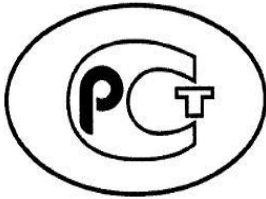

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

ГОСТ Р _____
*(первая
редакция)*

**ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗДАНИЙ И
СООРУЖЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ И
МЕТРОПОЛИТЕНОВ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ**

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

**Москва
Российский институт стандартизации
202_**

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-инженерный центр Тоннельной Ассоциации» (ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»), Акционерным обществом «Мосинжпроект» (АО «Мосинжпроект»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 400 «Производство работ в строительстве. Типовые технологические и организационные процессы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от _____ № _____ -ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок – в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 202_

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения.....	
2 Нормативные ссылки.....	
3 Термины и определения	
4 Сокращения.....	
5 Общие положения.....	
6 Исходная информация для проектирования системы автоматизированного мониторинга	
7 Требования к проектированию системы автоматизированного геотехнического мониторинга.....	
8 Программное обеспечение и алгоритмы для автоматизированного геотехнического мониторинга.....	
9 Информационные модели: структура формирования и порядок использования при автоматизированном геотехническом мониторинге.....	
10 Монтаж, тестирование, сдача в эксплуатацию и техническое обслуживание САГТМ.....	
11 Обработка данных, порядок и форма предоставления результатов мониторинга.....	
12 Техника безопасности и охрана труда.....	
Приложение А (справочное) Контрольно-измерительная аппаратура для автоматизированного геотехнического мониторинга.....	
Библиография	

Введение

Настоящий стандарт разработан для обеспечения соблюдения требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Стандарт учитывает отечественный и зарубежный опыт регламентации выбора метода, оборудования и программного обеспечения для автоматизированного геомониторинга в составе средств, обеспечивающих сохранность и эксплуатационную надежность сооружений в зоне влияния подземного строительства.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Организация строительного производства. Автоматизированный геотехнический мониторинг зданий и сооружений при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов в условиях плотной городской застройки

Automated geotechnical monitoring of buildings and structures in the construction of
transport tunnels and subways in dense urban areas

Дата введения –

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на проектирование, организацию и производство работ по автоматизированному геотехническому мониторингу (АГТМ) напряженно-деформированного состояния (НДС) оснований и конструкций строящихся и эксплуатируемых объектов городской инфраструктуры (зданий, сооружений и инженерных коммуникаций, в том числе подземных), находящихся в зоне влияния строительства и реконструкции транспортных тоннелей и метрополитенов.

Настоящий стандарт не распространяется на автоматизированный мониторинг при строительстве в районах распространения многолетнемерзлых и структурно-неустойчивых грунтов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 22.2.04 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные аварии и катастрофы. Метрологическое обеспечение контроля состояния сложных технических систем. Основные положения и правила

ГОСТ 34.601 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания

ГОСТ 7473 Смеси бетонные. Технические условия

ГОСТ 17624 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности

ГОСТ 23061 Грунты. Методы радиоизотопных измерений плотности и влажности

ГОСТ 23422 Материалы строительные. Нейтронный метод измерения влажности

ГОСТ 24846 Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений

ГОСТ 25358 Грунты. Метод полевого определения температуры

ГОСТ 31937 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

ГОСТ Р 2.106 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы

ГОСТ Р 2.610 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов

ГОСТ Р 52892 Вибрация и удар. Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкцию

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

СП 26.13330.2012 «СНиП 2.02.05-87 Фундаменты машин с динамическими нагрузками»

СП 47.13330.2016 «СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»

СП 49.13330.2010 «СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования»

СП 120.13330.2022 «СНиП 32-02-2003 Метрополитены»

СП 248.1325800.2016 Сооружения подземные. Правила проектирования

СП 249.1325800.2016 Коммуникации подземные. Проектирование и строительство закрытым и открытым способами

СП 250.1325800.2016 Здания и сооружения. Защита от подземных вод

СП 305.1325800.2017 Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве

СанПиН 1.2.3685–21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные

стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный 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 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 целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 автоматизированная система (АС): Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенных для автоматизированного управления различными процессами.

3.2 автоматизированный геотехнический мониторинг (АГТМ): Геотехнический мониторинг, при котором фиксация контролируемых параметров осуществляется в автоматическом режиме.

3.3 автоматизированные средства измерений (АСИ): Средства измерений, входящие в систему автоматизированного геотехнического мониторинга.

3.4 геотехнический мониторинг: Комплекс работ, основанный на натуральных наблюдениях за поведением конструкций вновь возводимого или реконструируемого сооружения, его основания, в т.ч. грунтового массива, окружающего (вмещающего) сооружение, и конструкций сооружений окружающей застройки.

Примечание – Геотехнический мониторинг осуществляется в период строительства (в т.ч. в подготовительный период) и на начальном этапе эксплуатации вновь возводимых или реконструируемых объектов.

3.5 глубинный репер: Фундаментальный геодезический знак, закладываемый в практически несжимаемые грунты и предназначенный для сохранения высотной отметки.

3.6 датчик давления грунта: Вид геотехнического оборудования, применяемый для контроля давлений на контакте грунтового массива и конструкций

сооружений, определяемых за счет сдавливания (сжатия) или изгиба измерительной пластины датчика.

3.7 датчик деформации: Вид геотехнического оборудования, располагаемый на поверхности или закладываемый в тело конструкций, применяемый для контроля их напряженно-деформированного состояния (НДС).

3.8 датчик уровня воды: Вид геотехнического оборудования, применяемый для измерения уровня подземных вод.

3.9 деформационная марка: Геодезический знак, жестко закрепленный на конструкции сооружения и меняющий вместе с ней свое планово-высотное положение вследствие осадки, просадки, подъема, сдвига, крена.

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

3.11 зона влияния нового строительства или реконструкции: Расстояние, за пределами которого расчетное значение дополнительной осадки грунтового массива в результате нового строительства или реконструкции не превышает 1 мм, определяемое согласно СП 22.13330.2016, СП 248.1325800.2016, СП 249.1325800.2016.

3.12 маяк, щелемер: Приспособление для наблюдения за развитием трещин.

3.13 мониторинг: Систематическое или периодическое слежение (наблюдение) за деформационно-напряженным состоянием конструкций, или деформациями зданий и сооружений в целом, за состоянием грунтов, оснований и подземных вод в зоне строительства, своевременная фиксация и оценка отступлений от проекта, требований нормативных документов, сопоставление результатов прогноза взаимного влияния объекта и окружающей среды с результатами наблюдений с целью оперативного предупреждения или устранения выявленных негативных явлений и процессов.

Примечание – Мониторинг является составной частью научно-технического сопровождения строительства (НТСС).

3.14 наблюдательный метод: Метод проектирования, изначально предполагающий возможность корректировать проект на основании результатов геотехнического мониторинга.

3.15 нештатная ситуация: Ситуация, при которой технологический процесс или состояние оборудования выходит за рамки нормального функционирования и может

привести к аварии.

3.16 окружающая застройка: Существующие здания и сооружения, инженерные и транспортные коммуникации, расположенные вблизи объектов нового строительства или реконструкции.

3.17 основание: Массив грунта, взаимодействующий с сооружением.

3.18 подземные сооружения транспортного назначения (ПСТН): Подземные сооружения метрополитена, автодорожные и железнодорожные тоннели.

3.19 репер грунтовый: Геодезический знак, основание которого устанавливается ниже глубины промерзания, оттаивания или перемещения грунта и служащий в качестве высотной геодезической основы.

3.20 репер стенной: Геодезический знак, устанавливаемый на несущих конструкциях зданий и сооружений, осадка которых стабилизировалась.

3.21 система мониторинга инженерных (несущих) конструкций, опасных природных процессов и явлений (СМИК): Подсистема СМИС, осуществляющая в режиме реального времени контроль изменения состояния оснований, строительных конструкций зданий и сооружений; сооружений инженерной защиты, зон схода селей, оползней, лавин в зоне строительства и эксплуатации объекта мониторинга в целях предупреждения чрезвычайных ситуаций.

3.22 система сбора данных и передачи сообщений СМИС (ССП): Подсистема СМИС, осуществляющая в режиме реального времени контроль дестабилизирующих факторов путем мониторинга систем инженерно-технического обеспечения объекта, получения данных от подсистем СМИС, а также информирование дежурно-диспетчерских служб объектов и органов повседневного управления РСЧС об угрозе и возникновении ЧС.

3.23 система связи и управления в кризисных ситуациях (СУКС): Подсистема СМИС, обеспечивающая связь и управление формированиями аварийных, аварийно-спасательных и иных служб внутри объекта при ликвидации последствий аварий, ЧС, в том числе вызванных террористическими актами.

3.24 структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений (СМИС): Построенная на базе аппаратурно-программных средств, предназначенная для осуществления на соответствующих категориях объектов автоматического мониторинга систем инженерно-технического обеспечения, состояния основания, строительных конструкций зданий и сооружений, технологических процессов, сооружений инженерной защиты и передачи в режиме

реального времени информации об угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций, в т.ч. вызванных террористическими актами, по каналам связи в органы повседневного управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

3.25 точность измерений: Характеристика измерений, отражающая близость к истинному значению.

3.26 цифровой двойник: Компьютерная модель сооружения, предназначенная для определения его НДС в любой момент времени с учетом фактического состояния.

4 Сокращения

В настоящем стандарте применяются следующие сокращения:

АГТМ – автоматизированный геотехнический мониторинг;

ГТС – геотехническая система;

ДГН – датчик гидростатического нивелирования;

КИА – контрольно-измерительная аппаратура;

МКЭ – метод конечных элементов;

НС – нештатная ситуация;

НАТМ – новоавстрийский тоннельный метод проходки;

ПСТН – подземные сооружения транспортного назначения;

ПО – программное обеспечение;

ПВК – программно-вычислительный комплекс;

САГТМ – система автоматизированного геотехнического мониторинга;

ТПМК – тоннелепроходческий механизированный комплекс;

УГВ – уровень грунтовых вод;

УПВ – уровень подземных вод;

ЦД – цифровой двойник.

5 Общие положения

5.1 Целью АГТМ является обеспечение сохранности и эксплуатационной надежности сооружений, находящихся в зоне влияния строящихся или реконструируемых ПСТН за счет непрерывной (в режиме «online») или в запрограммированные интервалы времени фиксации значений наблюдаемых параметров конструкций и оснований, определяющих их надежность и долговечность, и своевременного выявления их изменений, которые могут привести к переходу

объектов в определенное проектом или требованиями эксплуатации недопустимое состояние.

5.2 Настоящий стандарт регламентирует правила проектирования и проведения АГТМ оснований и конструкций строящихся или реконструируемых сооружений, находящихся в зоне влияния строительства или эксплуатации ПСТН; детализирует указания СП 22.13330.2016, СП 120.13330.2022, СП 305.1325800.2017 и ГОСТ 31937, ГОСТ 24846, а также положения отраслевых нормативных и методических документов [3]–[8], [11] в части применения САГТМ для строительства или эксплуатации ПСТН.

5.3 Объекты, подлежащие АГТМ, устанавливаются СП 22.13330.2016, СП 120.13330.2022, СП 248.1325800.2016, СП 249.1325800.2016 и техническим заданием заказчика, в зависимости от геотехнической категории сложности объектов нового строительства (реконструкции), уровня ответственности сооружений и сложности инженерно-геологических условий по СП 47.13330.2016, руководствуясь положениями [1], [2].

АГТМ в подземном строительстве следует применять:

- при разработке котлованов и ведении горнопроходческих работ в непосредственной близости от объектов, деформации которых ограничены специальными требованиями;
- при реализации защитных мероприятий (компенсационное нагнетание, укрепление грунта, устройство ограждений типа «стена в грунте», из грунтоцементных свай ГЦС, шпунта и т.п.);
- в труднодоступных для "ручного" мониторинга местах (подвальные помещения зданий, тоннели и подземные участки метрополитена);
- при реконструкции объектов культурного наследия;
- для экспериментальных конструкций тоннелей.

5.4 АГТМ может выполняться:

- в полностью автоматическом режиме (непрерывном или через запрограммированные временные интервалы), исключая участие человека в снятии показаний измерительных устройств, их передаче для обработки и анализа, и представлении информации уполномоченным структурам для принятия решения;
- в полуавтоматическом режиме, с участием человека в периодическом снятии и передаче показаний с измерительных устройств для обработки и анализа.

5.5 Решение о применении АГТМ должно приниматься с учетом технико-

экономического сравнения с геодезическим мониторингом, без ухудшения качества получаемых данных.

5.6 АГТМ выполняется в соответствии с программой мониторинга, разрабатываемой и утверждаемой в составе проектной документации.

5.7 Если проектом или заданием заказчика геотехнический мониторинг объекта предусмотрен в период эксплуатации, то по своим характеристикам и надежности САГТМ при строительстве должна обеспечивать возможность ее последующего включения в структурированную систему мониторинга и управления инженерными системами сооружений (СМИС).

5.8 Разработка программы АГТМ, а также его проведение выполняется организациями, имеющими допуск к указанным видам работ, необходимый опыт и квалификацию.

