

---

**Саморегулируемая организация  
Ассоциация  
«Объединение организаций, выполняющих архитектурно-строительное  
проектирование объектов атомной отрасли  
«СОЮЗАТОМПРОЕКТ»  
(СРО «СОЮЗАТОМПРОЕКТ»)**

---

**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ**

---

Утвержден  
решением Совета  
СРО «СОЮЗАТОМПРОЕКТ»,  
Протокол № 16/12-2024 от 10.12.2024

**ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗНАКИ  
Требования к размещению при проектировании атомных станций**

**СТО СРО-П 60542948 00062–2024**

**Издание официальное**

**Москва  
2024**

## **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 № 16/12-2024 от 10.12.2024

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 .....	6
5 Общие положения .....	6
5.1 Организация и параметры геодезического мониторинга.....	6
5.2 Методы геодезических измерений, используемые при размещении деформационных марок.....	9
6 Проектирование геодезических наблюдений.....	12
6.1 Основные положения, учитываемые в рабочей документации при размещении деформационной сети геодезического мониторинга .....	12
6.2 Совместные деформации основания и сооружений, контролируемые геодезическими методами .....	14
6.3 Геодезические требования к размещению деформационных марок .....	19
6.4 Особенности размещения деформационных знаков в зависимости от типа и вида контролируемых параметров деформаций.....	21
6.5 Требования к количеству, место- и взаиморасположению деформационных марок	32
7 Правила закладки деформационных марок.....	33
7.1 Классификация деформационных марок.....	33
7.2 Деформационные марки для строительных конструкций и оборудования .....	34
7.3 Деформационные марки для мониторинга грунтов основания фундаментов .....	35
7.4 Марки для определения деформаций земляных сооружений .....	37
Приложение А (справочное) Пример расчета ожидаемой погрешности определения проектной средней осадки и предрасчет точности геодезических измерений..	38
Приложение Б (справочное) Примеры размещения деформационных марок на инженерных объектах атомных станций.....	39
Приложение В (справочное) Конструкции деформационных знаков .....	40
Библиография .....	42

---

## СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

---

### ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗНАКИ

#### Требования к размещению при проектировании атомных станций

---

Дата введения – 2025–01–01

#### 1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает требования к размещению деформационных геодезических знаков на стадии разработки проектной (рабочей) документации.

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 на объектах:

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

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

- 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.

Примечание – Настоящий стандарт может быть использован на 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 использованы нормативные 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 24846–2019 Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений

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

положения

ГОСТ 23118 Конструкции стальные строительные. Общие технические условия

ГОСТ Р 8.565 Государственная система обеспечения единства измерений.

Метрологическое обеспечение атомных станций. Основные положения

ГОСТ Р 51774 Тахеометры электронные. Общие технические условия

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

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

ГОСТ Р 70406 Инженерные сети наружные. Монтаж и испытания внешних горячих трубопроводов из гибких неметаллических труб. Правила и контроль выполнения работ

СП 20.13330 «СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия»

СП 21.13330 «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 «СНиП 2.06.05-84\* Плотины из грунтовых материалов»

СП 43.13330.2012 «СНиП 2.09.03–85 Сооружения промышленных предприятий»

СП 45.13330 «СНиП 3.02.01–87 Земляные сооружения, основания и фундаменты»

СП 47.13330 «СНиП 3.01.03–84 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»

СП 58.13330 «СНиП 33-01–2003 Гидротехнические сооружения. Основные положения»

СП 80.13330 «СНиП 3.07.01–85 Гидротехнические сооружения речные»

СП 124.13330.2012 «СНиП 41-02-2003 Тепловые сети»

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

СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99\* Строительная климатология»

СП 305.1325800 Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве

СП 317.1325800 Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Общие правила производства работ

СП 375.1325800 Трубы промышленные дымовые. Правила проектирования

СП 381.1325800 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 термины по ГОСТ 24846, ГОСТ 22268, а также следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 абсолютная (полная) осадка:** Суммарное вертикальное смещение объекта с начала наблюдений, полученное относительно исходной высотной основы.

**3.2 активная зона осадки:** зона грунтов основания фундаментов, подверженная деформации за счет веса фундамента и надфундаментных построек, включая технологическое оборудование.

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

3.4

**деформационная марка:** Геодезический знак, жестко укрепленный на конструкции здания или сооружения (фундаменте, колонне, стене), меняющий свое положение вследствие осадки, просадки, подъема, сдвига, крена и т.п. фундамента (сооружения).

[ГОСТ 24846–2019, пункт 3.7]

Примечание – термин **осадочная деформационная марка**: Устройство в виде шкалы (шкал) или шарика, закрепленное на строительной конструкции, стене, полу, перекрытии и других конструкциях, предназначенное для наблюдений за высотными деформациями по СП 126.13330.2017 (пункт 3.10) носит исторически сложившийся, традиционный характер, когда вертикальное смещение ассоциировалось с осадкой сооружения без учета его природы будь то: «подъем», «осадка», «просадка», «усадка бетона» или смещение иной природы.

3.5

**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]

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

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

**3.8 глубинный репер**: Геодезический глубинный знак высотной сети, опирающийся на скальные, полускальные или другие коренные практически несжимаемые грунты.

**3.9 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.

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

3.11

**деформация**: Изменение положения грунтов или конструкций, определяемое по вертикальным и горизонтальным перемещениям в сравнении с первоначальным положением.

[ГОСТ 24846–2019, пункт 3.1]

**3.12 достаточность опорной и деформационной геодезической сети**: Система размещения сети деформационных знаков, плотность и взаимное расположение которых являются достаточными для определения контролируемого параметра деформации геодезическими методами, включая оценку устойчивости и выбор исходного пункта.

3.13 **крен:** Векторное уклонение плоскости, определяющей положение объекта наблюдения (сооружения, конструкции и пр.), от первоначально заданной (вертикальной, горизонтальной) плоскости, характеризуемое абсолютными и относительными величинами и направлением.

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

3.15 **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.

3.16

**осадки:** Вертикальные составляющие деформаций основания, происходящие в результате внешних воздействий и в отдельных случаях от собственного веса грунта, не сопровождающиеся изменением его структуры

[СП 22.13330.2016, пункт 3.24]

3.17

**оседания:** Деформации земной поверхности, вызываемые подработкой, изменением гидрогеологических условий, карстово-суффозионными процессами и т. п.

[СП 22.13330.2016, пункт 3.25]

3.18 **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.

3.19 **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.

3.20

**подъемы и осадки (морозное пучение и оттаивание грунта):** Вертикальные составляющие деформаций основания, связанные с изменением объема грунтов при изменении их влажности или воздействием химических веществ (набухание и усадка) и при



замерзания воды и оттаивании льда в порах грунта (морозное пучение и оттаивание грунта).

[СП 22.13330.2016, пункт 3.29]

**3.21 прогиб (выгиб):** деформация линейного или плоскостного объекта, характеризующаяся уклонением (горизонтальным и/или вертикальным перемещением) точек (точки), лежащих между краями этого объекта.

**3.22 расчетное (проектное) значение деформации:** Значение деформации строительной конструкции, рассчитанное на основе технических расчетов в процессе проектирования и в процессе его сооружения.

**3.23 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.

**3.24 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;

СКП – средняя квадратическая погрешность;

## 5 Общие положения

### 5.1 Организация и параметры геодезического мониторинга

5.1.1 Необходимость проведения геодезического мониторинга установлена Федеральным законом [2], определена федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии [3], [4], [5], [6], [7], [8] и регламентирована с учетом требований ГОСТ 24846, СП 47.13330, СП 126.13330, СП 305.1325800, СП 317.1325800.

Параметры геодезического мониторинга должны быть установлены в программе работ, назначение, цели и задачи которой определены в СТО СРО-Г 60542954 00007–2023.

5.1.2 Для разработки программы работ должен быть определен перечень контролируемых параметров деформаций, на основе которых должны быть определены места расположения деформационных знаков, а также установлена первоначальная<sup>1</sup> цикличность наблюдений и график проведения работ по измерению деформаций с учетом графика

---

<sup>1</sup> окончательная цикличность устанавливается по результатам проведения нескольких циклов повторных измерений

выполнения строительных работ.

5.1.2.1 Контроль параметров деформаций геодезическими методами должен осуществляться при помощи многократных повторных измерений, выполняемых по знакам деформационной сети (деформационные марки и опорные центры и реперы).

5.1.2.2 Результаты повторных измерений должны быть собраны во временные ряды и преобразованы к виду, соответствующему назначенным контролируемым параметрам деформаций.

5.1.2.3 Размещение деформационных марок и их конструктивные решения выполняются при разработке рабочей документации.

5.1.3 Геодезический мониторинг проводится в соответствии с [2] и [4], определяющими соответствующие проектируемые параметры мониторинга (таблица 5.1).

Т а б л и ц а 5.1 – Основные параметры геодезического мониторинга, назначаемые при проектировании

Параметр	Нормативный документ	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	–
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]	значения рекомендуемая на начальном этапе мониторинга
Точность геодезических наблюдений	ГОСТ 24846 СП 126.13330	–
Цикличность мониторинга	НП-041–22 [8] СП 126.13330	значения рекомендуемая на начальном этапе мониторинга
- при строительстве		
- при эксплуатации	СТО 1.1.1.02.009.1407–2021 [10]*	
Пр и м е ч а н и е – При получении запредельных параметров деформаций цикличность геодезического мониторинга определяется по интенсивности проявлений или динамике параметров деформаций.		
* 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 строительных конструкций зданий и сооружений, подлежащих наблюдению, определяется на стадии проектирования и может уточняться в процессе строительства, и на стадии эксплуатации – эксплуатирующей организацией. Перечень

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

5.1.6 Назначение предельных параметров и расчет проектных значений параметров деформаций должен выполняться в соответствии с требованиями СП 22.13330. Предварительный расчет геодезических измерений следует выполнять в соответствии с ГОСТ 24846 и применением предельных значений деформаций по [8] и [11].

5.1.7 Назначение контролируемых параметров деформаций должно определяться в соответствии с СП 22.13330 с учетом категории ответственности за ядерную и радиационную безопасность по [3] и [8], а также категории сейсмостойкости по [6].

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

5.1.9 Величину предельных параметров деформации назначают на весь срок службы объекта в соответствии с [8], [11] и СП 22.13330.

*Примечание* – При отсутствии ранее определенных параметров деформаций, величины предельных параметров деформаций и контролируемые параметры назначают с учетом назначения сооружения, конструкции фундамента, фазы жизненного цикла и места его размещения.

5.1.10 Основным 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.

5.1.11 В соответствии с СО 153-34.21.322-2003 [12] (раздел 2), осадка считается стабилизировавшейся, если скорость вертикальных смещений каждой из деформационных марок меньше 1 мм/год.

