса (фундамента), может составлять 0,5 м. Откуда предельная погрешность измерения абсолютного уклонения центра верхнего пояса при 99% уровне вероятности должна быть $пред. M\_{∆}=\frac{∆}{2t}=\frac{0,500}{2×3.0}=0,083 м$. Средняя квадратическая погрешность оценки абсолютного уклонения центра верхнего пояса должна составлять $m=\frac{пред. M\_{∆}}{3}= \frac{0,083}{3}=0,027 м$.

Примечание. Полученная средняя квадратическая погрешность оценки средней осадки в итоге определяет выбор методики измерений, тип, точность приборов и инструментов и цикличность измерений.

**Библиография**

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» |
| [2] | Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» |
| [3] | Правила и нормы атомной энергетики ПиНАЭ-5.6 | Нормы строительного проектирования АС с реакторами различного типа |
| [4] | Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-001–15 | Общие положения обеспечения безопасности атомных станций |
| [5] | Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-064–17 | Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии |
| [6] | Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-031–01 | Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций |
| [7] | Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-032–19 | Площадка атомной станции. Требования безопасности |
| [8] | Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-041–22 | Требования по безопасности к строительным конструкциям зданий и сооружений атомных станций |
| [9] | Руководство по безопасности при использовании атомной энергии РБ-019–18. | Оценка исходной сейсмичности района и площадки размещения объекта использования атомной энергии при инженерных изысканиях и исследованиях |
| [10] | СТО 1.1.1.02.009.1407–2021. Эксплуатация зданий и сооружений атомных станций. Основные положения |
| [11] | Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений. (к СНиП 2.02.01-83) / НИИОСП им. Герсеванова. , Госстрой СССР - М.: Стройиздат, 1986 |
| [12] | И 1.2.2.01.999.1093-2015 Проведение геодезических наблюдений за состоянием фундаментов турбоагрегатов действующих атомных станций. Инструкция утверждена приказом АО "Концерн Росэнергоатом" от 24.05.2016 N 9/623-П |
| [13] | Руководящий документРД 34.30.606-95 | Методические указания по центровке опор валопроводов турбоагрегатов по измеренным опорным нагрузкам |
| [14] | Руководящий документРД 34.21.526-95 | Типовая инструкция по эксплуатации металлических резервуаров для хранения жидкого топлива и горячей воды. Строительные конструкции |
| [15] | Руководство по определению кренов инженерных сооружений башенного типа геодезическими методами/ЦНИИОМТП Госстроя СССР. Госстроя СССР – М: Стройиздат, 1981 |
| [16] | СО 153-34.21.322-2003 Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадкой фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций. М., ЦПТИиТО, ОРГРЭС 2005  |

|  |  |
| --- | --- |
| УДК 006.89: 006.354 |  ОКС 27.120.20 |
| Ключевые слова: геодезический мониторинг, осадки, крены, деформационные знаки, проектирование атомных станций |

1. Следует различать первый класс точности измерений и первый класс нивелирования (по ГОСТ 24846). В первом случае речь идет о допустимой погрешности определения вертикальных перемещений. Во втором случае речь идет о методике нивелирования как совокупности технических характеристик, допусков для геометрического нивелирования, включая требования к приборам и порядку работы. [↑](#footnote-ref-1)
2. Алиниометр – визирный прибор (визир) для створных измерений, предназначенный для измерения отклонения точек от земной поверхности и инженерных сооружений от створности. [↑](#footnote-ref-2)
3. В рамках нормативной документации, используемой эксплуатирующими организациями (АО «Концерн РОСЭНЕРГОАТОМ). [↑](#footnote-ref-3)