6 Исходная информация для проектирования системы автоматизированного геотехнического мониторинга (САГТМ)

6.1 Для проектирования САГТМ в общем случае необходимо наличие следующей исходной информации:

- техническое задание на проектирование САГТМ, согласованное с заказчиком строительства, генпроектировщиком или службой эксплуатации сооружения;
- инженерно-геологические условия участка строительства;
- проектные решения строящегося объекта, в том числе календарный график выполнения строительных работ;
- результаты обследования технического состояния зданий и сооружений окружающей застройки, подлежащих АГМ;
- архивные данные о ранее выполненных обследованиях и наблюдениях;
- результаты расчетной оценки НДС сооружения и его основания на различных этапах строительства и эксплуатации объекта.

6.2 Исходные данные для обоснования и оптимизации параметров САГТМ сооружений в конкретных условиях строительства ПСТН должны базироваться на результатах следующих видов работ:

- инженерно-геологических, гидрогеологических и экологических изысканий на территории размещения всех зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строительства;
- проектных решений строящегося объекта, включая календарный график

выполнения строительных работ и результаты обследования сооружений, расположенных в зоне влияния строительных работ;

- расчетной оценки на различных этапах строительных работ, ожидаемых горизонтальных и вертикальных деформаций конструкций строящегося объекта и сооружений, расположенных в зоне влияния строительных работ.

- ретроспективной оценки возможной динамики смещения поверхности земли, а также уже сооруженных на территории строительства зданий и сооружений, ориентируясь, в частности, на данные радарной спутниковой интерферометрии (INSAR-технология), полученные еще до начала строительства (т.е. когда смещения не могут быть связаны со строительством, а вызваны природными геологическими процессами и явлениями (карст, оползни, подземные воды и пр.);

- визуального и инструментального обследования текущего технического состояния сооружений, попадающих в зону влияния будущих горных и строительных работ.

7 Требования к проектированию системы автоматизированного геотехнического мониторинга (САГТМ)

7.1 Общие указания

7.1.1 Проектирование САГТМ включает обоснованный выбор:

- метода автоматизированного геотехнического мониторинга;
- типа и моделей измерительных устройств;
- место установки и способ крепления к конструкциям сооружения;
- периодичности снятия показаний измерительных устройств;
- длительности функционирования САГТМ;
- критериев оценки полученных данных;
- способов передачи данных от измерительных устройств к оператору;
- способов и места хранения данных;
- способов информирования об угрозах возникновения аварийной ситуации;
- способов вывода данных мониторинга, доступных ответственным лицам в любой момент времени (онлайн или на закрытом сервере);
- расчетных схем, методов и программно-вычислительных комплексов для построения математических моделей (цифровых двойников), с помощью которых будут анализироваться поступающая информация и, при необходимости, корректироваться управляющие решения;

- алгоритма и программного обеспечения, обеспечивающих бесперебойную эксплуатацию САГТМ в заданных условиях с возможностью изменения периодичности получения и передачи данных, а также комплексирования различных видов мониторинга.

7.1.2 Работы по проектированию, разработке и созданию САГТМ осуществляются на основе технического задания, согласованного с заказчиком строительства, генпроектировщиком или службой эксплуатации сооружения.

7.1.3 При выборе измерительных устройств и передающей аппаратуры необходимо учитывать специфические условия, в которых они будут эксплуатироваться, включая:

- механическое, гидромеханическое или термомеханическое взаимодействия между компонентами системы геотехнических измерений (датчиками, линиями связи) и средой, в которой установлены компоненты;

- условия окружающей среды (агрессивные грунтовые воды и газы; давление грунта; электромагнитные помехи), которые могут влиять на установленные измерительные датчики и приборы;

- уязвимость информационной связи и систем электропитания внутри системы мониторинга (длинные измерительные линии, которые часто проходят через зоны ведения строительных работ).

7.1.4 Измерительные датчики и приборы должны обладать необходимой надежностью, чтобы эффективно выполнять свои функции в течение всего срока проведения автоматизированного мониторинга, с учетом условий воздействия окружающей среды.

7.1.5 Необходимо предусмотреть защиту средств измерений: защитные оголовки; внешние корпуса, защищающие измерительные приборы от воздействия атмосферных осадков и прямых солнечных лучей; армированные кабельные соединения; антивандальные шкафы для размещения регистрирующей аппаратуры.

7.1.6 При проведении измерений необходимо предусмотреть меры для снижения влияния внешних факторов на результаты измерений: применение датчиков с автоматической компенсацией температурных воздействий и перепадов атмосферного давления, с защитой от перепадов напряжения; применение материалов с низким коэффициентом теплового расширения, высокой коррозионной стойкостью.

7.1.7 Конструкция измерительных устройств и технология их установки не

должны влиять на результаты мониторинга, несущую способность и эксплуатационную пригодность конструкций.

7.1.8 Программа мониторинга должна соответствовать требованиям СП 305.1325800.2017 и содержать следующие разделы:

- основание для выполнения работ;
- область применения;
- цель и задачи работы;
- перечень объектов мониторинга (сооружений, попадающие в зону влияния подземного строительства), их краткое описание и условий (инженерно-геологических и градостроительных) эксплуатации (строительства);
- перечень и краткая характеристика технологии строительства подземных сооружений, влияние которых на действующие объекты является предметом АГТМ;
- расчетные и предельно допустимые (нормируемые) значения контролируемых параметров объектов мониторинга;
- общие положения методики и программа наблюдений;
- порядок и периодичность проведения измерений;
- описание используемой КИА, порядок ее монтажа, сроки периодического освидетельствования технического состояния и устранения неисправностей;
- схемы расположения измерительных точек и устанавливаемых в них датчиков и приборов;
- способ установки датчиков и приборов на объекте;
- форма, содержание и периодичность представления отчетной документации.

7.1.9 Частота измерений при мониторинге сооружений любого назначения определяется, прежде всего, характером развития событий, являющихся источником возможных нештатных ситуаций, адаптирована к типичным временным рамкам, в пределах которых возникает риск, и предусматривать время для осуществления ответных мер согласно таблицам 7.3.1–7.3.7 и [11].

7.1.10 Датчики и устройства САГТМ следует устанавливать таким образом, чтобы максимально полно отобразить формирование НДС объекта наблюдения (в местах примыкания конструкций, в середине пролетов и т.п.).

7.1.11 Результаты АГТМ должны обеспечивать ответственных лиц (представители заказчика, строительного контроля, специалистов эксплуатирующих организаций и т. д.) сведениями, необходимыми и достаточными для определения фактического технического состояния наблюдаемых объектов и принятия

управляющих решений.

При выявлении динамики изменения показаний, свидетельствующей о возможности аварийной или предаварийной ситуации, помимо автоматических уведомлений ответственным лицам необходимо оперативно принять решение о приостановке СМР до выяснения причин возникновения негативных показаний. Подтвердив корректность данных САГТМ, необходимо определить дополнительные мероприятия, исключающие развитие деструктивных процессов в наблюдаемых конструкциях, с последующим освидетельствованием.

7.1.12 Система должна обеспечивать удаленный доступ к данным мониторинга через локальную сеть или сеть интернет.

7.1.13 САГТМ следует проектировать с возможностью модульной интеграции контрольно-измерительного оборудования мониторинга, позволяющей выполнять:

- добавление модулей обработки данных, аналогично уже интегрированному мониторинговому оборудованию с разнящимися характеристиками и особенностями настроек;

- разработку и интеграцию нового алгоритма обработки и вывода данных для неиспользуемого ранее типа оборудования для строительного мониторинга;

- интеграцию как автоматизированного, так и ручного способа получения данных с датчиков и устройств.

7.1.14 САГТМ должна предусматривать возможность оперативного доступа участников проекта к вспомогательным материалам на объекте (отчеты, регламенты, справки, согласования и т.д.).

7.1.15 В программе мониторинга необходимо предусматривать оперативные уведомления о приближении к предельным и/или расчетным (прогнозным) значениям наблюдаемых параметров сооружения.

7.1.16 При проектировании САГТМ должна быть предусмотрена защита от ошибочных значений, связанных, в том числе, с влиянием «человеческого фактора» на показания КИА.

При фиксации резкого изменения значения деформаций конструкции (что маловероятно в определенный момент) администратору приходит соответствующее уведомление, значение не заносится в базу данных и ожидается подтверждение от лица, ответственного за мониторинг, после чего уточненная информация отклоняется или подтверждается с последующим занесением в базу данных.

При проектировании САГТМ следует предусматривать возможность передачи

данных как с применением кабельных линий, так и с помощью беспроводных систем связи. Линии связи должны обеспечивать бесперебойную и помехоустойчивую передачу данных на протяжении всего периода эксплуатации системы. Организация передачи данных между отдельными элементами измерительной системы возможна как с использованием кабельных линий, так и с помощью беспроводных систем связи.

При организации передачи данных по каналам связи необходимо предусмотреть создание единого диспетчерского центра для сбора и обработки информации.

7.1.17 Блоки сбора и передачи информации должны предусматривать возможность оперативного изменения параметров системы мониторинга.

7.1.18 Автоматическая фиксация наблюдаемых параметров может производиться без создания единой автоматизированной системы с помощью локальных систем, состоящих из отдельных приборов, фиксирующих измеряемые параметры с заданной частотой опроса, и накопителей данных.

7.1.19 При определенных условиях (временная невозможность выполнения автоматизированного мониторинга, необходимость калибровки датчиков и т.д.) возможно применение «ручного» мониторинга.

7.1.20 Для получения качественных результатов измерений с применением оборудования для АГТМ необходимо осуществить его метрологическое обеспечение согласно ГОСТ 22.2.04 и паспорту устройства.

7.1.21 Применяемое оборудование САГМ должно быть сертифицировано и включено в государственный реестр средств измерения. Для особо сложных объектов или особо сложных случаев мониторинга допускается применение другого оборудования, в том числе, опытных образцов при соответствующем обосновании.

7.1.22 Необходимо предусмотреть возможность интеграции измерительных устройств САГТМ, устанавливаемых в несущих конструкциях и грунтах основания строящегося или реконструируемого сооружения, в систему СМИК на этапе дальнейшей эксплуатации объекта.

7.1.23 Отчетная документация должна выполняться в соответствии с требованиями СП 305.1325800.2017 и быть доступной уполномоченным лицам в следующем виде:

- первичный отчет (отчет об установке КИА и данные нулевого цикла мониторинга);
- ежедневные (или с периодичностью, установленной в задании) оперативные

справки в электронном виде;

- промежуточные отчеты;
- заключительный отчет.

Отчетные документы должны содержать следующие данные:

- информация об исполнителе работ;
- период мониторинга;
- название и адрес объекта мониторинга;
- шифр проектной документации;
- критерии оценки;
- максимальные средние значения за отчетный период
- выводы и рекомендации;
- дата проведения нулевого цикла;
- методика измерений;
- цикличность измерений;
- максимальные значения отклонений контролируемых параметров;
- план расположения КИА на объекте;
- графики и таблицы с данными о значениях наблюдаемых параметров в отчетный период и за все время мониторинга.

7.2 Методы и средства для автоматизированного геотехнического мониторинга (АГТМ)

Инструментальные методы, обеспечивающие автоматизированные наблюдения за дефектами в конструкциях сооружений (трещинами, взаимного смещения конструктивных элементов, коррозией, водопроявлениями и т.п.) и изменениями их НДС и планово-высотного положения, реализуются с помощью интегрированных в САГТМ соответствующих измерительных, регистрирующих, передающих и обрабатывающих устройств согласно приложению А и [12].

7.2.1 Наблюдения за трещинообразованием

7.2.1.1 Автоматизированные наблюдения за трещинообразованием в конструкциях должны выполняться с применением электронных трещиномеров, устанавливаемых:

- в местах наибольшего фактического раскрытия трещин в несущих конструкциях (колоннах, ригелях, плитах перекрытий, несущих стенах и пр.);
- на деформационные швы или стыки двух независимых строительных конструкций, в случае их раскрытия;

- на поверхности каменных (армокаменных) и железобетонных конструкций наблюдаемых сооружений с характерными трещинами, существовавшими до начала строительства или выявленными в процессе строительных работ и способными повлиять на изменение технического состояния наблюдаемых объектов.

7.2.1.2 Фиксация раскрытия трещин должна выполняться с точностью не ниже 0,05 мм.

7.2.1.3 При проведении периодических измерений ширины раскрытия трещин с целью определения деформаций, вызванных изменением температуры окружающего воздуха, необходимо контролировать температуру поверхности исследуемой конструкции с точностью не ниже 0,5 °С.

7.2.1.4 При фиксации раскрытия трещин в несущих конструкциях (в железобетонных – более 0,3 мм, в металлических – 0,1 мм; в каменных и армокаменных – более 1 мм) для определения категории технического состояния должна выполняться оценка влияния произошедших в конструкции изменений. При необходимости выполняются поверочные расчеты и разрабатываются мероприятия по предотвращению дальнейшего раскрытия трещин.

7.2.2 Геодезические методы

7.2.2.1 Геодезические методы в составе САГТМ следует применять для измерения вертикальных и горизонтальных перемещений сооружений, земной поверхности и грунтового массива по глубине, руководствуясь требованиями ГОСТ 24846.