5.1.12 Деформационный процесс (осадка, просадка, усадка и пр.) считается стабилизировавшимся, если:

- скорость вертикальных смещений каждой из деформационных марок получена из не менее чем 5 циклов измерений меньше 1 мм/год;
- относительный крен не меняет свою величину более чем на 0,1 мм/м, а скорость накопления относительного крена из 5 циклов измерений меньше чем 0,01 мм/м в год;
- направление крена постоянно с погрешностью его определения не более 5° и со скоростью его накопления 0,5° в год.

Если накопленный относительный крен меняет свою величину и/или изменяется направление крена, то процесс деформации не является стабилизировавшимся.

5.1.13 Геодезический контроль параметров деформаций (мониторинг) должен осуществляться с учетом оценки локальной геодинамической активности, определяемой для строительной или промышленной площадок.

## 5.2 Методы геодезических измерений, используемые при размещении деформационных марок

5.2.1 Для геодезического мониторинга используются следующие способы геодезических измерений:

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

- при оценке 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.

Таблица 5.2 – Общие сведения об основных методах измерений геодезического мониторинга

Наименование геодезических измерений	Измеряемые величины: входные / 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 58945 ГОСТ 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 58945 ГОСТ 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 58945 ГОСТ 22268

## Окончание таблицы 5.2

Наименование геодезических измерений	Измеряемые величины: входные / выходные данные	Ориентировочная точность	Использование при геодезическом мониторинге	Источник
Створные измерения	Уклонения от прямой/ горизонтальное проложение	0,1-1,0 мм в зависимости от природных и техногенных условий измерений	Горизонтальные смещения	ГОСТ Р 58945 ГОСТ 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 58945 ГОСТ 22268
Угломерные измерения (инклинометры, уровневые наклонометры, 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 измеряемых линий	Горизонтальные смещения	ГОСТ Р 57371

5.2.3 Основным методом геодезического мониторинга осадок и деформаций является высокоточное геометрическое нивелирование по ГОСТ 10528, ГОСТ 24846 и характеризуется относительной средней квадратической погрешностью определения превышения 0,3 мм/км.

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

- следует соблюдать взаимную 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;

- длина визирного луча на станции между штативом и рейками (равноплечие) должна быть равная, 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 1,0 мм.

*Примечание* – Ориентировочная погрешность определения при помощи тригонометрического нивелирования значительно ниже 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 с соблюдением требований 5.2.4.

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:

- точность гидростатического нивелирования может достигать 0,01 мм;
- гидростатическое нивелирование выполняют при проложении шланговых соединений в ограниченном диапазоне с превышениями 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 Российской Федерации, как измерительное средство и используются в практике мониторинга в России и за рубежом.

5.2.10 Створные измерения в соответствии с [13] используются для оценки горизонтальных смещений объектов по ГОСТ Р 58945 и могут выполняться специальными приборами алиниометрами<sup>1</sup> с разрешимой способностью зрительной трубы 70<sup>x</sup> с комплектами специальных подвижных марок, либо высокоточными электронными тахеометрами с угловой точностью 0,5" и линейной точностью 0,5 мм.

---

<sup>1</sup> Алиниометр – визирный прибор (визир) для створных измерений, предназначенный для измерения отклонения точек от земной поверхности и инженерных сооружений от створности.

5.2.11 Крены сооружений башенного типа (вентиляционные и дымовые трубы) высотой более 50 м определяются при помощи точных и высокоточных тахеометров по ГОСТ Р 51774, методика измерений определяется в зависимости от высоты, типа сооружений и условий наблюдений (условия видимости с наблюдаемых пунктов минимум 3/4 ствола трубы и возможности установки пунктов наблюдений на расстоянии от двух до трех высот трубы от ее основания).

#### Примечания

1 Для железобетонных труб высотой более 50 м 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 под углами от 45° до 60° относительно центра нижнего пояса трубы.

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. 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 [14].

## **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 выполняют 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 пределами, при которых гарантируется нормальная эксплуатация сооружения и не снижается его долговечность (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), при этом должна контролироваться близость наблюдаемых величин деформаций к проектным (расчетным) величинам, находящимся в диапазоне предельных величин.

Предельные и проектные величины назначаются на весь срок службы объекта. Однако расчет величины проектной (расчетной) деформации выполняется по напряженно-деформируемому состоянию грунтов основания фундамента и фазой строительства (например; после заливки фундамента, после набора прочности бетона и его окончательного твердения, после нагружения надфундаментными конструкциями и др.

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

**6.1.4 Расчеты деформаций основания в зависимости от причин возникновения** должны учитывать деформации грунтов от нагрузок, передаваемых на основание зданий и сооружений и деформации, не связанные с нагрузкой, включая возможные проявления неравномерных деформаций основания. Виды деформаций и причины их проявления приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Виды деформаций, проявления и причины их возникновения

Вид деформаций	Проявления	Причины
Деформации грунтов от нагрузок, передаваемых на основание зданием или сооружением	осадки просадки горизонтальные перемещения	неоднородность грунтов в основании фундаментов (выклинивание, наклонное залегание слоев, наличие линз, прослоев, включений, неравномерного уплотнения грунтов, в том числе искусственных, грунтовые условия I типа по просадочности (СП 22.13330)
		особенность деформирования основания как сплошной среды – осадка основания в пределах и за пределами площади нагружения.
		неравномерное увлажнение просадочных, набухающих, засоленных грунтов в пределах деформируемой зоны основания;
		неравномерные нагрузки на фундаменты в плане и по глубине заложения;
		неравномерное распределение нагрузок на фундаменты внутри производственных зданий, а также загрузки территории в непосредственной близости от сооружения;
Деформации, не связанные с нагрузкой от здания или сооружения и проявляющиеся в виде вертикальных и горизонтальных перемещений поверхности основания	оседания, просадки грунтов от собственного веса, набухания и усадки	нарушение правил производства строительных работ, приводящие к ухудшению свойств грунтов, ошибки, допущенные при инженерно-геологических изысканиях и проектировании оснований и фундаментов, нарушение условий эксплуатации сооружения;
		замачивание, повышение влажности грунтов, в т.ч. в грунтовых условиях II типа по просадочности;
		изменение гидрогеологических условий площадки – температурно-влажностного режима набухающих грунтов;
		наличие подземных горных выработок;
		влияние динамических воздействий;
влияние конструктивно-технологических особенностей, проектируемых сооружений, способа производства работ по устройству оснований, нарушение условий эксплуатации сооружений.		



6.1.7 Расчет оснований по деформациям должен производиться исходя из условия совместной работы сооружения и основания в соответствии с СП 22.13330.2016 (пункт 5.6.3).

## **6.2 Совместные деформации основания и сооружения, контролируемые геодезическими методами**

6.2.1 В соответствии с СП 22.13330.2016 (пункт 5.6.4) совместная деформация основания и сооружения характеризуются:

- осадкой (подъемом) основания фундамента  $s$ ;
- средней осадкой основания фундамента  $\bar{s}_u$ ;
- относительной разностью осадок (подъемов) основания двух фундаментов  $(\frac{\Delta s}{L})_u$  ( $L$  - расстояние между фундаментами);
- креном фундамента (сооружения)  $i$ ;
- относительным прогибом или выгибом  $f/L$  ( $L$  - длина однозначно изгибаемого участка сооружения);
- кривизной изгибаемого участка сооружения  $\rho$ ;
- относительным углом закручивания сооружения  $\theta$ ;
- горизонтальным перемещением фундамента (сооружения)  $u$ .

6.2.2 Описание используемых характеристик деформаций выполнено в соответствии с ГОСТ 24846, СП-11-104-97, СП-22.13330.2016, стандартом СТО СРО-Г 60542954 0007–2023, пособием к СНиП 2.02.01-83 [15] и руководствами [14] и [13].

6.2.2.1 Абсолютная осадка основания отдельного фундамента  $s$  определяется как среднее вертикальное перемещение фундамента от нагрузки, передаваемой на основание, или других причин по [15] (пункт 2.163).

6.2.2.2 Определение среднего вертикального перемещения монолитного фундамента геодезическими методами выполняется по не менее чем по четырем деформационным маркам [18], предназначенным для высокоточного нивелирования относительно ближайшего устойчивого репера, высота которого принимается неизменной.

В практике геодезического мониторинга и в соответствии с требованиями СТО СРО-Г 60542954 0007–2023 среднее вертикальное перемещение определяется для геометрического центра фундаментной плиты.

Расчет средней осадки относительно геометрического центра фундамента предусмотрен для того, чтобы связать расположение и количество деформационных марок в циклах повторных измерений с проектными размерами фундамента во времени, т. к. в процессе строительства количество и расположение деформационных марок остается непостоянным.

6.2.2.3 Средняя осадка основания комплексного сооружения с различными фундаментами  $\bar{s}$  является равномерной составляющей общей, как правило, неравномерной осадки [15] (пункт 2.164).

**Примечание** – При подсчете средней осадки необходимы данные по абсолютным осадкам не менее чем трех характерных (по размерам и действующим на них нагрузкам) фундаментов. Чем больше площадь застройки и больше различие в размерах отдельных фундаментов, тем большее число фундаментов необходимо учитывать при подсчете средней осадки.

Значение средней осадки основания сооружения  $\bar{s}_u$  определяется по формуле

$$\bar{s} = \sum s_i A_i / \sum A_i, \quad (6.1)$$

где  $s_i$  - абсолютная осадка  $i$ -го фундамента;

$A_i$  – площадь фундамента.

6.2.2.4 Относительная неравномерность осадок  $\Delta s/L$  двух фундаментов представляет собой разность абсолютных осадок двух фундаментов, отнесенную к расстоянию между ними. Такая характеристика (относительная неравномерность) используется при неплавных (скачкообразных) эпюрах осадок (рисунок 6.1).

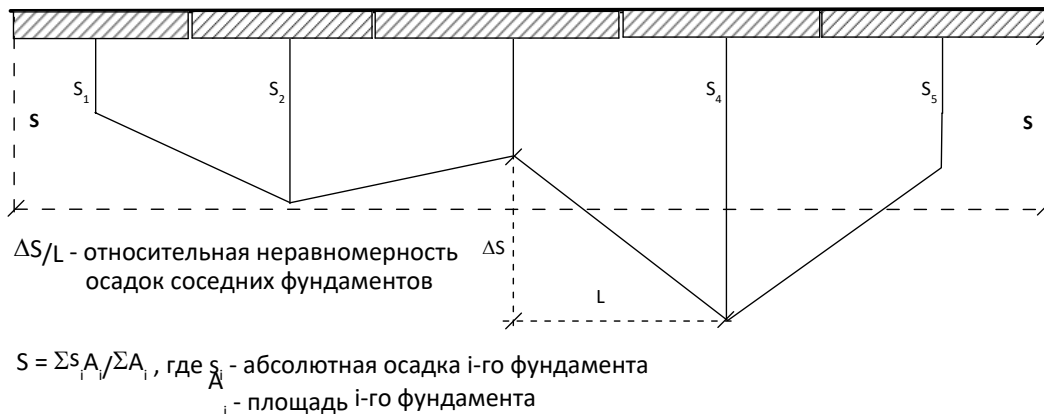


Рисунок 6.1 – Схема неравномерных осадок основания фундаментов сооружения

**Примечание** – Для гибких сооружений величина  $\Delta s/L$  характеризует перекосные деформации, а для относительно жестких – преимущественно сдвиговые деформации конструкций [15] (пункт 2.165).

