ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57208— 2016

ТОННЕЛИ И МЕТРОПОЛИТЕНЫ

Правила обследования и устранения дефектов и повреждений при эксплуатации

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным автономным учреждением «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве» (ФАУ «ФЦС») совместно с ОАО «Центральный научно-исследовательский институт транспортного строительства» (ОАО ЦНИИС)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 ноября 2016 г. № 1571-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 (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2016

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 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 3
4 Общие положения 3
5 Оценка технического состояния транспортных тоннелей и метрополитенов 3
6 Геодезическо-маркшейдерские работы в тоннелях и метрополитенах 11
7 Мониторинг технического состояния тоннелей и метрополитенов 12
8 Оформление результатов обследования 13
9 Требования безопасности при проведении работ 13
10 Способы восстановления эксплуатационных характеристик тоннельных сооружений 14
Приложение А (справочное) Характерные дефекты тоннельных сооружений и грунтового массива 17
Приложение Б (справочное) Классификация дефектов и их влияние на техническое состояние сооружения 19
Приложение В (справочное) Классификация и причины возникновения дефектов и повреждений в металлических конструкциях 22
Приложение Г (справочное) Ведомость дефектов тоннельных конструкций 23
Библиография 24

Введение

Настоящий стандарт является нормативной основой для контроля конструктивной безопасности тоннелей и метрополитенов и регламентирует требования к работам по оценке технического состояния сооружений.

Безопасность эксплуатации тоннелей и метрополитенов характеризуется набором показателей, рассматриваемых в настоящем стандарте:

- состояние вмещающего тоннельное сооружение грунтового массива,
- состояние строительных конструкций.

Оценку по каждому показателю выполняют на этапах строительства, эксплуатации, строительства в технических зонах тоннелей и метрополитенов наземных и подземных объектов городской инфраструктуры, перестройки, реконструкции, капитального ремонта сооружений.

Оценку технического состояния сооружения по приведенным выше показателям на этапе строительства и эксплуатации выполняют путем обследования и мониторинга в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

В настоящем стандарте приведены основные способы восстановления эксплуатационной надежности тоннелей и метрополитенов при нарушениях проектных показателей вмещающего грунтового массива и конструкций тоннелей и метрополитенов.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТОННЕЛИ И МЕТРОПОЛИТЕНЫ

Правила обследования и устранения дефектов и повреждений при эксплуатации

Tunnels and subways. Rules of inspection and elimination of defects and damages under operation

Дата введения — 2017—04—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт предназначен для оценки технического состояния и выбора способа восстановления проектных характеристик конструкций транспортных тоннелей (автодорожных и железнодорожных) и метрополитенов при эксплуатации.

1.2 Настоящий стандарт распространяется на проведение следующих видов работ:

- обследование технического состояния транспортных тоннелей и метрополитенов с оценкой фактического состояния конструкций для проектирования их реконструкции или капитального ремонта, подготовки исходных данных для проведения мониторинга сооружений при проведении строительных работ;
- общий мониторинг технического состояния тоннелей и метрополитенов для выявления объектов, конструкции которых изменили свое напряженно-деформированное состояние, что требует обследования технического состояния;
- мониторинг технического состояния тоннелей и метрополитенов, попадающих в зону влияния нового строительства и природно-техногенных воздействий, для обеспечения безопасной эксплуатации сооружений;
- мониторинг технического состояния тоннелей и метрополитенов, находящихся в ограниченно работоспособном или аварийном состоянии, для оценки их текущего технического состояния и проведения мероприятий по приведению сооружений в работоспособное (исправное) состояние.

1.3 Требования настоящего стандарта не распространяются на другие виды обследования и мониторинга технического состояния, преследующие цели, отличные от изложенных выше, на гидротехнические и мелиоративные сооружения, магистральные трубопроводы, подземные сооружения и объекты, на которых ведутся горные работы и работы в подземных условиях, а также на работы, связанные с судебно-строительной экспертизой.

1.4 Требования настоящего стандарта не распространяются на обследование и оценку технического состояния инженерных коммуникаций транспортных тоннелей и метрополитенов.