7.2.2.2 В задачи геодезических методов автоматизированного мониторинга входит:

- определение участков, подверженных наибольшим отклонениям от первоначального положения;
- выявление величин и направления деформационных процессов;
- выявление закономерностей, позволяющих спрогнозировать дальнейшее развитие деформационных процессов.

7.2.2.3 В составе геодезического оборудования для АГТМ в зависимости от условий наблюдений и поставленных задач могут использоваться электронные роботизированные тахеометры, стационарные гидростатические системы, спутниковые системы и наземные лазерные сканеры (см. таблицу 7.2.2.1).

Таблица 7.2.2.1 – Основные геодезические методы и средства измерений, применяемые при АГТМ

Методы геодезического мониторинга	Средства измерений и регистрации данных	Контролируемый параметр	Условия применения
Тригонометрическое нивелирование	Электронный роботизированный тахеометр. Наземный лазерный сканер	Вертикальные перемещения конструкций сооружений, основания, фундаментов и поверхности грунтового массива	Места с хорошей просматриваемостью точек наблюдения (деформационных марок)
Гидростатическое нивелирование	Стационарная гидростатическая система		Труднодоступные участки и места ограниченной видимости
Метод относительных спутниковых измерений с использованием глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС)	Автоматизированные аппаратурно-программные системы, состоящие из приемников (роверов) и базовых станций	Вертикальные и плановые перемещения конструкций, основания, фундаментов и поверхности грунтового массива	Места ограниченной видимости, труднодоступные места
Геодезические наблюдения по кустам глубинных реперов	Электронный роботизированный тахеометр	Вертикальные перемещения грунтового массива по глубине	Места с хорошей просматриваемостью точек наблюдения (деформационных марок-отражателей)
Метод створных наблюдений (метод бокового нивелирования)	Электронный роботизированный тахеометр Наземный лазерный сканер	Плановые перемещения. Сдвиг (сооружения, ограждающие	Беспрепятственный доступ к визуальному
Метод полигонометрии	Наземный лазерный сканер	Конструкции котлованов, грунтовой массив)	Контролю деформационных марок
Метод отдельных направлений			
Метод триангуляции			
Метод трилатерации			
Метод проецирования	Электронный роботизированный	Крен фундамента и наклон здания в	Места с хорошей

Метод координирования	тахеометр Наземный лазерный сканер	целом	просматриваем остью точек наблюдения (деформацион ных марок- отражателей)
Метод измерения углов или направлений			

7.2.2.4 Перечень применяемого на объекте оборудования следует устанавливать в соответствующем разделе программы геотехнического мониторинга в зависимости от требуемой точности измерений согласно ГОСТ 24846, степени автоматизации измерительного процесса, конструктивных особенностей контролируемых объектов, инженерно-геологических и гидрогеологических характеристик грунтового массива.

7.2.2.5 Применяемое для АГТМ геодезическое оборудование должно отвечать основным требованиям приложения А.

Электронные роботизированные тахеометры:

- точность угловых измерений: 0,5" или 1";
- точность линейных измерений: 0,6 мм+1мм/км;
- автоматическое наведение на отражатель (ATR) с угловой точностью 0,5" или 1";
- минимальный показатель пыле-/влагозащиты – IP65;
- электропитание: автономное и от сети;
- диапазон рабочих температур: – 20 до + 50 °С;
- дальность измерений на стандартную призму: не менее 3000 м;
- сервоприводы: на основе пьезоприводов.

Стационарные гидростатические системы:

- диапазон измерений..... не менее 50 мм;
- среднеквадратическая погрешность..... ± 0,5 мм;
- частота обновления данных 1 цикла измерений..... не более 5 мин;
- автоматическая архивация данных.

Спутниковые системы:

а) в режиме реального времени (RTK) – погрешность в плане не более 8 мм + 1 мм/км, погрешность по высоте не более 15 мм + 1 мм/км;

б) в режиме постобработки – погрешность в плане не более 3 мм + 0,5 мм/км, погрешность по высоте не более 5 мм + 0,5 мм/км.

Примечание – Точность определения координат опорных пунктов должна рассчитываться в зависимости от ожидаемых перемещений и не должна превышать точность

заданного программой класса измерений горизонтальных перемещений.

Наземные лазерные сканеры:

- питание – автономное/от сети;
- минимальный показатель пыли-/влажностозащиты – IP52;
- минимальное поле зрения – 300°(V)x360°(H);
- площадь сканирования – без ограничений;
- камера – минимум 70 Мп в цветном режиме;
- диапазон рабочей температуры: – 5 до + 40 °С;
- класс лазера – 1.

7.2.2.6 При выполнении АГТМ геодезическими методами измеряют (отдельно или совместно) следующие параметры:

- вертикальные перемещения (осадки, вертикальные сдвиги, просадки, подъемы, прогибы и др.);
- плановые перемещения (сдвиги);
- наклоны (крены).

7.2.2.7 Формат получаемых данных должен обеспечивать универсальность и возможность конвертации без специализированного ПО производителя.

7.2.2.8 АГТМ геодезическими методами должен выполняться в следующей последовательности:

- анализ исходных и архивных данных;
- разработка программы (проекта) мониторинга;
- детальная рекогносцировка местности, определение мест расположения и установка опорных геодезических знаков высотной и плановой основы вне зоны возможных деформаций;
- установка деформационных марок на объекте строительства (реконструкции), на окружающей застройке, в конструкциях инженерных коммуникаций, выходящих на поверхность, проходных и полупроходных коллекторах; в конструкциях инженерных коммуникаций, выходящих на поверхность;
- осуществление высотной и плановой привязки установленных опорных геодезических знаков;
- установка антивандальной защиты;
- монтаж системы электропитания и передачи данных;
- проведение нулевого цикла измерений положения контролируемых деформационных марок;

- периодические геодезические измерения вертикальных и горизонтальных перемещений и кренов;
- обработка и анализ результатов наблюдений;
- занесение результатов измерений в единую базу данных;
- создание информационных моделей – цифровых двойников;
- составление отчетной документации.

7.2.2.9 Программа работ в части инструментального обеспечения АГТМ геодезическими методами должна содержать:

- сведения о наличии пунктов государственной геодезической сети, а также знаков, установленных для целей строительства;
- данные о системе координат и высотных отметок;
- сведения о ранее выполненных работах по определению деформаций и связь их с последующими работами;
- описание мест закладки геодезических знаков, обоснование выбора типа знаков;
- схему геодезической сети;
- точность определения деформаций;
- методы измерений горизонтальных и вертикальных перемещений;
- применяемые инструменты;
- периодичность проведения измерений;
- схему расположения измерительных инструментов;
- контролируемые точки (призм) и точки обратной засечки (вне зоны влияния контролируемого объекта);
- схему расположения базовых точек, в которых устанавливаются роботизированные тахеометры, и схему крепления наблюдаемых призм.

7.2.2.10 Камеральная обработка результатов геодезических измерений (уравнивание ходов, расчеты по оценке точности и подготовка материалов для отчетной документации) должна выполняться в соответствии с требованиями программы геотехнического мониторинга в автоматическом режиме с применением соответствующего ПО.

7.2.3 Параметрические методы

7.2.3.1 При выполнении на объектах АГТМ для наблюдений за сооружениями в составе САГТМ должны использоваться приборы и оборудование, фиксирующие изменения НДС конструкций измерением параметров согласно таблицы 7.2.3.1 и

приложению А.

- вертикальных и горизонтальных деформаций (послойные осадки грунтов оснований; горизонтальные и вертикальные перемещения массива грунта по глубине; горизонтальные перемещения ограждающей конструкции котлована);

- угловых деформаций (крен фундамента и конструкций сооружения);

- усилий и напряжений в конструкциях и массивах грунтов (под подошвой фундаментов, за обделкой тоннеля, под пятой и в стволе свай, в конструкциях ограждений котлованов, распорных и анкерных системах и устройствах, колонн, стен, перекрытий, обделок тоннелей и др.);

- порового давления грунтового массива.

Таблица 7.2.3.1 – Контролируемые параметры НДС сооружений и средства их измерений при геотехническом мониторинге

Контролируемые параметры	Средства измерений и регистрации данных
Геотехнический мониторинг оснований, фундаментов и конструкций вновь возводимых, реконструируемых и расположенных в зоне влияния строительства сооружений	
1 Крен фундамента и конструкций	Высокоточные электроуровни, в том числе балочного типа
	Датчики на основе одно- двухосевых MEMS инклинометров
	Оптоволоконные инклинометры
	Стационарная автоматизированная система контроля деформаций на основе прямых/обратных отвесов
	Гидростатические нивелиры
2 Напряжения - под подошвой фундаментов, - в основании под пятой свай, - на контакте с конструкцией - давление на обделку тоннеля	Струнные датчики давления
	Электрические датчики давления
3 Напряжения - в конструкциях подземной части сооружений, - в стволе свай	Струнные датчики нагрузки
	Тензорезисторные датчики нагрузки
	Струнные замоноличиваемые тензодатчики
	Электрические замоноличиваемые тензодатчики
	Оптоволоконные замоноличиваемые тензодатчики
4 Послойные деформации грунтов оснований	Стержневой экстензометр
	Струнный экстензометр
	Оптоволоконный экстензометр

5 Давление в поровой воде	Струнные пьезометры
	Электрические пьезометры
	Опτικο-волоконные пьезометры
Геотехнический мониторинг конструкций ограждения котлованов вновь возводимых и реконструируемых сооружений	
6 Горизонтальные перемещения ограждающей конструкции котлована по высоте	Стационарные скважинные инклинометры
7 Напряжения - в стальных распорках, - в тросах анкерных устройств	Струнные тензодатчики, устанавливаемые методом дуговой или точечной сварки
	Электрические тензодатчики
	Оптическоговолоконные тензодатчики
	Струнные датчики нагрузки с центральным отверстием
	Тензорезисторные датчики нагрузки с центральным отверстием
Геотехнический мониторинг массива грунта, окружающего вновь возводимые и реконструируемые сооружения	
8 Вертикальные перемещения массива грунта по глубине	Стержневой экстензометр
	Струнный экстензометр
	Оптическоговолоконный экстензометр. Гидростатические нивелиры (при установке на геодезические реперы)
9 Горизонтальные перемещения массива грунта по глубине	Стационарные скважинные инклинометры

7.2.3.2 Наблюдения за изменением параметров НДС и положения в пространстве конструкций следует осуществлять с использованием первичных преобразователей (измерительных датчиков), стационарно устанавливаемых в заранее определенные измерительные точки.

7.2.3.3 Измерения горизонтальных перемещений ограждающих конструкций котлованов и массивов грунта по высоте с применением параметрических методов следует выполнять, используя стационарные инклинометры, состоящих из ряда зондов, установленных внутри инклинометрических труб (металлических или пластиковых с направляющими пазами), или гидростатических нивелиров.

В каждом цикле инклинометрических измерений положение верха инклинометрических труб должно измеряться геодезическим методом.

Количество скважин и их расположение, а также предельно допустимые значения горизонтальных перемещений следует устанавливать в программе мониторинга на основе результатов расчетов.

Для наблюдений за массивом грунта следует применять пластиковые инклинометрические обсадные трубы, с обеспечением их плотного прилегания к окружающему массиву грунта.

При использовании гидростатических нивелиров необходимо обеспечить их жесткое крепление к грунтовым реперам. При большом высотном перепаде необходимо располагать датчики каскадами (по два датчика на крайних грунтовых реперах).

7.2.3.4 Для измерения усилий и напряжений в железобетонных конструкциях ограждений котлованов следует применять закладные тензодатчики (струнные, электрические, оптоволоконные), устанавливаемые на различных высотных отметках ограждающей конструкции с шагом не более 5 м. Результаты измерений группы датчиков, объединенных в измерительное сечение, должны анализироваться совместно.

7.2.3.5 При измерениях напряжений в стальных распорных элементах тензодатчики устанавливаются группами в центральной части распорного элемента и у опоры (в случае распорок из труб – 4 датчика, расположенные ортогонально по окружности. Количество контролируемых распорных элементов, а также предельно допустимые значения относительных деформаций устанавливаются в программе мониторинга на основе результатов расчетов распорной системы котлована.

7.2.3.6 При измерениях напряжений в тросах анкерных устройств с применением датчиков усилий количество измерительных точек для контроля усилий в анкерных креплениях следует принимать не менее 10 % от общего числа анкеров в соответствии с рекомендациями СП 305.1325800.2017.

7.2.3.7 Для АГТМ оснований, несущих конструкций и опор рекомендуется применять электронные инклинометры (датчики углового наклона) с параметрами:

- количество осей: 2;
- рабочий диапазон измерения угловых отклонений: от – 8 до 8 угл. мин;
- точность измерения угловых отклонений: 1 угл. мин.

7.2.3.8 Места установки датчиков определяются по результатам обследования сооружений и выполненных расчетов, с учетом их конструктивных особенностей и фактического состояния.

В железобетонных конструкциях установка датчиков в проектное положение осуществляется креплением их к арматурному каркасу вязальной проволокой или

сваркой из условий надежной фиксации и возможности свободной регистрации деформаций.

В стальных и железобетонных конструкциях при невозможности установки датчиков в закладном исполнении применяются накладные датчики, закрепляемые сваркой или специальными клеевыми составами.