6.2.2.5 Относительная разность осадки  $(\frac{\Delta s}{L})_u$  используется для контроля деформаций ленточных и столбчатых фундаментов, сопряженных строительными конструкциями (ригелями, балками и пр.). При этом, разность осадки может быть определена по разности высот, вертикальных смещений, изменения превышений по [18], изменению углов наклона и расстоянию по ГОСТ Р 58945.

6.2.2.6 Крен фундамента или сооружения в целом (в горизонтальной плоскости),

является векторным уклонением плоскости, определяющей положение объекта наблюдения (сооружения, конструкции и пр.), от первоначально заданной (вертикальной, горизонтальной) плоскости, характеризуемое абсолютными и относительными величинами смещений и направлением в заданной системе в соответствии с [18].

Для расчета крена фундаментной плиты используется уравнение плоскости вертикальных смещений вида:

$$\Delta H(x, y) = \Delta H_0 + K_x X + K_y Y \quad (6.2)$$

где  $\Delta H_0$  – свободный член, характеризующий среднее вертикальное смещение плоскости, мм;

$K_x$  и  $K_y$  – коэффициенты линейного уравнения, характеризующие относительный крен в направлении осей  $X$  и  $Y$ , м;

$\Delta H(x, y)$  – вертикальное смещение марки с координатами  $x$  и  $y$ , мм.

Величина относительного крена фундаментной плиты  $K$  определяется из уравнения

$$K = \sqrt{K_x^2 + K_y^2} \quad (6.3)$$

Направление крена  $\alpha$  (азимут) определяется из уравнения

$$r^\circ = \operatorname{arctg} \left| \frac{K_y}{K_x} \right| \text{ под условием } \begin{cases} \text{если } K_x > 0 \text{ и } K_y > 0, \text{ то } \alpha = r^\circ + 180^\circ \\ \text{если } K_x > 0 \text{ и } K_y < 0, \text{ то } \alpha = 360^\circ - r^\circ \\ \text{если } K_x < 0 \text{ и } K_y < 0, \text{ то } \alpha = r^\circ \\ \text{если } K_x < 0 \text{ и } K_y > 0, \text{ то } \alpha = 180^\circ - r^\circ \\ \text{если } K_x = 0 \text{ и } K_y = 0, \text{ то } \alpha = 0^\circ \end{cases} \quad (6.4)$$

**Примечание** – В соответствии с [15] относительный крен трактуется как  $i$  – разность осадок крайних точек фундамента или сооружения в целом, отнесенная к ширине или длине фундамента (сооружения) (рисунок 6.2).

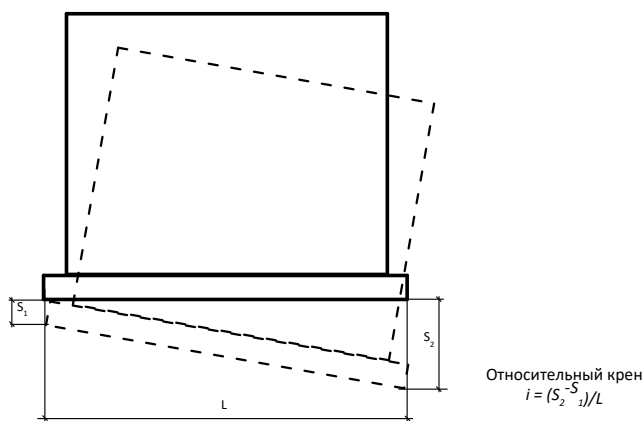


Рисунок 6.2 – Схема крена фундамента жесткого сооружения

**Примечание** – Для небольших жестких фундаментам 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.

6.2.2.7 Крен сооружения башенного типа (в вертикальной плоскости) определяется путем построения проекции осевой линии ствола сооружения относительно отвесной линии по [13]. Величина крена рассчитывается из отношения 6.5.

$$K = \frac{S}{H} \quad (6.5)$$

где  $H$  – высота сооружения башенного типа, м

$S$  – уклонение проекции осевой линии сооружения башенного типа в верхнем сечении, м (мм);

$K$  – относительный крен сооружения, мм/м.

В практике крен сооружения башенного типа  $K$  определяется по поясам (рисунок 6.3), количество которых определяется высотой сооружения и строительными и конструктивными особенностями (недостатками). На рисунке 6.3, принципиальная схема 1-1' – расчета простейшего крена и 2-2' – схема расчета крена по поясам.

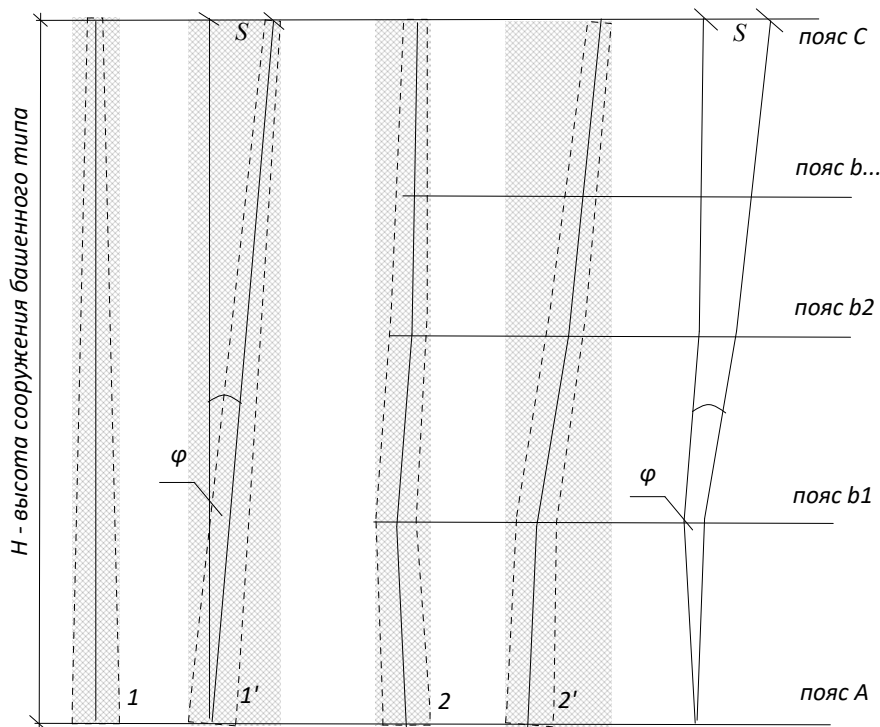


Рисунок 6.3 – Принципиальная схема расчета крена высотного сооружения: 1-1' простейшая схема без поясов, 2.2' схема с расчета по поясам

Крен сооружения башенного типа (в вертикальной плоскости) и крен фундамента сооружения башенного типа (в горизонтальной плоскости) не могут быть совмещены.

6.2.2.8 Относительный прогиб или выгиб  $f/L$  – отношение стрелы прогиба или выгиба к длине однозначно изгибаемого участка сооружения, используется при плавных искривлениях зданий и сооружений по [15], [16], [13], [17] (см. рисунок 6.4).

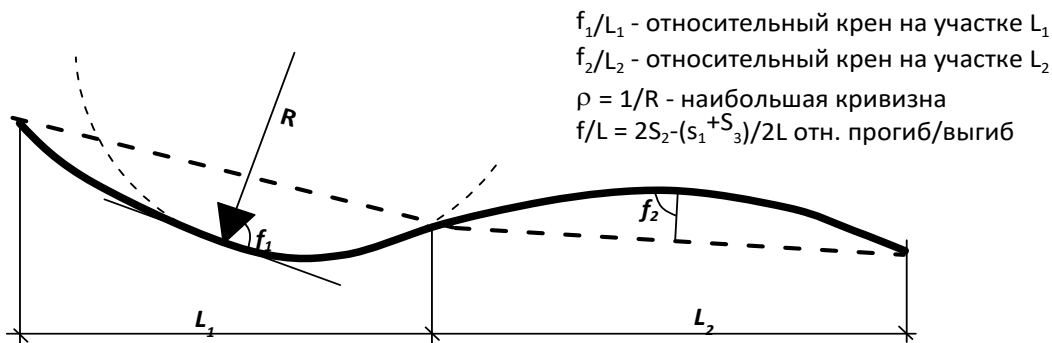


Рисунок 6.4 – Схема прогиба (выгиба) сооружения

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

$$\frac{f}{L} = \frac{2S_2 - (s_1 + s_3)}{2L} \quad (6.6)$$

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  $s_3$ .

6.2.2.8 Кривизна изгибаемого участка сооружения  $\rho$  – величина, обратная радиусу искривления, наиболее полно характеризует напряженно-деформированное состояние относительно жестких протяженных сооружений (рисунок 6.3). Эта величина, вычисляемая при расчете сооружения в процессе разработки типовых проектов, в дальнейшем используется для установления предельных деформаций основания по условиям прочности и трещиностойкости конструкций в соответствии с [15] (пункт 2.168) и СП 20.13330.

6.2.2.9 Относительный угол закручивания сооружения  $arctg(\theta_L) = \frac{\beta_2 - \beta_1}{L}$  (рисунок 6.5) характеризует пространственную работу конструкций сооружения. Усилия в конструкциях, возникающие при кручении сооружения, должны суммироваться с усилиями от других видов деформаций (например, прогиба) [15] (пункт 2.169).

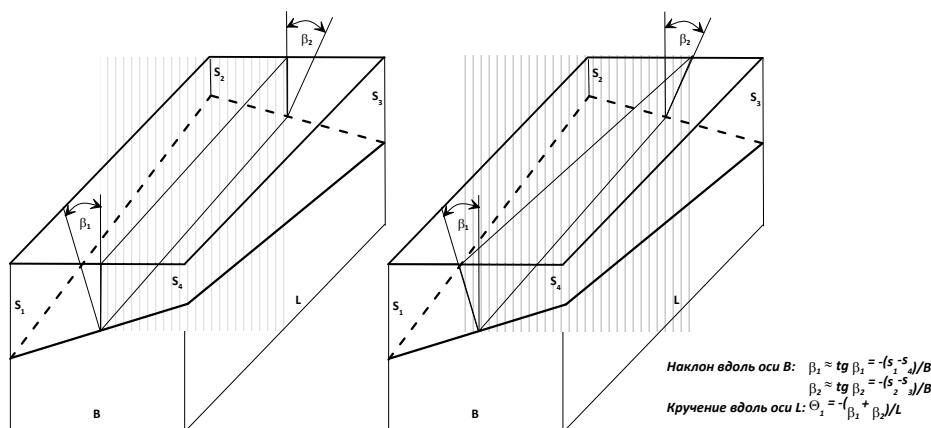


Рисунок 6.5 – Схема осадок основания

6.2.2.10 Горизонтальное перемещение фундамента или сооружения в целом  $u$ , как правило, следует учитывать при действии на основание горизонтальных нагрузок [15] (пункт 2.170). в соответствии с требованиями СП 22.13330.