1.5 Настоящий стандарт устанавливает правила по комплексному обследованию, и способы усиления и ремонта сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций тоннелей и метрополитенов на стадии их сооружения и эксплуатации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 12.0.004—2015 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие требования

ГОСТ 12.1.004—91 (ИСО 6892—84) Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 1497—84 Металлы. Методы испытаний на растяжение

ГОСТ 3242—79 Соединения сварные. Методы контроля качества

Издание официальное

ГОСТ 7564—97 Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний

ГОСТ 12071—2014 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов

ГОСТ 17624—2012 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности

ГОСТ 20911—89 Техническая диагностика. Термины и определения

ГОСТ 22690—2015 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля

ГОСТ 24846—2012 Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений

ГОСТ 25100—2011 Грунты. Классификация

ГОСТ 26433.2—94 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила измерений параметров зданий и сооружений

ГОСТ 30416—2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения

ГОСТ 31937—2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

ГОСТ 32016—2012 Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Общие требования

ГОСТ 32017—2012 Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к системам защиты бетона при ремонте

ГОСТ 32943—2014 Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Общие требования

ГОСТ Р 21.1101—2013 Системы проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации

ГОСТ Р 51254—99 Инструмент монтажный для нормированной затяжки резьбовых соединений. Ключи моментные. Общие технические условия

ГОСТ Р 56378—2015 Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к ремонтным смесям и адгезионным соединениям контактной зоны при восстановлении конструкций

ГОСТ Р ИСО 17123-5—2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Оптика и оптические приборы. Методики полевых испытаний геодезических и топографических приборов. Часть 5. Электронные тахеометры

СП 16.13330 «СНиП II-23—81* Стальные конструкции» (с изменением №1)

СП 20.13330 «СНиП 2.01.07—85 Нагрузки и воздействия»

СП 47.13330 «СНиП 11-02—96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»

СП 48.13330 «СНиП 12-01—2004 Организация строительства»

СП 63.13330 «СНиП 52-01—2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» (с изменениями №1, №2)

СП 70.13330 «СНиП 3.03.01—87 Несущие и ограждающие конструкции»

СП 103.13330 «СНиП 2.06.14—85 Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод»

СП 116.13330 «СНиП 22-02—2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения»

СП 120.13330.2012 «СНиП 32-02—2003 Метрополитены» (с изменением №1)

СП 122.13330.2012 «СНиП 32-04—97 Тоннели железнодорожные и автодорожные»

СП 126.13330.2011 «СНиП 3.01.03—84 Геодезические работы в строительстве»

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов 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 стандарт, 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. При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных сводов правил в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по [1], [2], ГОСТ 20911, ГОСТ 31937, [3], СП 120.13330.2012, СП 122.13330.2012, СП 116.13330.2012, [4], [5].

4 Общие положения

4.1 К проведению работ по обследованию несущих конструкций транспортных тоннелей и метрополитенов, оценке их технического состояния допускают организации, имеющие допуск на соответствие СРО.

Требования к организациям, выполняющим обследование и мониторинг технического состояния сооружений, определяются федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на ведение государственного строительного надзора, в соответствии с ГОСТ 31937.

4.2 Необходимость проведения обследовательских работ в транспортных тоннелях и метрополитенах определяется техническими условиями на сооружение тоннелей и метрополитенов и /или техническими условиями проектной организации на строительство объекта.

4.3 Обследование и мониторинг технического состояния транспортных тоннелей и метрополитенов проводят также:

- по истечении нормативных сроков эксплуатации сооружения;
- при обнаружении значительных дефектов, повреждений и деформаций в процессе технического обслуживания, осуществляемого собственником сооружения;
- по результатам последствий пожаров, стихийных бедствий, аварий, связанных с разрушением конструкций или сооружения в целом;
- по инициативе собственника объекта;
- по предписанию органов, уполномоченных на ведение государственного строительного надзора.

4.4 Результаты обследования и мониторинга технического состояния транспортных сооружений и метрополитенов в виде соответствующих заключений должны содержать необходимые данные для принятия обоснованного решения по реализации целей обследования или мониторинга.