7.2.3.9 При контроле послойных осадок грунтового массива, окружающего строящиеся или реконструируемые сооружения, следует применять скважинные стационарные (стержневые, струнные, звеньевые, оптоволоконные) экстензометры. Количество контрольных скважин, их глубина и количество измерительных точек в каждой скважине устанавливаются в программе мониторинга на основе результатов геотехнического прогноза влияния строительства.

7.2.3.10 При формировании САГТМ тип, область и правила применения тензометрических датчиков, скважинных инклинометров и экстензометров следует устанавливать, руководствуясь положениями СП 305.1325800.2017 и приложением А.

7.2.4 Виброметрические методы

Виброметрические методы при АГТМ обеспечивают контроль допустимого уровня вибраций сооружений и их оснований в период строительства и после его завершения.

7.2.4.1 При виброметрических методах мониторинга применяются акселерометры и велосиметры.

7.2.4.2 В процессе АГТМ виброметрическими методами выполняется регистрация виброускорений, октавных, третьоктавных и узкополосных спектров виброускорений, частот собственных колебаний конструкций [13]. При мониторинге сейсмических воздействий регистрируются параметры виброскорости и виброперемещений [9].

7.2.4.3 Выбор регистрируемых параметров и их предельные величины выполняется с учетом характеристик источника воздействия и объекта мониторинга.

7.2.4.4 Оценку допустимости динамических воздействий следует определять исходя из требований:

- эксплуатационной надежности строительных конструкций и оснований согласно требованиям ГОСТ Р 52892 и СП 22.13330.2016;
- допустимости колебаний для людей согласно требованиям СанПиН 1.2.3685–21;
- штатного функционирования виброчувствительного оборудования согласно

требованиям технической документации на оборудование и задания на проектирование. При отсутствии таких данных допускается использовать требования СП 26.13330.2012.

7.2.4.5 При оценке вибраций должны измеряться параметры вибраций (виброперемещения, виброскорости, виброускорения). Выбор параметров и точности их измерений должны осуществляться в соответствии с требованиями, которые необходимо обеспечить согласно 7.2.4.4. Для их анализа и оценки следует вести измерения вибрационного фона до начала строительства.

7.2.4.6 Измерительный блок рекомендуется оснащать анализатором спектра и виброметром, что позволяет снизить нагрузку на каналы связи за счет обработки результатов измерений перед их отправкой и повышает ее надежность.

7.2.4.7 Предельные уровни вибраций устанавливаются с учетом конструктивной схемы зданий и сооружений, их технического состояния, инженерно-геологических условий площадки строительства на основе имеющихся нормативных документов.

7.2.4.8 В особых случаях, в том числе для уникальных зданий и сооружений, зданий исторической застройки, памятников архитектуры, истории и культуры, находящихся в предаварийном или аварийном техническом состоянии, предельные уровни вибраций назначаются специализированными организациями на основе опытных данных.

7.2.4.9 Для измерения вибраций при АГТМ рекомендуется применять технические средства, удовлетворяющие следующим условиям:

- оборудование (блок регистрации и обработки и датчики) должно позволять записывать ускорение колебаний в диапазоне ± 1 g, динамический диапазон 90 дБ.

Примечание – большие диапазоны могут применяться при использовании модуля мониторинга динамических воздействий для регистрации сейсмических событий;

- максимум ускорения к уровню наблюдений с относительной погрешностью не более чем ± 20 %;

- максимум ускорения проектного значения с относительной погрешностью не более чем ± 20 %;

- приведенная погрешность должна быть не более чем ± 5 %;

- минимальные требования к датчику ускорения;

- рабочий диапазон частот датчика должен включать частоты в интервале от 0,5 до 150 Гц и иметь отклонение измеренной амплитуды по отношению к средней

амплитуде не более ± 10 %.

Примечание – для большепролетных и высотных зданий применяются частоты 0,1–0,5 Гц.

- кросс-осевая чувствительность компонент ускорения не более 5 %;
- динамический диапазон не менее 90 дБ.

Допускается использование аппаратуры и датчиков с другими характеристиками и основанных на других принципах измерений, если это предусмотрено программой мониторинга.

7.2.5 Геофизические методы

Геофизические методы измерений в составе АГТМ применяются для контроля пространственно- временного изменения состояния оснований, массивов грунтов и геологической среды в результате техногенных и природных воздействий.

При наблюдениях за строительными конструкциями по результатам геофизических измерений выявляются и оцениваются изменения НДС, их сплошности и целостности.

7.2.5.1 Вопрос о необходимости геофизических методов контроля должен решаться уже на стадии предпроектного и проектного обеспечения строительства/реконструкции подземных объектов и предусматривать их выполнение вблизи зданий и сооружений, находящихся в области влияния.

7.2.5.2 Геофизические наблюдения при АГТМ решают следующие задачи:

- уточнение инженерно-геологического строения территории строительства, в том числе с целью выявления незадокументированных природных и техногенных включений и их контроль;

- контроль состояния грунтов основания в результате изменения напряжено-деформированного состояния; в том числе при барражных эффектах от сооружений и ограждающих конструкций;

- контроль состояния основания и окружающего массива грунта в результате техногенных и природно-климатических воздействий; включая суффозионные процессы;

- контроль качества скрытых работ и состояния контактного слоя «подземное сооружение – вмещающий грунтовый массив», включая определение наличия, размеров и расположения зон ослабленного контакта и/или его отсутствия (пустот) [10];

- выявление и контроль активных проявлений деформационных процессов в

строительных конструкциях и основаниях (в том числе находящихся в зоне влияния), связанных с образованием и развитием микро- и макротрещин во вмещающем грунтовом массиве, суффозионными процессами, сдвигами грунтов, вибрацией, изменениями гидрогеологического режима и другими процессами;

- выявление и контроль зон структурных нарушений, возникающих в результате дополнительных нагрузок и воздействий;

- выявление и контроль коррозионной активности грунтов и фильтрации подземных вод на контакте системы «подземное сооружение – вмещающий грунтовый массив»;

- контроль неблагоприятных геологических процессов (оползневые процессы, процессы карстообразования и т.д.);

- контроль уровня подземных вод.

7.2.5.3 Геофизические наблюдения в составе работ по АГТМ состоят из следующих полевых работ:

- подготовки мест измерений в массиве и строительных конструкциях;

- монтажа измерительного оборудования;

- объединение оборудования в единую информационно-цифровую модель;

- проведения измерений;

- передача результатов измерений.

7.2.5.4 При АГТМ состояния грунтов оснований и строительных конструкций, в зависимости от содержания решаемых задач, применяются сейсмоакустические, электроразведочные, георадиолокационные методы и методы электромагнитной эмиссии.

7.2.5.5 При выполнении мониторинга с использованием ультразвуковых и радиоизотопных измерений следует руководствоваться требованиями к точности измерений, указанными в ГОСТ 17624, ГОСТ 23061, ГОСТ 7473, ГОСТ 23422.

7.2.5.6 В особо неблагоприятных условиях геофизический контроль должен осуществляться и в период эксплуатации подземного объекта, при этом, если существует вероятность нарушения целостности зданий и сооружений, находящихся в области влияния, система геофизического контроля должна обеспечивать информацией о состоянии оснований зданий и сооружений

7.2.5.7 Геофизические наблюдения должны быть увязаны данными инженерно-геологических изысканий для того, чтобы существенно расширить имеющиеся представления об объекте исследования, а также должны учитывать возможные

негативные факторы, которые могут сопровождать новое строительство/ реконструкцию или эксплуатацию подземных сооружений.

7.2.5.8 При проектировании системы АГТМ с использованием геофизических методов следует учитывать возможность метода обнаруживать изменения тех или иных параметров наблюдаемой среды в соответствии с их физической природой (атрибутивность метода), а также учитывать техногенные помехи, характерные для условий плотной городской застройки.

7.2.5.9 Места установки регистрирующего геофизического оборудования в составе САГТМ (обделка строящегося тоннеля, конструкции и/или основание наблюдаемых сооружений, грунтовый массив и т.п.) должны определяться программой мониторинга.

7.2.6 Гидрогеологические методы

7.2.6.1 Целью автоматизированного гидрогеологического мониторинга является оперативный контроль за изменениями УГВ для своевременного принятия мер по исключению их негативного влияния на сооружения и коммуникации, расположенные вблизи строительной площадки, включая опасность всплытия объекта строительства.

7.2.6.2 Гидрогеологический мониторинг выполняется в случаях, предусмотренных в СП 22.13330.2016 и СП 305.1325800.2017, и включает в себя комплекс работ по определению изменений УПВ и УГВ, величины пьезометрических напоров в водоносных горизонтах на строительной площадке и на прилегающей территории в период строительства и реконструкции объекта, а также на начальном этапе его эксплуатации.

7.2.6.3 Система гидрогеологического мониторинга должна быть подготовлена не менее чем за один месяц до начала строительных работ, которые могут оказать влияние на изменение фильтрационного режима одного или нескольких водоносных горизонтов в зоне влияния строящегося объекта.

В указанный период рекомендуется выполнить 2–3 цикла наблюдений, включая начальный, для определения естественного положения УГВ на площадке. Перед началом наблюдений следует определить высотное положение оголовка каждой скважины в абсолютных отметках и выполнить плановую привязку каждой скважины на территории стройплощадки.

7.2.6.4 Гидрогеологический мониторинг следует осуществлять путем измерений УГВ в скважинах или кустах скважин (в случае влияния строительства на

несколько водоносных горизонтов), выполненных по специальному проекту. Площадку вокруг скважины следует зацементировать, патрубок оголовка окрасить, на оголовок нанести номер скважины. Оголовок скважины должен иметь крышку с запорным устройством. В скважине обязательно наличие отстойника длиной не менее 1 м. Дно отстойника должно быть закрыто пробкой или заварено.

7.2.6.5 Замеры УГВ в наблюдательных скважинах должны выполняться с точностью не ниже ± 3 см автоматическим регистратором с электронной памятью.

7.2.6.6 Организация системы гидрогеологического мониторинга на стройплощадке должна выполняться в соответствии с программой геотехнического мониторинга.

В составе программы определяются количество скважин и места их расположения, конструкция скважин, периодичность циклов наблюдений за УГВ, необходимость контроля температуры воды в скважине и ее химического состава, продолжительность мониторинга с четким указанием условий его прекращения (завершение строительства, осушение грунтового массива постоянными дренажными устройствами).

7.2.6.7 По результатам гидрогеологического мониторинга должен быть прослежен период восстановления УГВ после возведения подземной части объекта или отключения системы водопонижения с целью контроля за отсутствием превышения восстановленного уровня над расчетным, что учитывается при расчете «на всплытие» построенного сооружения.

7.2.6.8 Методика гидрогеологических наблюдений, указанная в программе геотехнического мониторинга, должна основываться на результатах прогнозных расчетов, выполняемых аналитическими или численными методами в соответствии с требованиями СП 250.1325800.2016.

7.2.6.9 При назначении интервала установки фильтровых звеньев наблюдательных скважин следует предусмотреть возможность возникновения аварийных ситуаций, когда при нарушении водонепроницаемости ограждения котлована может резко понизиться УПВ в наблюдаемом водоносном пласте.

7.2.6.10 Проверка работоспособности и конструктивной целостности наблюдательных скважин должна проводиться не реже двух раз в год. В случае выхода скважин из строя рядом следует изготовить новую скважину с теми же конструктивными параметрами интервалом установки фильтра.

7.2.6.11 При наблюдениях за изменениями уровней (напоров) нескольких

водоносных горизонтов, на которые распространяется влияние нового строительства, следует организовать кусты наблюдательных скважин, в которых каждая скважина обслуживает соответствующий горизонт.

7.2.6.12 При осуществлении гидрогеологического мониторинга следует определять температуру подземных вод, что позволит определить причину отклонения замеренных УГВ от прогнозных значений в связи с утечками из водонесущих коммуникаций (водопровод, теплосети, канализация).

7.2.6.13 При значительных отклонениях, замеренных УГВ от прогнозных или существенном повышении температуры подземных вод по сравнению со значениями, полученными при изысканиях, следует безотлагательно определить их причину и наметить мероприятия, устраняющие эти явления.

7.2.6.14 Рекомендуется на начальном этапе строительства выполнять замеры УПВ с частотой не реже одного цикла в 7–10 сут. В дальнейшем, после стабилизации депрессионной воронки при водопонижении или полном проявлении барражного эффекта, интервал замеров может быть увеличен до одного цикла в месяц.

7.2.6.15 В отчетной документации по результатам гидрогеологических наблюдений должны приводиться графики изменения УГВ во времени, анализ и оценка причин, вызвавших изменения УГВ, выводы по результатам наблюдений и рекомендации по сохранению работоспособности наблюдательных скважин, устранению возможных нештатных ситуаций.

7.2.6.16 Проектирование автоматизированной системы гидрогеологического контроля должно быть основано на анализе имеющейся гидрогеологической информации.

7.2.6.17 Контроль гидрогеологической ситуации осуществляется с помощью измерительной сети, состоящей из наблюдательных скважин, оборудованных системой датчиков гидростатического (порового) давления совместно с температурными датчиками.