6.2.2.11 Возможна сложная деформация сооружения вследствие неравномерных осадок основания. В этом случае она может быть разложена на отдельные составляющие [15] (пункт 2.171), как это показано на рисунке 6.6.

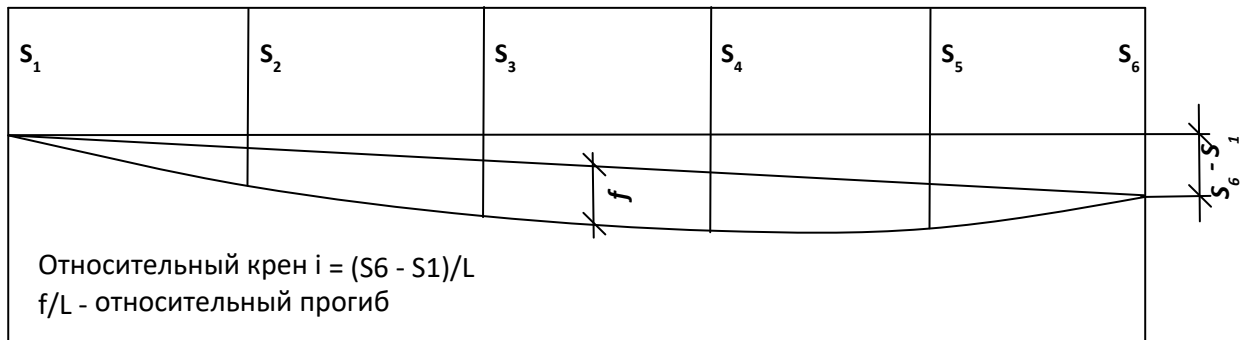


Рисунок 6.6 – Схема сложной деформация основания

### 6.3 Геодезические требования к размещению деформационных знаков

6.3.1 Количество и места расположения деформационных знаков должны:

- позволять выполнять геодезические измерения;
- быть достаточными для расчета наблюдаемых параметров деформаций;
- оставаться сохранными весь жизненный цикл объекта мониторинга.

6.3.2 Проект размещения деформационной сети должен быть представлен в рабочей документации 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 6.2 приведены общие требования к назначению контролируемых параметров деформаций.

Т а б л и ц а 6.2 – Общие требования к назначению контролируемых параметров деформаций

Тип здания или сооружения	Средняя осадка	Отн. крен	Макс. осадка	Относительная разность осадки
	$\bar{s}_u$	$i$	$s_u^{max}$	$s_u^{max}$
1. Производственные и гражданские одноэтажные и многоэтажные здания с полным каркасом: железобетонным или стальным	-	-	+	+

## Окончание таблицы 6.2

Тип здания или сооружения	Средняя осадка	Отн. крен	Макс. осадка	Относительная разность осадки
	$\bar{s}_u$	$i$	$s_u^{max}$	$s_u^{max}$
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	+	+	-	-
фундаменты	-	+	-	-
вертикальность	-	+	-	-
5 Жесткие сооружения	+	+	-	-
7 Линейные сооружения			+	+

6.3.3 Предельную погрешность ожидаемого параметра деформаций ( $\Delta$ )  $M_{\Delta \text{ пред}}$  вычисляют по формуле

$$M_{\Delta \text{ пред}} = \frac{\Delta}{2t} \quad (6.7)$$

где  $\Delta$  – 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);

Отношение между предельной и средней квадратической погрешностью (СКП) ( $m$ ) определяют уравнением

$$M_{\Delta \text{ пред}} = 3m. \quad (6.8)$$

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

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 по ГОСТ 24846–2019 (таблица 1), следует назначать методику и выполнять предрасчет точности геодезических измерений, выполняемых при мониторинге.

Примеры расчета ожидаемой погрешности определения проектной средней осадки и предрасчет точности геодезических измерений приведены в приложении А.

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

##### **6.4.1 Фундаменты сооружений**

6.4.1.1 Размещение деформационных знаков и методика геодезического мониторинга деформаций фундамента зависит от типа конструкции фундамента (монолитно-плитный, ленточный, свайный, свайно-ростверковый и других) с учетом места положения центров жесткости, точек приложения нагрузок и геометрии фундамента.

6.4.1.2 Контроль деформаций фундаментов жестких сооружений с монолитной железобетонной плитой выполняется в соответствии с [8] и СП 22.13330. Контроль осуществляется по величине средней осадки и относительному крену, определяемых с использованием высокоточного геометрического нивелирования в соответствии с СТО СРО Г 60542954.00007–2023.

##### **Примечания**

1 Наиболее рациональной считается схема размещения деформационных марок на фундаментной плите 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.

6.4.1.3 Деформации монолитной железобетонной плиты контролируются плитными марками, устанавливаемыми по верху фундамента. В практике, после выхода на дневную поверхность плитные марки переносятся на надфундаментные конструкции в виде стальных внутренних и/или внешних деформационных марок.

##### **Примечания**

1 При размещении деформационных знаков для каркасных сооружений с монолитной железобетонной плитой, для переноса плитных марок с нижнего горизонта на верхний, используются ближайшие внешние фундаментные колонны и/или опоры, а также (при необходимости) колонны и/или опоры внутри сооружения.

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

6.4.1.4 приведены основные формы монолитных железобетонных фундаментов с принципиальными схемами размещения деформационных марок приведены на рисунке 6.7



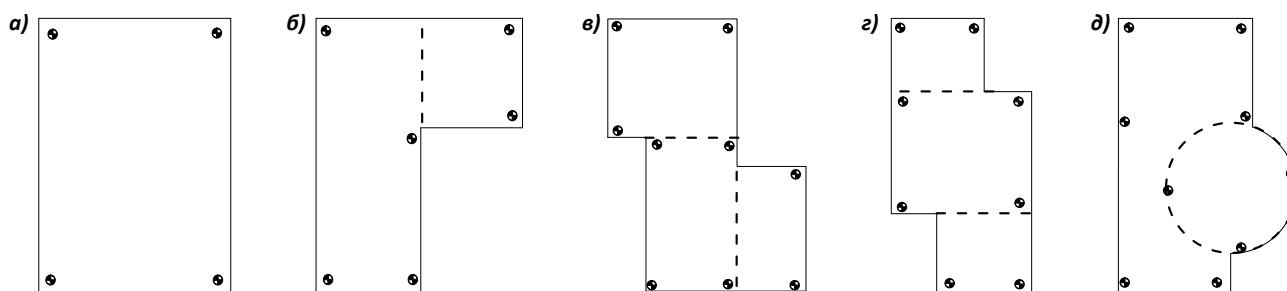


Рисунок 6.7 – Основные формы монолитных железобетонных фундаментов с принципиальными схемами размещения деформационных марок

6.4.1.4.1 Для прямоугольных фундаментов (рис. 6.7 а) 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 1,0:1,5; 1:2 и более, и длинной стороной более 24 м количество деформационных марок по длинной стороне должно быть увеличено пропорционально соотношению сторон.

6.4.1.4.2 Для монолитных фундаментов сложной формы с шестью и более прямыми углами (рис. 6.7 б, в, г) размещаются по углам фундамента и по длинным сторонам равномерно – пропорционально соотношению длинной и короткой сторон.

6.4.1.4.3 Для сложных по форме фундаментов (рис. 6.7д), содержащих криволинейные и прямоугольные элементы, деформационные марки размещаются равномерно, с расстоянием не превышающем короткую сторону (но не более 24 м).

6.4.1.4.4 Запрещается определение относительного крена монолитной фундаментной плиты по одной из ее сторон, если это не предусмотрено особыми условиями, предусматривающими определение крена монолитного фундамента линейной протяженной конструкции.

6.4.1.5 Сооружения, возводимые на отдельно стоящих фундаментах на естественном (искусственном) основании или на свайных фундаментах с отдельно стоящими ростверками (ленточные, столбчатые и т. п.) контролируются при помощи деформационных марок, закладываемых на фундаментных опорах или колоннах в виде ственных марок (см. приложение В1). При этом вертикальные смещения этих марок приравниваются к смещениям соответствующих опор и/или колонн.

6.4.1.6 В соответствии с [8] и СП 22.13330 деформации сооружений, возводимых на отдельно стоящих фундаментах на естественном (искусственном) основании или на свайных фундаментах с отдельно стоящими ростверками (ленточные, столбчатые и т. п.) контролируют

по величине максимальной осадки и относительной разности осадки высокоточным геометрическим нивелированием с использованием деформационных марок.

6.4.1.7 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.

6.4.1.8 Результаты наблюдений следует представлять в табличной форме и в графическом виде:

- средняя и максимальная осадки – в виде графиков изолиний вертикальных смещений по деформационным маркам в пределах габаритов фундамента;

- развитие средней осадки и относительного крена – в виде временных графиков средней осадки, относительного крена и направления относительного крена;

- относительная разность осадки – в виде эпюр по сопряженным конструкциям с указанием расстояния и значения относительной разности осадок. Обычно эпюры выстраиваются вдоль стен;

- развитие предельной максимальной осадки и/или относительной разности осадки – в виде планов, с указанием стрелками направления развития и значения плановых и высотных скоростей.

6.4.1.9 В приложении Б (рисунки 1, 2, 3, 4) показаны основные схемы размещения деформационных марок.

## **6.4.2 Турбоагрегаты**

6.4.2.1 Контроль деформаций турбоагрегатов осуществляется в соответствии с [18]<sup>1</sup>, [12] и [19] по вертикальным деформациям нижней и верхней фундаментных плит (рисунок 6.8).

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 плитные марки размещают на рабочей отметке верхней фундаментной плиты симметрично маркам нижней фундаментной плиты.

---

<sup>1</sup> В рамках нормативной документации, используемой эксплуатирующими организациями (АО «Концерн Росэнергоатом»).