7.2.6.18 В составе программы АГТМ разрабатывается проект устройства скважин контроля гидростатического давления, содержащий план местности с расположением скважин, конструкции скважин, способы бурения, описание используемых датчиков, глубины (горизонтов) установки датчиков, а также другие необходимые сведения, чертежи, схемы и др.

7.2.6.19 Скважины контроля гидростатического давления должны размещаться в зоне расчетного влияния нового строительства на изменение гидрогеологических

условий (депресссионной воронки) и за ее пределами для учета естественного состояния грунтового массива (гидрогеологических условий).

7.2.6.20 Контроль гидростатического давления включает в себя комплекс работ по определению изменений уровней грунтовых вод или величин пьезометрических напоров в водоносных горизонтах на строительной площадке и на прилегающей территории строительства и реконструкции объекта, а также на начальном этапе его эксплуатации.

7.2.6.21 Автоматизация мониторинга предполагает автоматическое снятие показаний с пьезометрических датчиков с заданной частотой, обработкой сигнала и передачей его на удаленный сервер для камеральной обработки информации.

7.2.6.22 Для определения гидростатического давления в грунтовом массиве используются пьезометрические датчики струнного или резистивного типа с характеристиками, не хуже приведенных ниже

- диапазон измерений 100 – 4000 кПа;
- погрешность измерений – не более $\pm 0,1$ % от диапазона измерений;
- линейность – $\pm 0,5$ % измерительного диапазона;
- разрешающая способность – минимум 0,025 % от диапазона измерений;
- смещение мембраны – $<0,001$ см³.

7.2.6.23 Для пересчета замеренных показаний в значения гидростатических давлений, оказываемых на мембраны датчиков, необходимо использовать аналитические или эмпирические зависимости, полученные производителем при тарировке каждого датчика в заводских условиях.

При использовании датчиков струнного типа необходимо непосредственно перед установкой датчиков в скважину экспериментально определить базовые значения периода колебания струны. При погружении датчиков в воду на минимальную глубину диафрагмы датчиков должны быть покрыты слоем воды в несколько сантиметров и защищены от прямого солнечного света. Полученные таким образом базовые значения периода колебания струны позволяют скорректировать аналитические зависимости, установленные производителем.

7.2.7 Температурные методы

7.2.7.1 Основной задачей температурных наблюдений при выполнении АГТМ является контроль за температурой окружающего массива грунта и грунтовых вод, состоянием окружающих подземных коммуникаций и обнаружение утечек (при необходимости).

7.2.7.2 Полевые измерения температуры грунтов должны проводиться в соответствии с программой геотехнического мониторинга для контроля и оценки изменений, происходящих в тепловом режиме грунтов и грунтовых вод в результате возведения сооружений.

7.2.7.3 Измерения температуры грунтов должны проводиться в заранее подготовленных и выстоянных термометрических скважинах. Измерения должны выполняться термоизмерительными комплектами, представляющими собой электрические датчики температуры (гирлянды) с соответствующей измерительной аппаратурой, устройствами для накопления информации (логгеры) в автоматическом режиме и дистанционной передачи данных.

7.2.7.4 Оборудование термометрических скважин, а также требования к измерительному оборудованию и точности температурных измерений должны, согласно указаниям ГОСТ 25358, обеспечивать точность измерений температуры грунта и подземных вод с погрешностью не более 0,1 °С и 0,5 °С, соответственно, а инструментальная погрешность приборов не должна превышать значений:

± 0,1 °С	-	в	диапазоне	температур ± 3°С;
± 0,2 °С	"	"	"	св. ± 3 °С до ± 10 °С включ.;
± 0,3 °С	"	"	"	св. ± 10 °С.

7.2.7.5 В отчетной документации по результатам температурных наблюдений в том числе должны приводиться данные измерений в виде графиков и таблиц, анализ изменения температурного режима грунтов в период строительства, выводы по результатам наблюдений и рекомендации по сохранению температурного режима в случае его изменения.

7.3 Особенности проектирования САГТМ для строительства ПСТН закрытым способом

7.3.1 Для эффективного формирования и применения на объекте САГТМ, предназначенной, прежде всего, минимизировать геотехнические риски, в проекте необходимо указать ориентировочные значения:

- времени появления рисков и времени принятия контрмер руководствуясь 7.1.11 и таблицы 7.3.1;
- размеров и места расположения зоны повышенного внимания (активные и опасные зоны с наибольшей вероятностью возникновения рисков);
- частоты представления данных мониторинга.

Таблица 7.3.1 – Ориентировочное время проявления риска при закрытом способе работ

Источник деформаций	Характерное время возникновения опасности (определение)	Оценочный показатель, ч
Проходка тоннеля ТПМК или иными способами (горным, NATM, продавливанием и др.)	Время, за которое пройденный метр тоннеля спровоцирует движение поверхности на 1мм	4-6
Возведение ограждающей стены станции	Время, через которое происходят перемещения на 1 см близлежащих сооружений	1-2
Защитные мероприятия (компенсационное нагнетание, укрепление грунта и т.п.)	Время, через которое появляются перемещения поверхности на 1 мм	0,5 - 1

7.3.2 Область наблюдений (таблица 7.3.1) охватывает зону повышенного внимания и входящую в нее активную зону, которая может меняться в ходе работ.

7.3.3 В зоне повышенного внимания (активные и опасные зоны) осуществляется фоновый мониторинг, мониторинг повышенного внимания и завершающий мониторинг, а в активной зоне – активный мониторинг.

Вместе с размерами областей указываются периоды, во время которых должны быть произведены измерения.

7.3.4 Фоновый мониторинг соответствует этапу первичного исследования грунта, грунтовых вод и сооружений вдоль трассы. Фоновый мониторинг проводится в течение достаточно длительного периода времени до начала строительства для получения информации о природных изменениях окружающей среды с тем, чтобы затем достоверно определить причины возникновения дополнительных деформаций, связанных со строительными работами (таблица 7.3.2).

Таблица 7.3.2 – Место расположения и размеры зоны фонового мониторинга

Объект	Тоннель	Станция
Зона мониторинга в пределах зоны влияния, не менее	Сбоку от тоннеля: - две глубины заложения или - 100 м в обе стороны от оси тоннеля (в зависимости от того, что больше) Длина: 1000 м + зона проведения работ+150 м перед зоной проведения работ	- две глубины заложения или - 100 м - две глубины заложения или - 100 м с каждой стороны от стены станции (в зависимости от того, что больше)
Период мониторинга	Мониторинг должен позволять регистрировать естественные деформации конструкций под воздействием ежегодных изменений температуры,	Мониторинг должен позволять регистрировать естественное движение конструкций, под воздействием ежегодных

	подземных вод и / или движения грунта до начала строительства. Рекомендуется начинать за 0,5...1,0 года до начала строительства	изменений температуры до начала строительства. Рекомендуется начинать за 0,5...1,0 года до начала строительства
--	---	---

7.3.5 В потенциально опасной зоне возможных НС проводится мониторинг повышенного внимания. Он начинается одновременно с началом строительных работ в этой зоне (см. таблицу 7.3.3).

Таблица 7.3.3 – Место расположения, размеры и период мониторинга в зоне повышенного внимания

Объект	Тоннель	Станция
Зона мониторинга	Сбоку от тоннеля: - две глубины заложения или - 100 м в обе стороны от оси тоннеля (в зависимости от того, что больше) Длина: 1000 м + зона проведения работ+150 м перед зоной проведения работ	- две глубины заложения или - 100 м с каждой стороны от стены станции (в зависимости от того, что больше)
Период мониторинга	Мониторинг должен позволять регистрировать движение конструкций, подземных вод и движения грунта во время строительства	Мониторинг должен позволять регистрировать движение конструкций, подземных вод и движения грунта во время строительства

7.3.6 Для определения параметров активной зоны, как области с наиболее высокими показателями риска НС, (если в проектной документации не даны соответствующие указания) могут использоваться рекомендации таблицы 7.3.4.

Таблица 7.3.4 – Показатели АГТМ для активной зоны наблюдений

Объект	Тоннель	Приемный котлован
Зона мониторинга	Сбоку от тоннеля: -глубина заложения оси тоннеля + половина диаметра тоннеля или -50м в обе стороны от тоннеля (в зависимости от того, что больше) Длина: -глубина заложения тоннеля плюс один диаметр тоннеля перед его обделкой или -50м впереди забоя тоннеля в зависимости от того, что больше -500м позади забоя тоннеля	-глубина заложения вокруг границ выработки или -50 м (в зависимости от того, что больше)

Период мониторинга	Проводится в течение всего строительства, включая все общестроительные работы / строительство основных несущих конструкций, включая установку подпорных конструкций	Проводится в течение всего строительства, включая все общестроительные работы / строительство основных несущих конструкций, включая установку подпорных конструкций
--------------------	---	---

7.3.7 После завершения проходческих работ в зоне повышенного внимания и/или если результаты мониторинга фиксируют только остаточные изменения, следует выполнить завершающий, контрольный, цикл мониторинга за параметрами объекта после чего, при необходимости, переходить к долгосрочному мониторингу согласно таблицы 7.3.5 и рисункам 7.3.1 и 7.3.2.

Концепция долгосрочного мониторинга должна быть разработана до завершения строительных работ с тем, чтобы обеспечить передачу результатов ранее выполненных инструментальных наблюдений на период эксплуатации.

Таблица 7.3.5 – Показатели долгосрочного АГТМ

Объект	Тоннель	Станция
Зона мониторинга	Аналогично фоновому мониторингу по обе стороны от оси тоннеля	Аналогично фоновому мониторингу по обе стороны от оси станции
Период мониторинга	Период завершающего мониторинга должен позволять контролировать движения конструкций до завершения строительства объекта	Период завершающего мониторинга должен позволять контролировать движения конструкций до завершения строительства объекта

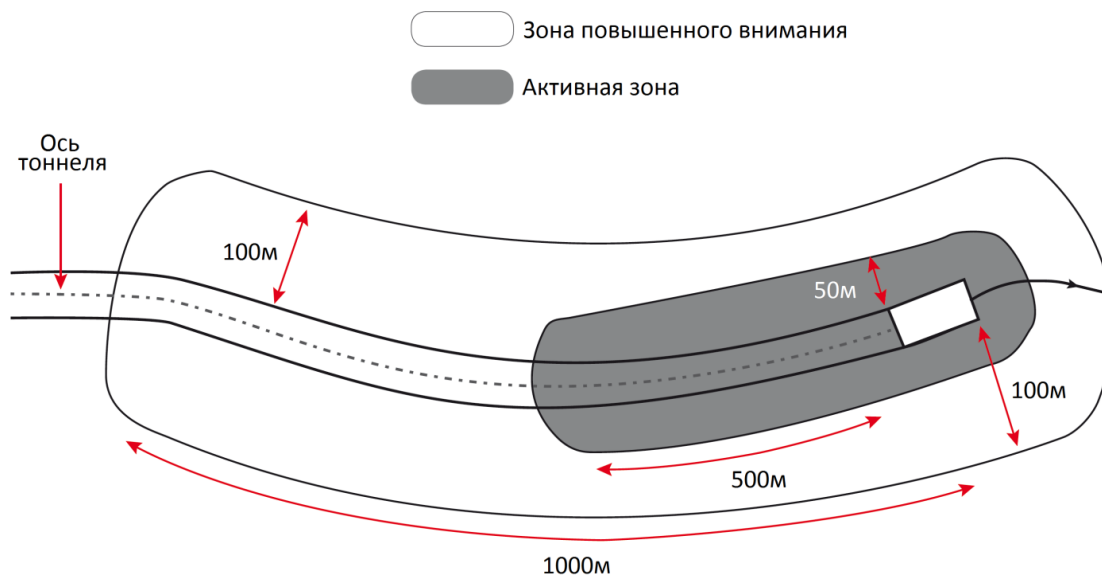


Рисунок 7.3.1 – Схема зоны повышенного внимания и активной зоны при строительстве перегонного тоннеля

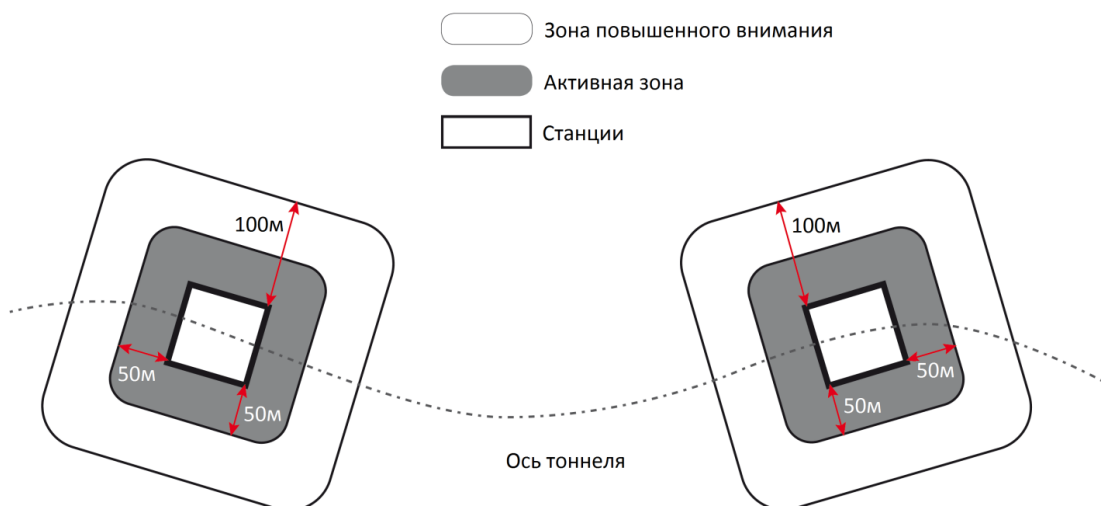


Рисунок 7.3.2 – Схема зон повышенного внимания и активных зоны в период строительства станций

7.3.8 При выполнении АГТМ необходимо определить границы и частоту наблюдений (см. таблицу 7.3.6), имея в виду следующее:

- в активной зоне частота мониторинга должна быть наибольшей;
- с меньшей частотой мониторинг должен проводиться в зоне повышенного внимания;
- при фоновом и завершающем мониторинге самая низкая частота мониторинга.