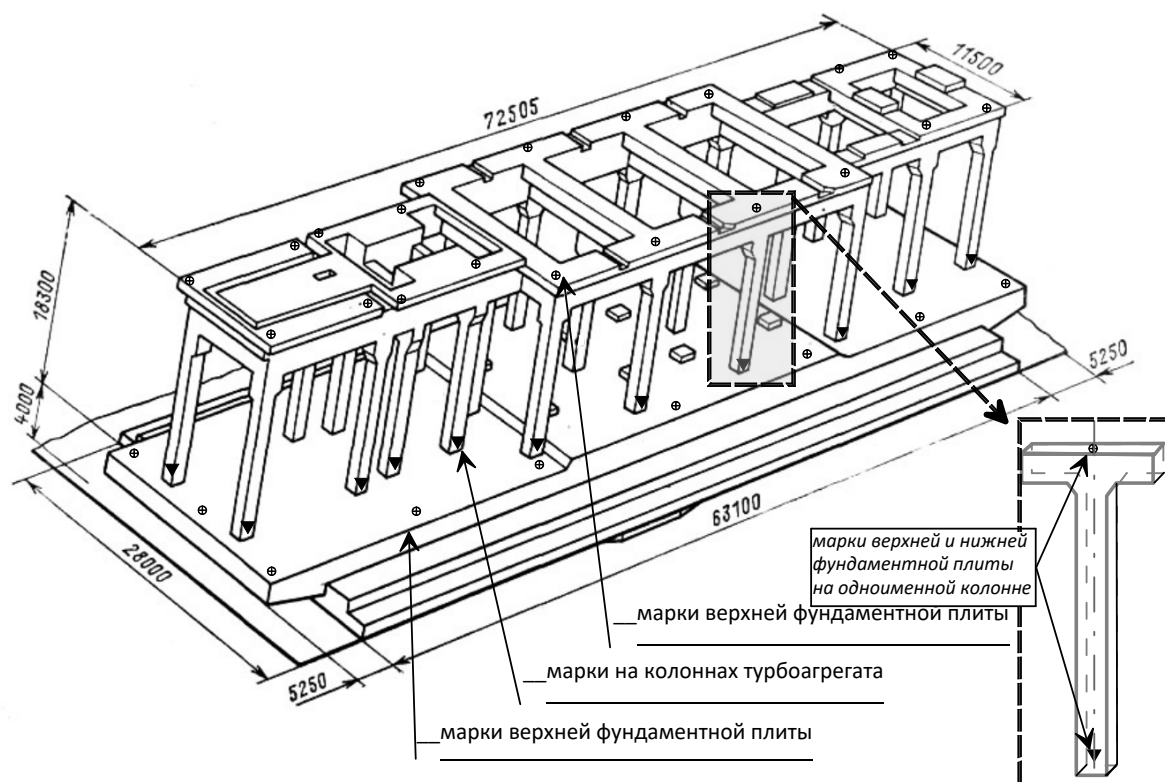


Рисунок 6.8 Схема размещения деформационных марок на фундаментных плитах турбоагрегата

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

Согласно, требований [18], [12] и [19] продольный крен по верхней фундаментной плите вдоль оси валопровода, поперечная относительная разность осадки вдоль ригелей не являются контролируемыми параметрами, а могут быть определены в рамках специальных работ, используемых для обеспечения данными процесса ремонта и наладки турбоагрегата.

При этом согласно [18] должен быть учтен контроль тепловых деформаций верхней фундаментной плиты как один из контролируемых параметров.

6.4.2.4 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.

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

Примечание – В случаях, когда верхняя плита турбоагрегата установлена на деформационных демферах (пружинах), то график прогиба/выгиба построенный вдоль оси

валопровода верхнего строения может быть не сопоставим с графиком по нижнему строению турбоагрегата.

6.4.2.6 В приложении Б (рис. 4, 5а, 5б) показаны основные схемы размещения деформационных марок.

### 6.4.3 Резервуары

6.4.3.1 Контроль деформаций резервуаров выполняют в соответствии с требованиями СП 43.13330.2012 (раздел 6.1), [16] и осуществляют с помощью геометрического нивелирования по плитным маркам, установленным на фундаменте 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.

В соответствии с РД 34.21.526–95 [16] (пункт 6.4.4) неравномерная осадка основания резервуаров не должна превышать значений, приведенных в таблице 6.3

Т а б л и ц а 6.3 – Допустимая неравномерная осадка основания резервуаров

Резервуары вместимостью 2000, 3000, 5000 в 10000 м <sup>3</sup>	Отклонения двух соседних точек по контуру на расстоянии 6 м, мм	Отклонения диаметрально противоположных точек, мм
Новые незаполненные	20	50
Новые заполненные	40	80
Старые	50	150

П р и м е ч а н и е – Для резервуаров вместимостью 700 - 1000 м<sup>3</sup> отклонения не должны превышать 75%, а вместимостью 100 - 400 м<sup>3</sup> — 5% значений, приведенных в таблице

Для резервуаров, находящихся в эксплуатации более 20 лет, отклонения у которых не прогрессируют, допускается примерно на 50% больше отклонений.

Геометрическая форма стенки резервуара (отклонение образующей стенки от вертикали), а также места значительных выпучин (вмятин) проверяются с помощью геодезических приборов или отвеса. Отклонения образующих стенки не должны превышать значений, допустимых по ГОСТ 23118.

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

- уклонений от заданной кривизны (в большинстве случаев окружности) в горизонтальной плоскости;
- уклонений стенок резервуара от вертикали.

6.4.3.4 В приложении Б (рис. 6, 7) показаны основные схемы размещения деформационных марок.

#### **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 продольном и (для соответствующих конструкций при необходимости) в поперечном направлении.

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 Для линейных сооружений, включающих железобетонные секции (например: подземные трубопроводы большого диаметра) должны контролироваться:

а) по всему линейному сооружению – средняя осадка в секции, межсекционные относительные разности осадки.

б) для каждой железобетонной секции:

- средняя осадка секции;
- продольный и поперечный относительный крен секции;
- абсолютные значения разностей осадок соседних секций в местах размещения деформационных осадочных швов;
- абсолютные значения разностей осадок на деформационных швах в местах примыкания секций тоннеля к другим сооружениям.

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 определяют относительную разность осадки и, при необходимости, относительный крен.

6.4.4.6 В приложении Б (рис. 8а, 8б, 9а, 9б, 10а, 10б) показаны основные схемы размещения деформационных марок.

#### **6.4.5 Сооружения башенного типа**

6.4.5.1 К сооружениям башенного типа относятся вентиляционные и дымовые трубы по СП 375.1325800, мачты и пр. Основным параметром деформаций является оценка отклонения от вертикальной оси, определяемая виде:

- величины 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 ( $H > 60$  м) железобетонными сооружениями башенного типа (дымовые и/или вентиляционные трубы) выполняют при помощи линейно-угловых засечек [14], 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 на практике числом оттяжек.

6.4.5.6 В пункте 6.2.2.7 приведена принципиальная схема определения крена сооружений башенного типа (рис. 6.3).

#### **6.4.6 Земляные сооружения, основания и фундаменты**

6.4.6.1 Контроль деформаций земляных сооружений выполняется в соответствии с требованиями СП 39.13330, СП 45.13330, СП 58.13330, СП 80.13330.

6.4.6.2 К земляным сооружениям относятся искусственные объекты (земляные дамбы, отвалы, грунтовые насыпи), 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.

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 промышленной площадки, поэтому конструктивно может быть приближена к знакам высотной и/или плано-высотной сети по СП 126.13330, с соблюдением требований СП 21.13330 и СП 22.13330.

#### **6.4.7 Подпорные стенки**

6.4.7.1 Размещение деформационных марок на подпорных стенках выполняется с

учетом требований СП 381.1325800.

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 блока подпорной стенки, в том числе разворот и опрокидывание блока.

6.4.7.4 Результатом изменений как отдельных – плановых (линейно-угловых) и высотных (геометрическое нивелирование), так и комплексных планово-высотных (при помощи электронной тахеометрии), должна быть величина смещения блока (изменение приращений и превышений) относительно принятой за исходную сеть геодезических центров и реперов.

6.4.2.6 В приложении Б (рис. 10а, 10б) показаны основные схемы размещения деформационных марок.

#### **6.4.8 Транспортные загрузочные, перегрузочные порталы**

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

6.4.8.2 Для каждой стойки фундамента выполняют оценку средней осадки и крена (при необходимости). Между стойками транспортного портала оцениваются максимальная относительная разность осадки.

#### **6.4.9 Эстакады**

6.4.9.1 Сеть деформационных марок на эстакадах устанавливается на фундаментные колонны с учетом их конструктивных особенностей.

6.4.9.2 Эстакады подразделяются на эстакады под трубопроводы, кабельные эстакады и комбинированные эстакады.

6.4.9.3 Кабельные эстакады могут быть одноопорными и многоопорными. Деформационные марки должны быть установлены на каждую из опор. Для каждого пролета должна контролироваться относительная разность осадки и сравниваться с проектными и предельными величинами, которые рассчитываются в соответствии с требованиями СП 22.13330 и СП 43.13330.

6.4.9.4 Конструкция эстакад под трубопроводы определяется в соответствии с требованиями СП 43.13330, может включать одно-, двух- и более пролеты, а сама конструкция эстакады может быть комбинированной, включая: компенсаторы (рисунок 6.9).

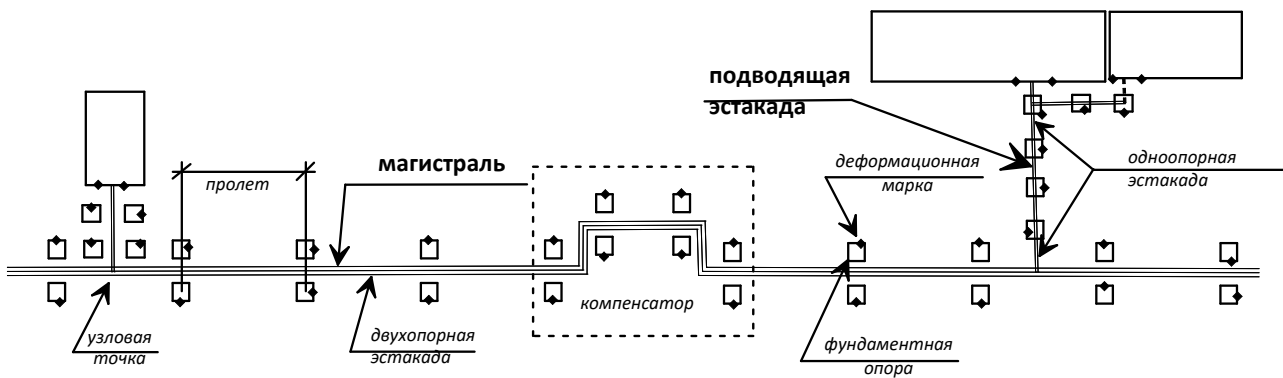


Рисунок 6.9 – Фрагмент комбинированной эстакады

6.4.9.4 Наблюдения на эстакадах выполняются по всей сети деформационных марок, при этом расчет относительной разности осадки выполняется для:

- одноопорных пролетов: либо по разностям измеренных превышений, либо разностям вертикальных смещений;

- двух и более опорных пролетов: по средним разностям измеренных превышений соседних опор, либо по средним разностям вертикальных смещений соседних опор.

6.4.9.5 По всей длине эстакады строится профиль вертикальных смещений, по которому определяются максимальные отрицательные или положительные вертикальные смещения и сравниваются с проектными и предельными величинами, которые рассчитываются в соответствии с требованиями СП 22.13330 и СП 43.13330.

6.4.9.6 Проектирование места размещения деформационных марок эстакады выполняется посекционно, включая секции между температурными компенсаторами, узловыми точками вдоль магистрального хода и в ходах подводящих эстакад.

6.4.9.7 Если длина эстакады составляет более 1 км и размещается на геологически разнородной и пересеченной местности, то должны быть предусмотрены наблюдения за горизонтальными смещениями вдоль оси эстакады.