Т а б л и ц а 7.3.6 – Показатели АГТМ при наблюдениях за параметрами проходки

Тоннель (параметры ТПМК)	Мониторинг			
	фоновы й	зоны повышенного внимания	активной зоны	завершающий
Давления (на обделку, ограждающие конструкции и т.д.)	н/п	н/п	1 сн/10"	н/п
Объемы выработанного грунта	н/п	н/п	1 сн/10"	н/п
Объемы инъекционных материалов (цементный раствор, потери бентонита и т.д.)	н/п	н/п	1 сн/10"	н/п
Усилия (в контактных элементах, в поршнях и т.д.)	н/п	н/п	1 сн/10"	н/п
Диаметр режущей кромки, копир-резец если применяется	н/п	н/п	1 сн/10"	н/п
Тоннель (мониторинг над поверхностью грунта)				
Обследование (ручное или автоматическое)	1 сн/месяц (руч, авт)	1 сн/4 часа (руч, авт)	1 сн/30' (авт) (руч: н/п)	1 сн/месяц (руч, авт)
Уровень грунта (вручную или автоматически)	1 сн/месяц (руч, авт)	1 сн/4 часа (руч, авт)	1 сн/30' (авт) (руч: н/п)	1 сн/месяц (руч, авт)
-Наклономер на зданиях -Жидкостные электронные уровни в зданиях Гидростатические нивелиры 1сн/30мин везде -Трещиномеры на зданиях	1 сн/1 час (авт) 1сн/30мин	1 сн/4 часа (авт) 1 сн/24 часа 1сн/30мин (руч)	1 сн/15' (авт) (руч: н/п) 1сн/30мин	1 сн/1 час 1сн/30мин
Пьезометры	1 сн/месяц	1 сн/1 час (авт)	1 сн/15' (авт) (руч: н/п)	1 сн/месяц
Радиолокация	1 сн/месяц	н/п	н/п	1 сн/месяц
Тоннель (мониторинг поперечного сечения)				
Перемещения в ЗД	1 сн/месяц	1 сн/4 часа	Руч (авт: н/п)	1 сн/месяц

Горизонтальные перемещения грунта (при помощи инклинометра)	1 сн/месяц (руч, авт)	1 сн/1 день (руч, авт)	1 сн/5' (авт) (руч: н/п)	1 сн/месяц
Радиальные перемещения (при помощи экстензометра)	1 сн/месяц	1 сн/1 день (руч, авт)	1 сн/5' (авт) (руч: н/п)	1 сн/месяц
Тензометрические датчики в обделке тоннеля	н/п	н/п	1 сн/5' (авт) (руч: н/п)	1 сн/месяц
Абсолютное давление в обделке тоннеля	н/п	н/п	1 сн/5' (авт) (руч: н/п)	1 сн/месяц
Тоннель (мониторинг существующих частей конструкции: проходка поперечников)				
Зд перемещения (обследование, уровень)	1 сн/месяц (руч, авт)	1 сн/1 день (авт, руч)	1 сн/30' (авт) (руч: н/п)	1 сн/месяц (руч, авт)
Станции				
Обследование автоматическое или ручное	1 сн/месяц	1 сн/4 часа	1 сн/30'	1 сн/месяц
Уровень земли (в ручную или автоматически)	1 сн/месяц	1 сн/4 часа	1 сн/30'	1 сн/месяц
Инклинометры	н/п	1 сн/5' (авт)	1 сн/1' (авт)	1 сн/месяц
Тензометрические датчики на подпорках	н/п	1 сн/5' (авт)	1 сн/1' (авт)	н/п
Тензодатчики на временных подпорках	н/п	1 сн/5' (авт) (руч: н/п)	1 сн/1' (авт) (руч: н/п)	н/п
Пьезометры	1 сн/месяц	1 сн/5' (авт) (руч: н/п)	1 сн/1' (авт) (руч: н/п)	1 сн/месяц
Примечание – н/п – не применимо; руч – ручное измерение; авт – автоматическое измерение; сн – снятие показателей измерений.				

7.4 Особенности проектирования САГТМ для строительства ПСТН открытым способом

7.4.1 К объектам открытого способа строительства в данном разделе отнесены:

- основания, фундаменты и конструкции локальных и линейных подземных сооружений (в том числе тоннели, станции и пристанционные сооружения метрополитена);

- конструкции ограждений котлованов и траншей вновь возводимых и реконструируемых сооружений.

7.4.2 Перечень контролируемых параметров объектов, строящихся открытым способом и сроки выполнения работ при выполнении АГТМ определяется в

программе мониторинга согласно СП 22.13330.2016, СП 120.13330.2022, СП 249.1325800.2016, СП 305.1325800.2017.

При проектировании САГТМ для оснований, фундаментов и конструкций вновь возводимых сооружений, необходимо выделять указанные ниже этапы СМР работ и максимальную частоту снятия показаний (см. таблицу 7.4.1):

- I – работы нулевого цикла;
- II – возведения надземных конструкций;
- III – после завершения строительства.

Следует учитывать, при этом, что работы нулевого цикла ниже уровня планировки, характеризуются влиянием ряда факторов (водопонижение, компенсационное нагнетание и др.), существенно влияющих на напряженно-деформированное состояние основания и конструкций сооружения.

Таблица 7.4.1 – Максимальная частота (периодичность) снятия показаний с датчиков и устройств при выполнении АГМ основания, фундаментов и конструкций локальных (не линейных) вновь возводимых сооружений

Контролируемый параметр	Этапы строительных работ		
	I – работы нулевого цикла	II – возведение надземных конструкций	III – после завершения строительства
Осадки основания фундаментов	1 раз в сут	1 раз в сут	4 раза в мес
Отклонение верха здания			
Напряжения под подошвой фундаментов			
Послойные осадки грунтов основания			
Поровое давление в основании			
Напряжения в основании под пятой свай и в стволе свай			
Напряжения в конструкциях подземной части (фундаменты, колонны, перекрытия)			

7.4.3 При выполнении мониторинга НДС конструкций ограждения котлованов и траншей вновь возводимых и реконструируемых сооружений периодичность снятия

показаний не должна превышать указанную в таблицы 7.4.2.

7.4.4 При анализе данных мониторинга НДС в конструкциях следует оценивать влияние температурных воздействий окружающей среды.

Таблица 7.4.2 – Периодичность снятия показаний с устройств САГТМ при наблюдениях за НДС конструкций ограждений котлованов и траншей

Контролируемый параметр	Периодичность снятия показаний, не менее
Горизонтальные перемещения верха ограждающей конструкции	1 раз в час
Горизонтальные перемещения ограждающей конструкции по высоте	
Напряжения в стальных распорках	
Напряжения в тягах анкерных устройств	
Напряжения в арматуре и бетоне ограждающих конструкций	1 раз в сутки
Напряжения в арматуре и бетоне перекрытий при разработке котлована под их защитой	
Температура и глубина промерзания грунтов за ограждающей конструкцией	

7.5 Особенности проектирования САГТМ для эксплуатируемых объектов окружающей застройки и грунтового массива

7.5.1 Перечень контролируемых параметров окружающей застройки и сроки выполнения работ при АГТМ определяются в соответствии с СП 22.13330.2016, СП 120.13330.2022, СП 249.1325800.2016, СП 305.1325800.2017.

7.5.2 При проектировании САГТМ для объектов окружающей застройки и массива грунта зону влияния следует разделять на три уровня:

I – расчетная зона влияния, ограниченная дополнительной осадкой массива грунта и объектов окружающей застройки более 1 мм;

II – зона интенсивных деформаций в массиве грунта и окружающей застройке, ограниченная дополнительной осадкой массива грунта и объектов окружающей застройки превышающей 5 мм;

III – зона активных геотехнических работ, где наибольшее влияние оказывают технологические осадки, принимаемая:

- для открытого способа – в период устройства ограждения котлована траншеи (устройство «стены в грунте», закрепление грунтов jet-элементами, устройство буровых свай и т.д.) не менее 5 м от границы устраиваемого ограждения котлована/траншеи;

- для закрытого способа работ – на расстоянии не менее глубины заложения выработки в период активных работ или нахождения проходческого оборудования и не менее 500 м за проходческим оборудованием;

- при использовании инъекционных методов (закрепление грунтов, компенсационное нагнетание и т.п.) – на расстоянии не менее 5 м от оси инъекторов.

7.5.3 При назначении периодичности снятия показаний с датчиков и устройств САГТМ, установленных на конструкциях окружающей застройки, следует учитывать интенсивность изменения параметров НДС в пределах зоны влияния, руководствуясь данными таблицы 7.5.1.

Таблица 7.5.1 – Максимальная периодичность снятия показаний с датчиков и устройств, установленных на конструкциях окружающей застройки

Контролируемый параметр	Уровень зоны влияния (см.п.75.1)		
	I	II	III
Массив грунта, окружающий возводимое сооружение			
Вертикальные перемещения поверхностных грунтовых марок	1 раз в сутки	1 раз в час	1 раз в час
Горизонтальные перемещения поверхностных грунтовых марок			
Уровень подземных вод		1 раз в сут	1 раз в сут
Вертикальные перемещения массива грунта по глубине		1 раз в час	1 раз в час
Горизонтальные перемещения массива грунта по глубине			
Температура и химический состав подземных вод		1 раз в сут	1 раз в сут
Здания и сооружения окружающей застройки			
Дополнительные осадки фундаментов	1 раз в сут	1 раз в час	1 раз в час
Деформации конструкций, в том числе ширина			

раскрытия трещин			
Дополнительный крен			
Горизонтальные перемещения конструкций фундаментов			
Измерения динамических и вибрационных воздействий			
Конструкции подземных инженерных коммуникаций			
Дополнительные осадки обечаек люков, колодцев и др. конструкций, выступающих на поверхность	1 раз в сут	1 раз в час	1 раз в час
Дополнительные осадки обделок проходных и полупроходных коллекторов			
Горизонтальные перемещения обечаек люков, колодцев и других конструкций, выступающих на поверхность			
Деформации конструкций обделок проходных и полупроходных коллекторов			
Измерения динамических и вибрационных воздействий			

8 Программное обеспечение и алгоритмы для АГТМ

8.1 Программное обеспечение делится на ПО нижнего (непосредственно для съема данных с КИА) и верхнего (для вывода данных пользователям) уровней.

ПО нижнего уровня должно позволять осуществлять доступ к актуальным данным мониторинга в виде архивного файла в распространенных форматах баз данных: txt; csv; xls; dat; log и т.д., а также позволять конфигурировать следующие параметры элементов системы мониторинга:

- создание и редактирование списка датчиков, задействованных в системе;
- периодичность опроса датчиков;
- запуск и остановка процесса измерений;
- просмотр результатов измерений.

ПО верхнего уровня должно позволять обеспечивать доступ к данным мониторинга заинтересованным лицам в любой момент времени и представлять собой веб-сайт, доступ к данным которого осуществляется через сеть интернет и систему аккаунтов, с авторизацией через логин и пароль. ПО верхнего уровня должно

соответствовать следующим требованиям:

- возможность интеграции различного рода КИА;
- возможность доступа через стандартные браузеры (Chrome, Safari, Edge, Opera, Yandex, Mozilla и пр.);
- возможность получать, обрабатывать, анализировать и отображать показания датчиков как в автоматизированном, так и в ручном режимах;
- настраиваемая система автоматических оповещений о приближении к предельным значениям (через смс, электронную почту, мессенджеры);
- система технических оповещений (отсутствие данных, резкое изменение значений показаний);
- возможность формирования справок за заданный отчетный период измерений, содержащий данные в виде плана расположения датчиков, графиков, таблиц;
- возможность загрузки документов по объекту для оперативного доступа к ним заинтересованных лиц;
- возможность интеграции проектного коридора предварительных расчетных деформаций;
- возможность интеграции цифровых двойников для отображения модели НДС наблюдаемого сооружения.

8.2 Программное обеспечение следует выбирать, исходя из требований к технологии использования методов для мониторинга состояния объектов и с целью максимально эффективного решения поставленных задач.

8.3 Следует учитывать, что в отличие от многих геомеханических методов обработка геофизических данных не может осуществляться полностью в автоматическом режиме, что связано со сложными геофизическими полями, которые обычно регистрируются при исследованиях. Опыт интерпретатора позволяет выделить полезный сигнал из большого объема помех и артефактов. По этой причине обработка материалов автоматизированных наблюдений должна осуществляться в ручном режиме, с использованием известных на российском рынке программных продуктов (приложение Б).

8.4 В соответствии с [15] интерпретация материалов должна иметь комплексный подход для повышения достоверности прогноза.

9 Информационные модели (цифровые двойники): структура

формирования и порядок использования при АГТМ

9.1 ЦД, представляющий собой компьютерную модель МКЭ и предназначенный для точного определения НДС сооружения в любой момент времени, с учетом накопленной истории эксплуатации сооружения и нелинейных особенностей его работы, должен учитывать:

- фактическое состояние сооружения, в частности, фактические свойства строительных материалов и грунтов основания, которые отличаются от проектных характеристик, установленных по нормам проектирования с запасом на естественную изменчивость свойств материалов;

- фактические нагрузки и воздействия, которые регистрируются в ходе мониторинга реального сооружения, вместо искусственно составленных наиболее неблагоприятных сочетаний нагрузок и воздействий, которые задаются при проектировании.

9.2 Для создания цифрового двойника ГТС, в общем случае, следует использовать три вида компьютерного моделирования с применением МКЭ.

9.2.1 Прочностное моделирование, позволяющее определять параметры НДС сооружения и основания.

Исходными данными для прочностной конечно-элементной модели являются:

- физико-механические характеристики строительных материалов и грунтов;
- опорные закрепления, жесткие или упругие (пружины, коэффициенты постели), а также заданные смещения опор (кинематические граничные условия);
- внешние силы (сосредоточенные или распределенные нагрузки, включая силу тяжести и взвешивание в воде);
- объемные деформации материалов (температурное расширение, усадка и т.п.).

9.2.2 Фильтрационное моделирование определяет параметры насыщения водой и движения воды в сооружении и основании (часто – только в основании).

Исходными данными для фильтрационной конечно-элементной модели являются:

- фильтрационные характеристики материалов (коэффициент фильтрации, пористость, коэффициент остаточной водонасыщенности);
- напоры воды (граничные условия первого рода), (напор на дно водоема);
- фильтрационные расходы (граничные условия второго рода), водопонижение с фиксированным расходом откачки;

- расходы, зависящие от напора (граничные условия третьего рода), (поверхность высачивания).

9.2.3 Моделирование теплообмена воспроизводит температурный режим в сооружении и основании (часто – только в сооружении).

Исходными данными для конечно-элементной модели теплообмена являются:

- физические характеристики материалов (теплопроводность, плотность, удельная теплоемкость);

- температуры (граничные условия первого рода), (постоянная температура подземной среды);

- тепловые потоки (граничные условия второго рода), (количество теплоты, выделяемое при экзотермической реакции твердения бетона);

- тепловые потоки, зависящие от температуры (граничные условия третьего рода), (условия конвекции или лучистого нагрева на поверхности сооружения, контактирующей с воздухом).

9.3 При невозможности получения точных данных о фактических нагрузках и воздействиях на объект для использования ЦД необходимо уточнять эти показатели путем перекрестного анализа данных различных натурных измерений.

9.4 Эффективное применение ЦД предполагает многократное моделирование фактического состояния сооружения путем добавления в модель новых расчетных этапов, учитывающих изменение нагрузок и воздействий со временем, и совпадение результатов моделирования с показаниями КИА при мониторинге.

10 Монтаж, тестирование, сдача в эксплуатацию и техническое обслуживание САГТМ

10.1 Работы по монтажу САГТМ проводятся в соответствии с ГОСТ 34.601, в объеме и последовательности, указанных в «Инструкции по монтажу» (ИМ) соответствующего оборудования.

Инструкция по монтажу должна содержать весь объем технических требований, предъявляемых к монтажу и вводу в эксплуатацию системы, учитывала спецификацию каждого объекта эксплуатации.

В инструкции указывается последовательность действий при монтаже, которые позволяют обеспечить достижение заданных технических характеристик системы.

10.2 Согласно ГОСТ Р 2.610 ИМ должна содержать следующие разделы:

- общие указания;

- меры безопасности;
- подготовка изделия к монтажу;
- монтаж;
- наладка и испытания;
- сдача смонтированного изделия.

10.3 В случае, когда монтаж, регулировка и отработка системы на месте ее применения осуществляется персоналом, который в дальнейшем будет ее эксплуатировать, то все требования к монтажу, регулировке и отработке системы отражены в правилах технической эксплуатации метрополитена.

10.4 Персонал, участвующий в монтаже системы, должен обладать соответствующей квалификацией и иметь допуск к ведению данного вида работ.

Каждая АС после монтажа должна быть подвергнута испытаниям в соответствии с «Программой и методикой испытаний (ПИ)». ПИ обеспечивает объективную оценку качества системы и ее реальные технические характеристики.

10.5 Согласно ГОСТ Р 2.106 ПИ должна содержать следующие разделы:

- общие положения;
- общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний;
- требования безопасности;
- определяемые характеристики и точность их измерений;
- режимы испытаний изделия;
- методы испытаний;
- отчетность по установленной форме.

10.6 Требования к монтажу модуля регистрации (МР) определяются основной идеей применения модуля – его мобильностью и возможностью, в зависимости от возникающих обстоятельств, быстрой установки в различных точках контролируемого сооружения.

В связи с этим основными требованиями к монтажу МР являются:

- легкий, максимально простой монтаж-демонтаж;
- резервируемое и/или автономное питание (не менее часа), при необходимости, бесперебойное питание;
- совместимость (по возможности) с системой регистрации статических параметров в плане используемого оборудования, электропитания и т.п.;
- использование при монтаже стойких к внешним воздействиям (в частности, к погодным, электромагнитному излучению и т.д.) датчиков и оборудования, защитных

систем (корпусов, кожухов и т.п.) с тем, чтобы максимально сократить необходимость обслуживания и контроля состояния оборудования во время эксплуатации, обеспечить максимально возможный срок эксплуатации;

- к работам по монтажу/демонтажу МР параметров сооружения должны допускаться только специалисты специализированных организаций при контроле организации-разработчика;

- монтаж и испытания МР должны производиться в соответствии с рекомендациями производителя;

- монтаж должен производиться с учетом антивандальных мероприятий.

10.7 Требования по эксплуатации МР:

- после монтажа МР измеряемых параметров при мониторинге сложных объектов должен быть предусмотрен подготовительный период - период опытной эксплуатации, калибровки, оценки динамических параметров объекта мониторинга и уточнения динамической модели объекта, т.е. эксплуатация модуля должна начинаться до начала мониторинга (как правило, за неделю-две до начала мониторинга);

- автоматическая работа, автоматическое оповещение о выходе системы из строя;

- максимально возможная продолжительность интервалов времени между обслуживанием модуля (как правило, не менее полугода);

- поверка/калибровка оборудования не чаще, чем раз в год;

- система удаленного доступа через интернет должна быть изолирована от корпоративных и прочих сетей;

- при работе в интернете рекомендуется использование статического IP.

11 Обработка данных, порядок и форма предоставление результатов мониторинга

11.1 Обработка данных должна осуществляться программой верхнего уровня (веб-сервис) в автоматическом режиме.

11.2 Представление результатов мониторинга должно быть реализовано с начала мониторинга до текущего момента и содержать следующую информацию:

- тип КИА;

- динамические графики с показаниями данных и наложением расчетных и предельных значений, в т.ч. прогнозного коридора;

- планы и разрезы с расположением датчиков и устройств КИА;
- фактические значения данных мониторинга;
- функционал, позволяющий выгружать данные за заданный промежуток времени;
- эюры распределения измеряемых параметров;
- документы с возможностью их выгрузки в форматах pdf, doc, xls, jpg и пр.;
- отображение цифрового двойника НДС наблюдаемого сооружения.

11.3 Передача данных с измерительных устройств САГТМ должна осуществляться в автоматическом режиме и является доступной уполномоченным лицам для просмотра в графическом виде.

Отчетная справка предоставляется в определенное ПМ время на заранее согласованные электронные адреса уполномоченных лиц (периодичность рассылки может быть изменена при существенном изменении интенсивности деформаций). При приближении деформационных значений к предельно допустимым, уполномоченные лица, в частности эксплуатирующая организация, получают уведомления на электронную почту и sms, а также голосовое предупреждение, в автоматическом режиме.

11.4 Анализ деформаций контролируемых параметров должен проводиться с учетом этапов строительных работ представителями организации, выполняющей мониторинг, производителя работ и Заказчика.

11.5 В процессе АГТМ, при выявлении существенных отклонений значений контролируемых параметров от ожидаемых (расчетных) или выявлении опасных трендов их изменения, в оперативной информации с результатами наблюдений должно содержаться соответствующее предупреждение и рекомендации по защитным мероприятиям.

11.6 По результатам наблюдений должны представляться указанные в 7.1.25 отчеты:

- начальный отчет, включающий методы наблюдений за измерениями контролируемых параметров, характеристики применяемого оборудования, результаты оценки точности измерений, схемы фактического расположения участков измерений контролируемых параметров, результаты фиксации их первоначального положения, состояния и др.;

- промежуточные отчеты (результаты измерений каждые 3 часа), включающие оперативную информацию по изменениям контролируемых параметров, анализ

результатов измерений и их сопоставление с прогнозируемыми и предельными величинами и рекомендации о необходимости дополнительных защитных, компенсационных или противоаварийных мероприятиях (при выполнении отклонений контролируемых параметров от ожидаемых величин) и др.;

- итоговый (заключительный) отчет, включающий окончательные результаты фиксации изменений контролируемых параметров, анализ результатов измерений контролируемых параметров и их сопоставление с прогнозируемыми и предельными величинами, последствия влияния на окружающую застройку и, при необходимости, рекомендации по ремонтно-восстановительным мероприятиям.

12 Техника безопасности и охрана труда


Все работы следует выполнять в соответствии с требованиями СП 49.13330.2010, [14] и [16].

Приложение А
(справочное)

Контрольно-измерительная аппаратура для автоматизированного
геотехнического мониторинга



Таблица А.1

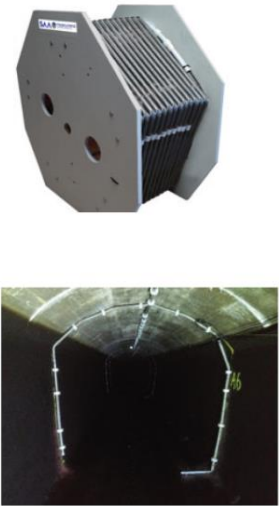

Оборудование	Назначение	Технические характеристики и	Примечание
<p>Трещиномеры (датчики раскрытия трещин), датчики деформаций часового типа, электронные штангенциркули, датчики струнного типа, пластинчатые маяки</p> 	<p>Для измерения смещений на поверхности трещин и швов. Устанавливаются приклеиванием, прикручиванием и имеют разные уровни точности в зависимости от требований.</p>	<p>Точность = $\pm 0,2\%$ FS * Разрешение = $\pm 0,025\%$ FS * Диапазон = 30 мм-00 мм В зависимости от типа модели Диапазон точности: А-D</p>	<p>Снятие данных ручное или автоматическое. Возможна совместимость с беспроводными системами.</p>
<p>Распределенные волоконно-оптические датчики (РВОД) деформации и температуры</p> 	<p>Измерения в режиме реального времени в 000 точках вдоль оптоволоконного кабеля, создавая непрерывно температурный и /или акустический профили во времени и пространстве. Определение мест</p>	<p>Точность $\pm ^\circ\text{C}$ Разрешение до $\pm 0,0 ^\circ\text{C}$ Штамм $\pm \mu\text{e}$ Темп $\pm 0, ^\circ\text{C}$ Расстояние между регистратором и датчиком могут быть до 20 км Позволяют измерять температуру до 300°C каждый метр</p>	<p>Требуется устройство интерпретации данных Акустические РВОД могут трансформировать оптоволоконный кабель в ряд геофонов (или микрофонов). Устойчивость к суровым условиям,</p>


Оборудование	Назначение	Технические характеристики и	Примечание
	<p>возникновения деформаций, оценка напряжениям. Возможно использование для измерения и фиксации влажности грунта, водопроявлений, деформаций анкеров и фундаментов</p>	<p>вдоль поверхности кабеля</p>	<p>невосприимчивость к электромагнитным помехам</p>
<p>Скважинные стержневые экстензометры</p> 	<p>Для одиночных, множественных и магнитных измерений. Устанавливаются в скважинах на различную глубину и фиксируются / закрепляются сверху или снизу в одной или нескольких точках</p>	<p>Точность = $\pm 0,02$ мм Разрешение = 0,0 мм Диапазон точности: A-D</p>	<p>Имеются «ручные» и автоматизированные, беспроводные и проводные</p>
<p>Волоконно-оптические датчики на Брэгговских решетках (система мониторинга FBG)</p>	<p>Для геотехнических проектов. Система состоит из регистратора данных,</p>	<p>Штатм \pm Темп $\pm 0, ^\circ$ С Расстояние между регистратором и датчиком</p>	<p>Электрический иммунитет (с нулевой мощностью, 00% искробезопасный) и Гибкая</p>