#### 6.4.10 Подземные тоннели

6.4.10.1 Местоположение сети деформационных марок для подземных тоннелей зависит от конструкции фундаментных лотков проходного, полупроходного или непроходного канала по ГОСТ Р 70406. В соответствии с СП 124.13330.2012 (пункты 3.8, 3.9):

- полупроходной канал: протяженное подземное сооружение с высотой прохода в свету от 1,5 до 1,8 м и шириной прохода между изолированными трубопроводами не менее 600 мм;

- проходной канал: протяженное подземное сооружение с высотой прохода в свету 1,8 м и шириной прохода между изолированными трубопроводами равной диаметру трубопровода плюс 100 мм, но не менее 700 мм.

Общая схема лотка канала и схемы возможной закладки деформационных марок (г, д, е, ж, к) приведены на рисунке 6.10.



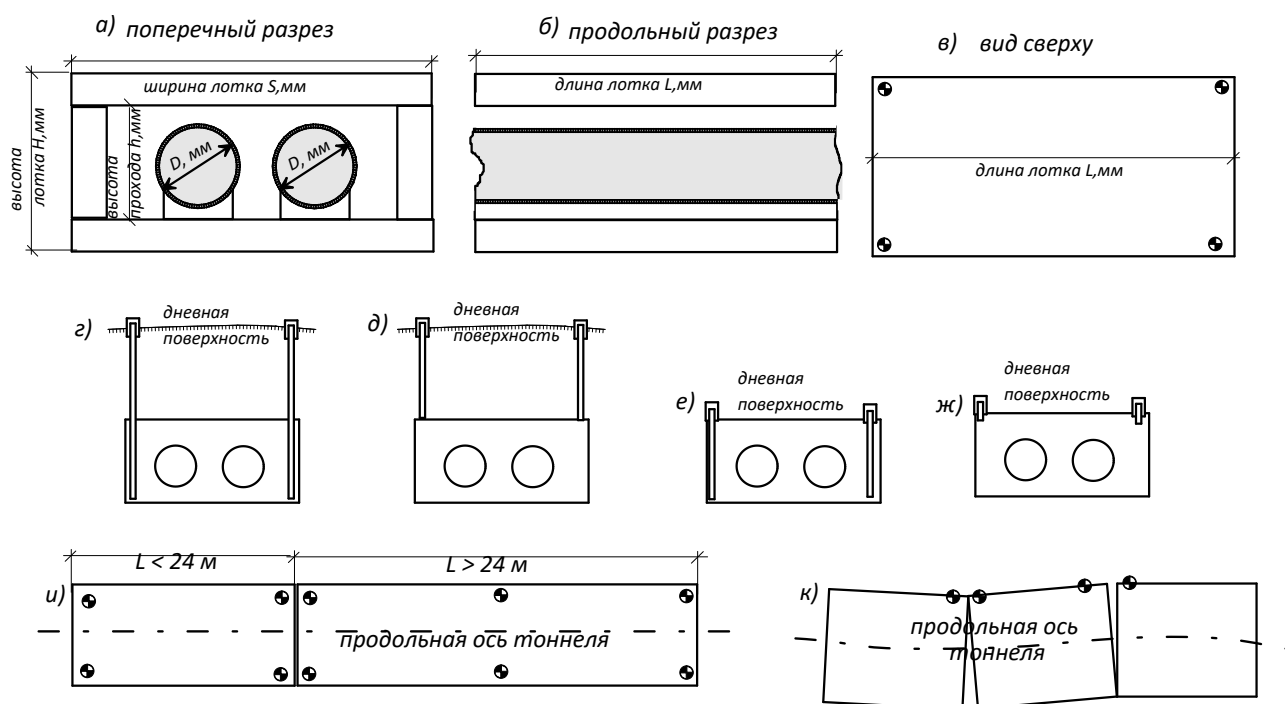


Рисунок 6.10 – Принципиальная схема лотка

а) поперечный разрез, б) продольный разрез, в) вид сверху

Схемы возможной закладки деформационных марок: г) трубчатые марки на нижней плите лотка, д) трубчатые марки на верхней плите лотка, е) трубчатая марка на нижней плите лотка, ж) плитная марка на верхней плите лотка; и) л) схемы расположения соседних марок

6.4.10.2 Для оценки прогиба /выгиба продольной оси лотка на нем устанавливают деформационные марки (рисунок 6.10, и). При длине лотка до 24 м – 4 деформационные марки, при длине лотка более 24 м – 6 деформационных марок.

6.4.10.3 Конструкция деформационных марок зависит от глубины заложения тоннеля и места закрепления марок на верхней / нижней плите лотка. Для подземных тоннелей, закрытых грунтом, используются трубчатые марки (рисунок 6.10, г и д). Для тоннелей, верхняя плита лотка которых находится на дневной поверхности используются трубчатые марки (рисунок 6.8, е), либо плитные марки (рисунок 6.10, ж).

6.4.10.4 По каждому лотку должны контролироваться: средняя осадка в геометрическом центре лотка и относительная разность осадки между соседними лотками. При этом, относительная разность осадки между соседними лотками определяется по средним вертикальным смещениям, определенным в геометрическом центре лотков и сравниваться с ограничениями по проектным и предельным изгибным деформациям трубопровода (рисунок 6.10, к).

6.4.10.5 Проектирование места размещения деформационных марок выполняется посекционно, включая секции узловыми точками вдоль магистрального хода и в ходах подводящих трубопроводов.

#### 6.4.11 Подкрановые пути

6.4.11.1 Геодезические наблюдения за подкрановыми путями выполняются при обследовании крановых путей грузоподъемных машин в соответствии с требованиями ГОСТ Р 56944 и методическими указаниями [20]. Наблюдения по крановым и подкрановым путям выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51248.

6.4.11.2 Геодезические наблюдения за подкрановыми путями включают в себя наблюдения за величинами отклонений от проектного положения и износа элементов надземных рельсовых крановых путей (ГОСТ Р 56944-2016, приложение Г), в том числе и деформациями фундаментных колонн / опор, поддерживающих верхнее строение надземных рельсовых крановых путей, предназначенные для передвижения во время эксплуатации внутри цехов и на эстакадах грузоподъемных мостовых кранов .

**Пр и м е ч а н и е** – Верхнее строение рельсового пути кранового включает в себя совокупность элементов конструкции пути, установленных на подкрановые строительные конструкции (или подвешенных к ним), воспринимающих и передающих нагрузки от колес крана на подкрановые строительные конструкции.

6.4.11.3 Наблюдения за деформациями подкрановых путей выполняются с целью определения прямолинейности, соосности и взаимного положения рельсовых путей и иных параметров необходимых при проведении ремонтных работ с размещением деформационных марок на опорах подкрановых путей в соответствии с рекомендациями РД-10-138-97 с изм.1 (РДИ-10-349(138)-00) в пределах верхнего строения кранового пути.

**Пр и м е ч а н и е** – Верхнее строение рельсового пути кранового включает в себя совокупность элементов конструкции пути, установленных на подкрановые строительные конструкции (или подвешенных к ним), воспринимающих и передающих нагрузки от колес крана на подкрановые строительные конструкции.

6.4.11.4 Наблюдения за горизонтальными и/или вертикальными деформациями фундаментных колонн/опор под верхним строением рельсового пути выполняются по деформационным маркам, размещенным на опорах/колоннах.

В практике (машинные залы АЭС, пускорезервные котельные и пр.) наблюдения за горизонтальными и/или вертикальными деформациями фундаментных колонн/опор совмещаются с наблюдениями за деформациями фундаментов. Поэтому для проведения этих наблюдений на каждой из опор предусматриваются деформационные марки, размещаемые на отметке «чистого» пола (+0,500).

6.4.11.5 Наблюдения за подкрановыми путями погрузо-разгрузочной машины в реакторных отделениях выполняются с использованием деформационных марок, размещаемых по специальной программе в зависимости от конструкции реакторного отделения.

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

6.5.1 При разработке схем размещения деформационных марок применяться следующие картографические материалы:

- топографические планы крупных масштабов (1:500);
- генеральные планы или строительные генеральные планы объекта с учетом проекта вертикальной планировки;
- строительные чертежи (планы и вертикальные сечения).

6.5.2 При размещении марок в здании или сооружении на разных горизонтах, для каждого горизонта составляется своя схема, с указанием связи сетей на каждом из них.

6.5.3 Для фундаментов, выполненных в виде монолитной фундаментной плиты, конфигурация сети деформационных марок определяется с учетом формы и размера фундамента. Основными контролируемыми параметрами являются средняя осадка и относительный крен.

6.5.4 Для столбчатых и ленточных фундаментов, где контролируется максимальная осадка и относительная разность осадки, деформационная сеть размещается на каждую несущую колонну.

6.5.5 При закладке деформационных марок 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 (центрально- или внецентренно сжатой) фундаментной опоре и/или колонне, и также, с разделением на несущие и вспомогательные металлические опоры (как это показано в [12] (пункт 2.3.4) для ТЭЦ).

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

6.5.7 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.

6.5.8 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 м, по углам, по обе стороны осадочных швов – на расстоянии до 0,5 м от осадочного шва.

6.5.9 После пристройки вновь возводимого здания к существующему, место примыкания рассматривают как деформационный шов и деформационные марки устанавливают по обе его стороны. На существующем здании можно ограничиться установкой деформационных марок на расстоянии до 1 м от места примыкания нового здания.

6.5.10 Планово-высотные деформационные марки (мини-призмы, отражатели 360°, самоклеящиеся марки и пр.) устанавливают на наружных и внутренних частях зданий или сооружений. При разработке детальной схемы размещения деформационных марок учитывают требования ГОСТ 24846 и [14].

6.5.11 Планово-высотные деформационные марки для определения кренов, прогибов/выгибов несущих конструкций рекомендуется устанавливать вертикальными рядами (не менее трех в ряд и более – в зависимости от количества перекрытий, а при наблюдении высотных объектов – в зависимости от их высоты).

6.5.12 Для геодезического контроля сдвига (разворота) фундамента в плане должны применяться не менее четырех марок (координатный способ, линейно-угловые, створные засечки), расположенных по периметру сооружения.

При блочном строении фундамента расчет сдвига (разворота) определяют для каждого блока с установкой деформационных марок на расстоянии до 0,5 м справа и слева от деформационного осадочного шва.

6.5.13 Для контроля сдвига (разворота) и опрокидывания (подпорные стенки) деформационные марки устанавливают на нижнем и верхнем горизонтах каждого из блоков с учетом положения осадочных швов. На рисунке 6.5 показан разворот фундамента в вертикальной плоскости.

## **7 Требования к конструкциям и правила закладки деформационных марок**

### **7.1 Классификация деформационных марок**

7.1.1 Деформационные марки делят на внешние и внутренние марки. Внешние марки должны быть оборудованы повышенной защитой от метеоклиматических воздействий (пыле – влагозащита), внутренние марки должны быть защищены от воздействий техногенных влияний. Все марки должны быть снабжены антивандальными приспособлениями.

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 следующие типы по месту их установки:

- плитные марки [13], [17] устанавливаемые на горизонтальной поверхности (верхняя поверхность фундаментов; ригелей, балок и пр.) с учетом возможности установки нивелирной рейки;

- стенные марки [13], [17] закрепляемые на вертикальной поверхности (фундаментные колонны, опоры, строительные конструкции боковых ограждений);

- марки для подвешивания навесных реек (навесные марки) [17], [21] в виде металлических стержней, штырей и пр.;

- глубинные марки [21], устанавливаемые в грунт на различную глубину относительно дневной поверхности. В практике под глубинной маркой обычно понимается конструкция в виде трубчатого репера.

Примечание – В качестве марок, устанавливаемых в грунт на дневной поверхности, могут быть использованы закрепленные в грунте плитные марки.

- марки-полосы с инварными полудециметровыми [21] и кодовыми штрихами.

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

7.1.5 В приложении В приведены схемы, основные конструкции и изображения деформационных марок.

## **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 следует обеспечить:

- жесткую 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, возможности для наведения и/или установки рейки, быть сохранными внутри помещений и на внешней стороне зданий и сооружений.

Марки различают:

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

- трубчатые марки, устанавливаемые в фундаменты и конструкции подземных сооружений;

- шкаловые и кодовые деформационные марки;
- призмные отражатели на 360°; пленочные световозвращающие марки;
- замаркированные детали конструкций и технологического оборудования.

7.2.4 Конструкция внешних марок должна предусматривать антикоррозионную защиту, антивандальные приспособления, иметь высокую сохранность. 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 пяти 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 при нумерации учитывать код и/или номер здания в составе объекта и номер марки на чертеже здания.

Для линейных объектов, таких как эстакады, трубопроводы и пр., где расчет деформаций осуществляется по парам марок (например, две марки на двойной опоре эстакады) рекомендуется к текущему названию добавлять символы, характеризующие сторону (слева-справа, L-R) относительно направления хода нивелирования

7.2.7 После установки высотной деформационной марки определяют ее координаты со 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:

а) на отметке от 0,2 до 0,8 м от уровня отмотки:

1) для наружных марок и уровня полов;

2) для марок, установленных внутри помещений с учетом свободного пространства над маркой, необходимого для постановки инварных реек высотой до 3 м;

б) 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 глубины промерзания грунта, определяемому по

СП 131.13330.2020 (таблица 5.1).

Особенности закладки поверхностных марок для зон вечной мерзлоты приведено в правилах закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей [22].

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 активной зоне осадки, 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 оценку деформации грунтов по глубине расчетной активной зоны осадки.

Примечание – Количество глубинных марок должно быть не менее чем на пяти основных горизонтах DL, NL, FL, WL, В и С (рисунок 7.1), используемых при расчете активной зоны осадки.

Схема распределения напряжений в линейно-деформируемом полупространстве приведена на рисунке 7.1.

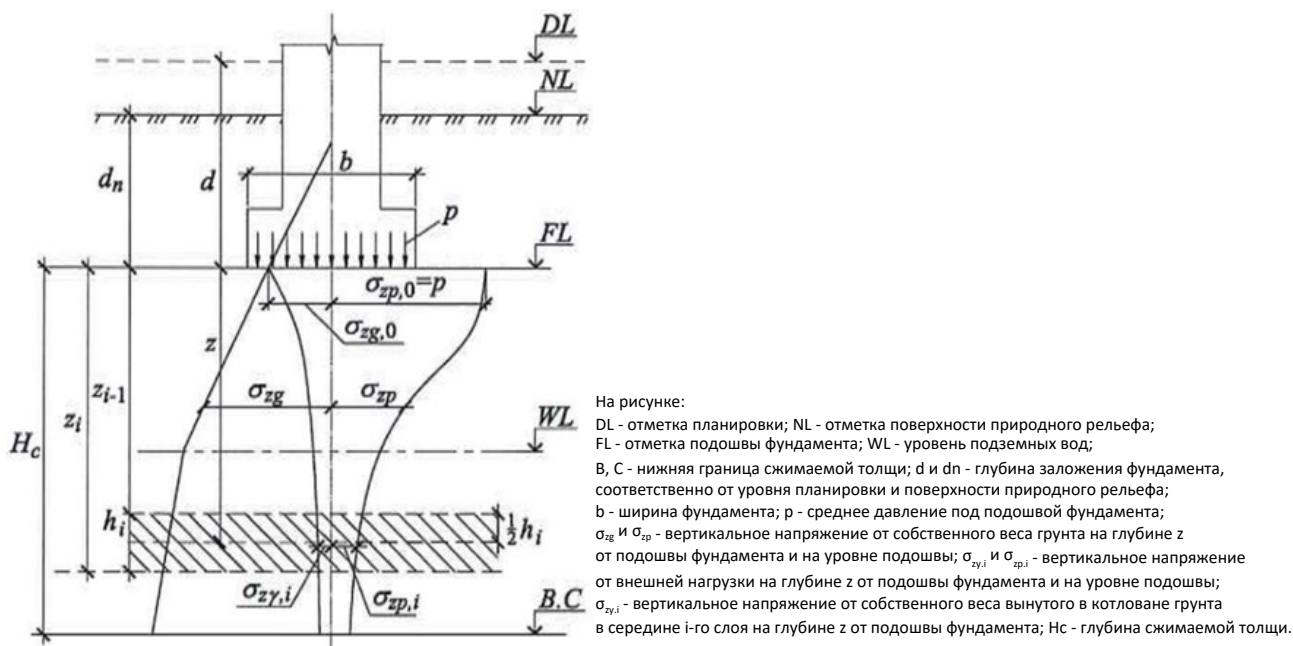


Рисунок 7.1 – Схема распределения напряжений в линейно-деформируемом полупространстве активной зоны осадки

7.3.6 В сложных случаях, конфигурация куста глубинных марок должна обеспечивать не только оценку деформации грунтов по глубине расчетной активной зоны осадки, но и отражать изменения напряженно-деформируемого полупространства в плане.

Для этого могут быть организованы профили из глубинных марок пересекающие плановые расчетные границы активной зоны осадки (Приложение В, рис. 20).

#### **7.4 Марки для определения деформаций земляных сооружений**

7.4.1 При выборе конструкций марок для определения деформаций земляных сооружений, разработке схемы расположения и закладке следует руководствоваться СП 45.13330, отраслевыми стандартами [23], [24] и рекомендациями [21].

Виды деформационных марок, предназначенные для определения смещений земляных сооружений приведены в рекомендациях [21] и частично показаны в приложении В.



**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 четырьмя 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:  $\text{пред. } M_{\Delta} = \frac{\Delta}{2t} = \frac{50}{2 \times 3,0} = 8,3$  мм. Средняя квадратическая погрешность определения средней осадки должна составлять:  $m = \frac{\text{пред. } M_{\Delta}}{3} = \frac{8,3}{3} = 2,7$  мм.

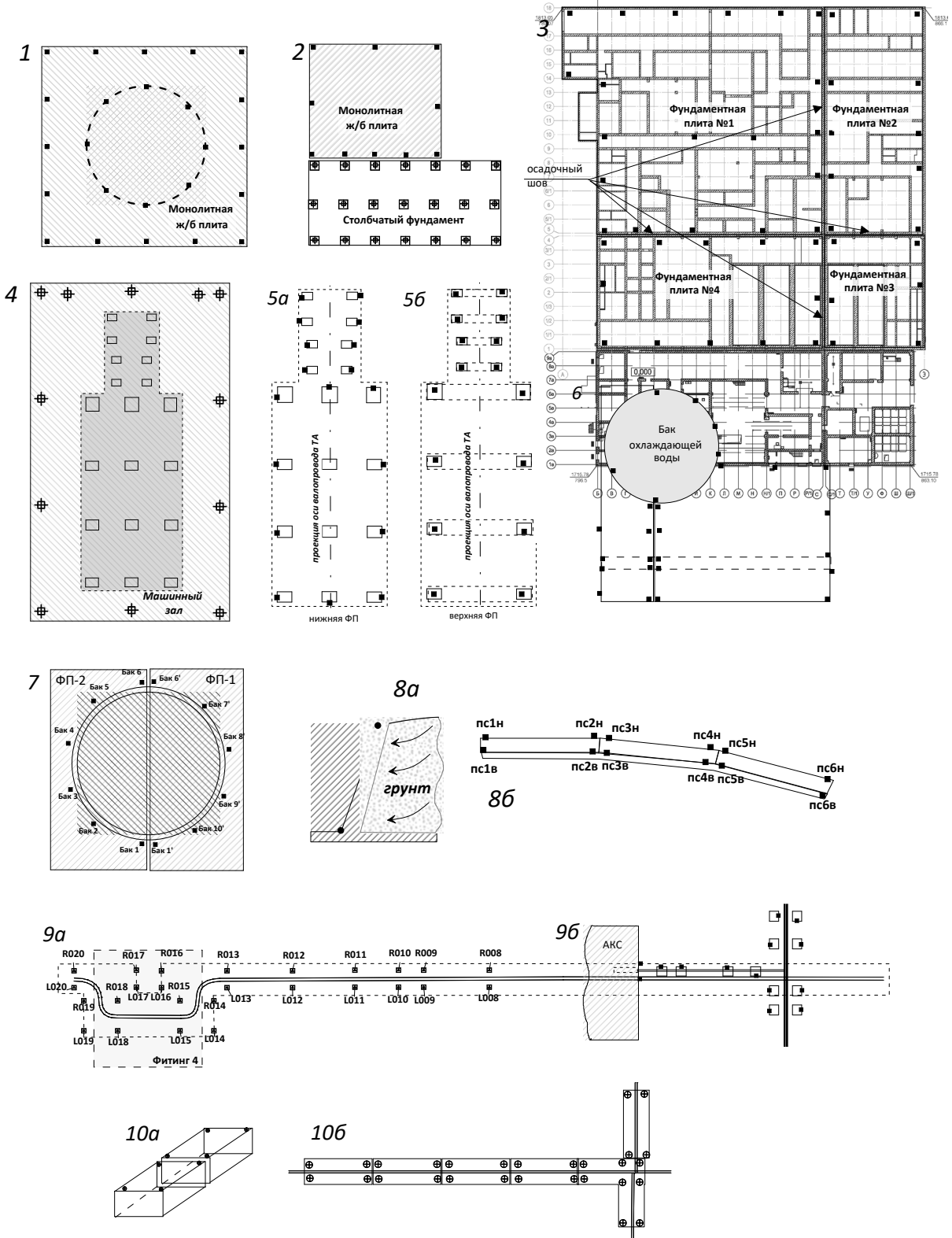
А.2. Пусть расчетный относительный вертикальный крен для вентиляционной трубы высотой  $H = 185$  м составляет  $\gamma = \frac{1}{2H} = 0,0027$ , т. е. 2,7 мм на 1 м высоты трубы. Тогда ожидаемое абсолютное уклонение центра верхнего пояса (верхнего конца) трубы от вертикальной оси, проходящей через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

**П р и м е ч а н и е** – Полученная средняя квадратическая погрешность оценки средней осадки определяет выбор методики измерений, тип, точность приборов и инструментов и цикличность измерений.