Оборудование	Назначение	Технические характеристики и	Примечание
	<p>датчиков, кабелей и программного обеспечения. Может использоваться во взрывоопасных условиях.</p>	<p>могут быть до нескольких километров. Настраивается для быстрой настройки, без обслуживания. Дистанционное зондирование</p>	<p>архитектура системы позволяет непрерывно наращивать настройки для большого количества точек измерения. Долгосрочная стабильность.</p>
<p>Инклинометры (ручные или автоматизированные, беспроводные или проводные)</p> 	<p>Для измерений горизонтальных и/или вертикальных смещений грунта, отклонений от вертикали (горизонтали) свай, подпорных стен и т.п. Выполняется в виде вставок в вертикальные и/или горизонтальные скважины с заданными интервалами для создания разделов профиля.</p>	<p>Точность системы ± 2 мм свыше 25 м. Разрешение = $\pm 0,005$ мм / м. Точность датчика $\pm 0,0\%$ FS *. Диапазон точности: A-D</p>	<p>Требуется до, во время и после выполнения строительства. Требуется тщательная калибровка и проверка.</p>
<p>Датчики нагрузки</p>	<p>Для измерения</p>	<p>Точность = \pm</p>	<p>Требуется</p>

Оборудование	Назначение	Технические характеристики и	Примечание
<p>(ручные, автоматизированные, беспроводные или проводные)</p> 	<p>нагрузок в анкерных болтах, канатных анкерах, для контроля нагрузок в распорках и тоннельной крепи. Используется совместно с гидравлическим домкратом и опорными плитами.</p>	<p>0,5% FS * Разрешение = $\pm 0,025\%$ FS * Диапазон точности: A-D</p>	<p>тщательная подготовка поверхности (отсутствие повреждений в виде царапин, сколов, трещин и т.п.) реакции / пластина. При беспроводной передаче данных следует обеспечить устойчивость узла передачи.</p>
<p>Пьезометры (беспроводные или проводные)</p> 	<p>Для измерения давления жидкости (параметров грунтовых вод, порового давления, при нагнетании растворов и т. П). Может использоваться для преобразования ручных пьезометров с подставкой в автоматические пьезометры.</p>	<p>Точность = $\pm 0\%$ FS * Разрешение = $\pm 0,025\%$ FS * Диапазон = 300-4000 (кПа) Диапазон точности: A-D</p>	

Оборудование	Назначение	Технические характеристики и	Примечание
<p>Датчики давления (ручные или автоматизированные, беспроводные или проводные)</p> 	<p>Для измерения давления в грунте. Принцип действия: приваренные друг к другу две стальные пластины, разделенные слоем жидкости (масла). Изменение давления в грунте сжимает пластины вместе, что приводит к увеличению давления жидкости.</p>	<p>Точность = ± 0 % FS* Разрешение = $\pm 0,025\%$ FS * Диапазон = 300-5000 кПа Диапазон точности: A-D</p>	<p>Предпочтительно применение беспроводной системы регистрации данных, при обеспечении стабильной работы приемопередающего устройства. Имеется модификация съема показаний вручную.</p>
<p>Датчики осадок (ручные или автоматизированные, беспроводные или проводные)</p> 	<p>Для контроля перемещений в грунтах и конструкциях. Автоматически рассчитывает относительную разность осадок отдельных точек.</p>	<p>Точность = ± 0 % FS * Разрешение = $\pm 0,025\%$ FS * Диапазон = 7-35 м Диапазон точности: A-D</p>	<p>Требуется устройство защиты на земляных работах. Комплектность варьируется от простого стержня и гильзы до измерительных систем</p>
<p>Акселлерометрические датчики</p>	<p>Для контроля</p>	<p>точность</p>	<p>Датчик</p>

Оборудование	Назначение	Технические характеристики и	Примечание
<p>формы</p>  <p>The image shows a 3D scanner device, which is a white, boxy unit with a lens and sensor array. Below it is a photograph of the scanner being used in a tunnel, with a green laser grid projected onto the tunnel walls to measure their geometry.</p>	<p>деформаций. Используется для определения 3D-формы при установке вертикально и 2D-формы при горизонтальной, в т.ч. во взрывоопасных средах: в тоннелях для мониторинга конвергенции обделки, в бетонных плитах, в опорном сечении проходческого щита.</p>	<p>$\pm 0,5$ мм для 32 м (долгосрочный > 0,5 года) точность $\pm 0,5$ мм для 32 м (краткосрочный < 24 часа) Точность = $\pm 0,0005$ радианов когда в пределах 20° от верного Диапазон точности: A-D</p>	<p>помещается в скважину или в конструкцию сооружения. Система предназначена для конкретной геометрии, без возможности изменения размеров</p>
<p>Интервальная фотосъемка</p>  <p>The image shows an interval photography station mounted on a metal pole in a grassy field. It consists of a camera lens and a solar panel for power.</p>	<p>Для измерения больших перемещений. Встроенная беспроводная связь с датчиками наклона на земляных работах, которые запускают</p>	<p>600x200 пикселей Угол обзора 35° в ширину / 25° с Объектив 6 мм Дальность изображения - до 50 м ночью.</p>	<p>Разработан только для больших перемещений. На солнечных батареях; питание от сети Возможна дневная и ночная съемка.</p>

Оборудование	Назначение	Технические характеристики и	Примечание
	изображения при заданных уровнях движения.		
<p>Датчики деформаций (ручные или автоматизированные, беспроводные или проводные)</p> 	<p>Для измерения напряжений в конструкции. Состоит из электромагнитной катушки для обеспечения импульса и получения резонансной частоты провода, натянутого между концевыми креплениями датчика, используемого для измерения деформаций. Вариации электрического сопротивления сетки указывают на деформацию.</p>	<p>Точность = ± 0 % FS * Разрешение = Ми-crostrain Дальность = 3000 Ми-crostrain Диапазон точности: A-D</p>	<p>Для подключения тензодатчика к сайту требуется защита. При использовании беспроводной связи требуется обеспечить устойчивость работы узла приема-передачи.</p>
<p>Датчики напряжений (ручные или автоматизированные, беспроводные или проводные)</p>	<p>Для измерения изменений напряжения в скальных грунтах.</p>	<p>Точность = ± 0 % FS * Разрешение = 4-7 кПа Диапазон = 70</p>	<p>При изменении напряжений в массиве изменяется резонансная</p>

Оборудование	Назначение	Технические характеристики и	Примечание
	<p>Устанавливают в скважинах глубиной до 00 футов. Состоит из вибрирующего провода внутри стрессометра..</p>	<p>МПа Диапазон точности: A-D</p>	<p>частота колебаний десятицелевого провода</p>
<p>Беспроводные наклонометры</p> 	<p>Для измерений одно-, двух- или трехосевых отклонений. Встроенные температурные сенсоры обеспечивают учет местных условий. Могут устанавливаться и объединяться в рабочую сеть и подключаться к многолетнему GSM шлюзу на солнечных батареях для накопления, хранения и поиска данных. Снабжены корпусом со степенью защиты IP 67/68.</p>	<p>Двухосевая разрешающая способность (точность) $\pm 0.008\text{mm} / \text{m}$; стабильность $\pm 0.009\text{mm} / \text{m}$; диапазон = 360° Трехосевая разрешающая способность (точность) - $0.008\text{mm} / \text{m}$; стабильность $\pm 0.009\text{mm} / \text{m}$; диапазон = 360° диапазон точности: A-D; до 0 датчиков в сети; диапазон до 300 м; регулируемые показатели</p>	<p>Время автономной работы: 0-5 лет при 5-20 мин. на отчет) Диапазон измерений зависит от местности. Возможен дрейф или всплески данных при колебаниях температуры, движении. Может потребоваться фильтрация или компенсация данных, удлинение антенны (если нет защиты или внешней антенны). Может крепиться к блокирующим</p>

Оборудование	Назначение	Технические характеристики и	Примечание
		отчетности.	балкам и магнитным кронштейнам.
<p>Датчики вибраций (пьезоэлектрические акселерометры со встроенным преобразователем сигнала (IEPE) с выходом по напряжению)</p> 	<p>Для измерения параметров колебаний конструкций .</p>	<p>Точность от $\pm 0,2$ dB Разрешение от $\pm 0,25\%$ Диапазон от $\pm g$ Динамический диапазон от 90 дБ Частотный диапазон 0,-0.5...5000-2000 Гц В зависимости от модели Температура= -55 ...75 °C Чувствительность от 00мВ/g Чувствительность от 00мВ/g</p>	<p>Необходимость электропитания Устанавливаются приклеиванием, привинчиваются, имеют разные уровни точности в зависимости от требований Возможна совместимость с беспроводными системами. Могут применяться измерения удара</p>
<p>Система датчиков гидростатического нивелирования в составе: 1) видеоизмеритель смещений (ВИС); 2) видеоизмерительные датчики (ВИД) как элементы</p>	<p>Для измерения плановых и крутильных смещений сооружения (ВИС),</p>	<p>ВГН, содержит залитые жидкостью датчики ВИД, соединенные</p>	<p>Может использоваться внутри помещений с ограниченной видимостью для</p>

Оборудование	Назначение	Технические характеристики и	Примечание
<p>видеогидростатического нивелира (ВГН),</p> 	<p>вертикальных относительных деформаций конструкций, сооружений и грунтового массива (ВГН) в режиме онлайн. Представляет собой группу металлических сосудов, крепящихся к несущим конструкциям и объединенных в замкнутый контур с помощью ПВХ шлангов. Сосуды заполняется жидкостью на основе антифризов (рабочая температура до -30°C)</p>	<p>шлангами и. В состав ВИД входит установленный на сосуде с жидкостью ВД,, который посредством разветвителя и интерфейса магистрально го кабеля (КМ) подключаются к компьютеру ПК. Среднеквадратическая погрешность измерений. ± 5 мм; Время измерений системы из 6 датчиков (цикл) < 3мин</p>	<p>геодезического оборудования. Системы различаются количеством датчиков, подключаемых к регистрирующему устройству (4, 6 и 32 шт.), и типом датчиков (диапазон измерений от 00 до 200мм).</p>
<p>Станции автоматического мониторинга вибраций</p>	<p>Для контроля вибраций. Система представлена одним трехкомпонентным</p>	<p>Точность измерений 0,-0,5 дБ, динамический диапазон от 70 дБ; Регулируемы</p>	<p>Возможно применение в сложных климатических условиях и труднодоступных местах.</p>

Оборудование	Назначение	Технические характеристики и	Примечание
	высокочувствительным датчиком вибраций или несколькими датчиками. Информация передается по локальным сетям или в Интернет	й диапазон циклов измерений (от 0,0сек. до нескольких секунд. минут), возможна непрерывная запись сигнала	Дополнительные опции: --- удаленное получение результатов измерений и управления станциями; - мониторинга шума

Библиография

- [1] Федеральный закон № 190-ФЗ от 29 декабря 2004 г. № 190 Градостроительный кодекс Российской Федерации
- [2] Федеральный Закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений
- [3] Технические рекомендации по автоматизированному геотехническому мониторингу зданий и сооружений при освоении подземного пространства в городе Москве. Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы, 2019
- [4] ОДМ 218.4.022-2015 Рекомендации по проведению геотехнического мониторинга строящихся и эксплуатируемых автодорожных тоннелей
- [5] ОДМ 218.3.008-2011 Рекомендации по мониторингу и обследованию подпорных стен и удерживающих сооружений на оползневых участках автомобильных дорог
- [6] МРДС 02-08 Пособие по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролетных, высотных и уникальных
- [7] МДС 13-24.2010 Рекомендации по правилам геотехнического сопровождения высотного строительства и прилегающего пространства
- [8] Методическое руководство по комплексному горно-экологическому мониторингу при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей - Тоннельная ассоциация России: М.: УРАН ИПКОН РАН, НИПИИ «Ленметрогипротранс»
- [9] СТО 95 103 – 2013. Росатом. Руководство по методике комплексного инженерного сейсмометрического и сейсмологического мониторинга конструкций зданий и сооружений, включая площадки их размещения. ООО «Центр технических компетенций атомной отрасли»
- [10] Руководство по контролю качества скрытых работ геофизическими методами при строительстве подземных объектов, включая объекты метрополитена, на территории Москвы
- [11] Руководство по проектированию и строительству тоннелей щитовым методом. Перевод с английского с дополнениями и комментариями В.Е. Меркина и В.П. Самойлова. – М.: Метро и тоннели, 2009 г.
- [12] ISO 18674-1:2015 Geotechnical investigation and testing – Geotechnical monitoring by field instrumentation -- Part 1: General rules. Геотехнические исследования и

испытания. Геотехнический мониторинг с помощью полевой измерительной аппаратуры. Часть 1. Общие правила

- [13] ISO 18674-10 - Part 10: Vibration monitoring instruments (Инструменты для мониторинга вибраций)
- [14] ПБ 03-428-02. Правила безопасности при строительстве подземных сооружений (утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 02.11.2001 N 49)
- [15] РСН 64-87 Республиканские строительные нормы. Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству геофизических работ. Электроразведка
- [16] СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство

ГОСТ Р _____
(Проект, первая редакция)

УДК _____

ОКС 91.200

93.060

Ключевые слова: автоматизированный мониторинг, геотехнический мониторинг, мониторинг, тоннели, метрополитен, подземный объект