Приложение Б

(справочное)

Примеры размещения деформационных марок на инженерных объектах атомных станций



## Приложение В

(справочное)

### Конструкции деформационных знаков

#### В1. Деформационные марки для высокоточного геометрического нивелирования

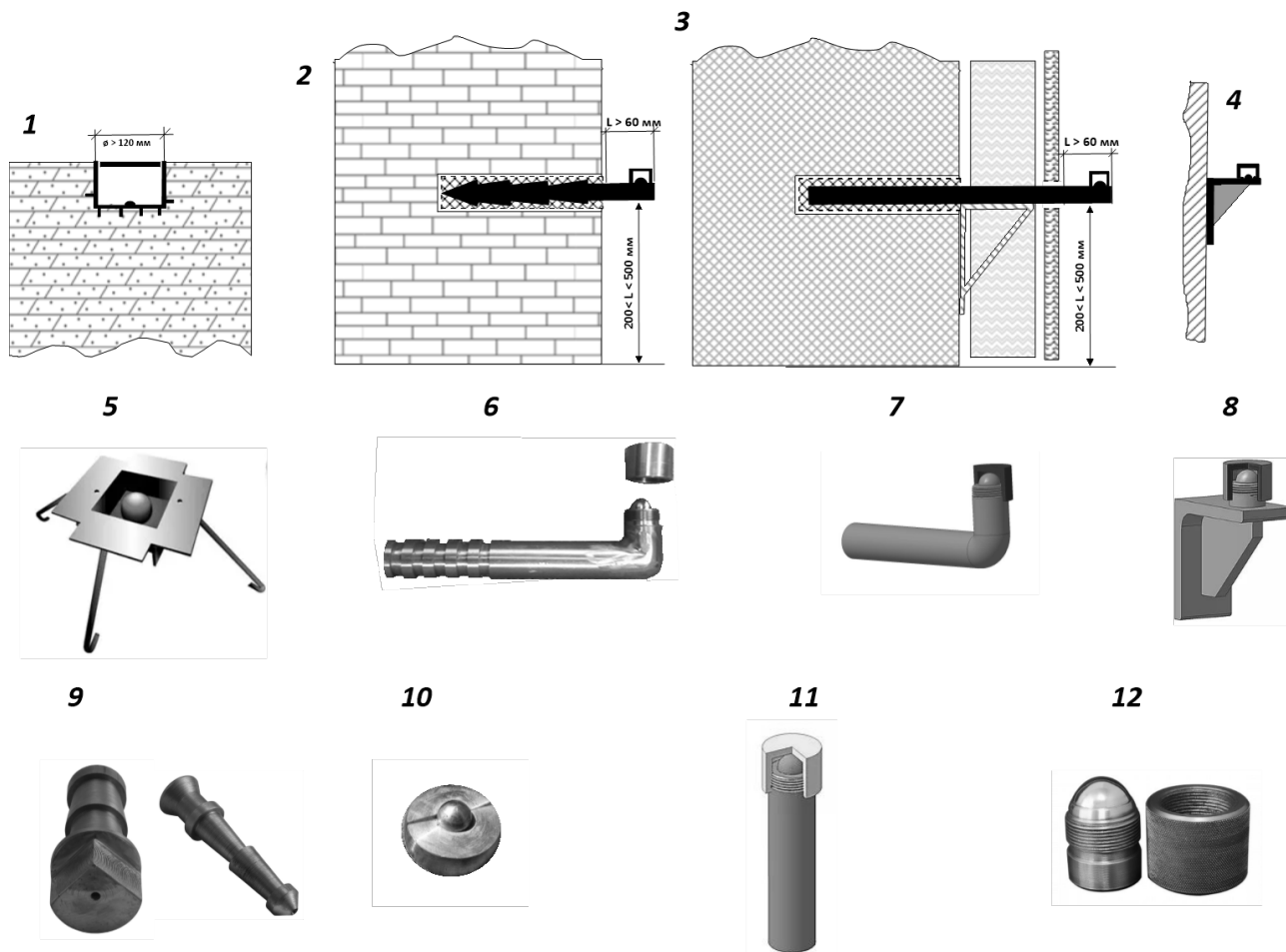


Рисунок В1 – Схемы закладки: 1 – плитной марки, 2 – стенной марки, 3 – стенной марки консольного типа, 4 – стенной марки для металлических колонн. Изображения конструкции: 5 – плитной марки, 6,7,9 – закладной детали стенной марки, 8 – марки для крепления на металлических колоннах; 10, 11, 12 – опорные головки для плитных и стенных марок.

#### В2. Деформационные планово-высотные марки



Рисунок В2 – Планово-высотные марки: 13 – светоотражающая, 14, 15 – высокоточные отражатели, 15 – круговой отражатель (отражатель 360°)

**В3. Деформационные поверхностные и глубинные марки земляных сооружений**

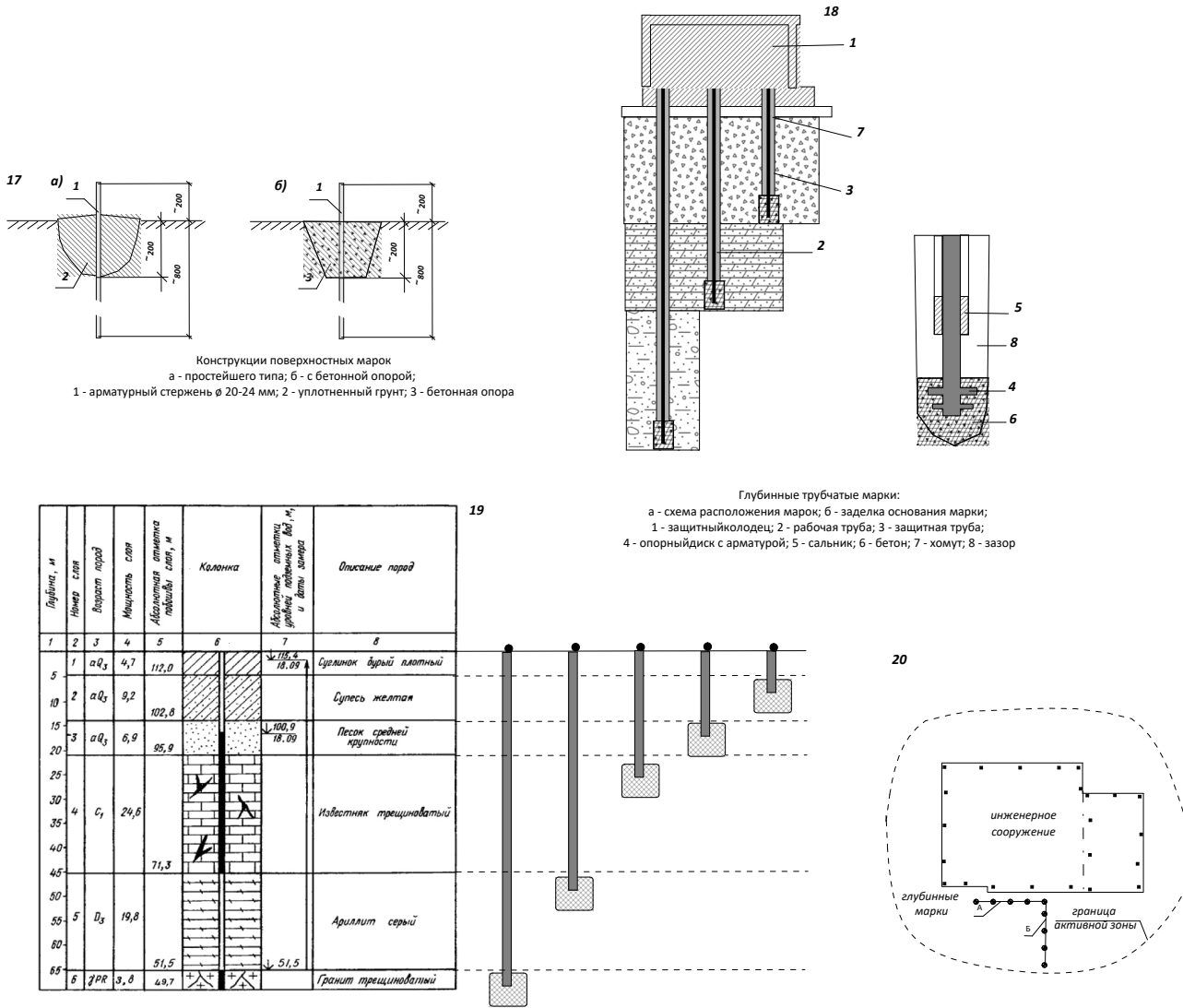


Рисунок В3 – Деформационные поверхностные и глубинные марки для земляных сооружений: 17 – поверхностные марки, 18 – глубинные марки с установкой в отдельном колодце, 19 – схема расположения куста глубинных марок с учетом геологических характеристик грунта; 20 – схема размещения куста глубинных реперов по для оценки динамики активной зоны: А – по глубине, Б – в плане.

## 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] Правила и нормы атомной энергетики ПиНАЭ-5.10-87      Основания реакторных отделений атомных станций
- [12] 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

- [13] Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам / [В. Д. Большаков, Г. П. Левчук, В. Е. Новак и др.]; Под ред. В. Д. Большакова, Г. П. Левчука. - Москва: Недра, 1980.
- [14] Руководство по определению кренов инженерных сооружений башенного типа геодезическими методами/ЦНИИОМТП Госстроя СССР. Госстроя СССР – М: Стройиздат, 1981
- [15] Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений к СНиП 2.02.01-83, НИИОСП им. Герсеванова, Госстрой СССР - М.: Стройиздат, 1986
- [16] Руководящий документ РД 34.21.526-95 Типовая инструкция по эксплуатации металлических резервуаров для хранения жидкого топлива и горячей воды.  
Строительные конструкции
- [17] Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. НИИОСП им. Н.М. Герсеванова ГОССТРОЯ СССР. М., 1975
- [18] 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 № 9/623-П
- [19] Руководящий документ РД 34.30.606-95 Методические указания по центровке опор валопроводов турбоагрегатов по измеренным опорным нагрузкам
- [20] Руководящий документ РД 10-138-97 Комплексное обследование крановых путей грузоподъемных машин. Часть 1. Общие положения. Методические указания
- [21] П 87-2001 Рекомендации по проведению натурных наблюдений за осадками грунтовых плотин. ВНИИГ. Санкт-Петербург, 2001
- [22] Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1993
- [23] СТО 17330282.27.140.004-2008 Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Условия создания. Нормы и требования
- [24] СТО 70238424.27.140.003-2010 Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.

---

УДК 006.89: 006.354

ОКС 27.120.20

Ключевые слова: геодезический мониторинг, осадки, крены, деформационные знаки, проектирование атомных станций

---