4.5 Средства испытаний, измерений и контроля, применяемые при обследовании и мониторинге технического состояния объектов, должны быть своевременно поверены (калиброваны) в установленном порядке и соответствовать нормативным документам и технической документации по метрологическому обеспечению в соответствии с ГОСТ 26433.2.

4.6 В случае обнаружения при обследовании и мониторинге тоннелей и метрополитенов повреждений конструкций, которые могут привести к резкому снижению их несущей способности, обрушению отдельных конструкций и/или нарушению эксплуатационных характеристик сооружения, необходимо немедленно проинформировать об этом, в том числе в письменном виде, собственника объекта, эксплуатирующую организацию, местные органы исполнительной власти и органы, уполномоченные на ведение государственного строительного надзора.

4.7 При выполнении работ по обследованию и мониторингу технического состояния объектов необходимо соблюдать требования техники безопасности по ГОСТ 12.0.004, ГОСТ 12.1.004, [5], [6].

4.8 Заключение по итогам проведенного обследования технического состояния объекта или этапа его мониторинга подписывают непосредственно исполнители работ, руководители их подразделений и утверждают руководители организаций, проводивших обследование или этап мониторинга.

5 Оценка технического состояния транспортных тоннелей и метрополитенов

5.1 Основные положения

5.1.1 Цель обследования тоннелей и метрополитенов заключается в определении действительного (текущего) технического состояния сооружения и его элементов, количественной оценки фактических показателей качества конструкций (прочности, водонепроницаемости и др.) для установления состава и объема работ по восстановлению проектных и/или эксплуатационных характеристик, ремонту конструкций или реконструкции сооружения.

Обследование технического состояния подземных транспортных сооружений выполняется во всех случаях нового строительства в технических зонах подземных транспортных сооружений [4].

5.1.2 Обследование конструкций тоннелей и метрополитенов включает в себя визуальное и инженерно-инструментальное обследование с проведением геофизического (сейсмоакустического) обследования заобделочного пространства тоннелей и грунтового массива и геодезическо-маркшейдерские работы.

5.1.3 Обследование конструкций наземных сооружений метрополитенов (вестибюли станций, электродепо и т. п.) выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 31937.

5.1.4 При обследовании технического состояния транспортных тоннелей и метрополитенов полученная информация должна быть достаточной для принятия обоснованного решения о возможности их дальнейшей безаварийной эксплуатации (при нормативном и работоспособном техническом состоянии объекта).

В случае ограниченно работоспособного и аварийного состояния сооружения полученная информация должна быть достаточной для разработки проектов восстановления или усиления конструкций, проведения ремонтно-восстановительных работ, реконструкции или капитального ремонта объекта.

5.1.5 В зависимости от задач, поставленных в техническом задании на обследование технического состояния транспортных тоннелей и метрополитенов, объектами исследования в соответствии с СП 120.13330, СП 122.13330, [7] являются:

- обделки железнодорожных, автодорожных тоннелей, тоннелей метрополитена — перегонных и станционных притоннельных и пристанционных сооружений, пересадочных узлов, пешеходных переходов;
- конструкции вентиляционных комплексов (шахтные стволы, нижние и верхние вентколлекторы);
- внутренние несущие конструкции станционных комплексов, притоннельных и пристанционных сооружений (колонны, пилоны, прогоны, перекрытия, стены, подплатформенные коллекторы);
- конструкции подземных и надземных вестибюлей;
- заобделочное пространство сооружений (состояние контактного слоя «грунт–обделка»);
- грунт в основании сооружений и за обделками тоннелей.

5.1.6 Конструктивные части тоннелей и метрополитенов состоят из совместно работающих элементов, выполненных из различных материалов, что необходимо учитывать при проведении обследований.

При обследовании состояния конструктивных элементов сооружений следует руководствоваться также требованиями положений, изложенных в 5.3.1, 5.4.1—5.4.3.

5.1.7 Оценку категории технического состояния конструкций подземных транспортных сооружений, включая вмещающий грунтовый массив, проводят на основании результатов обследования и поверочных расчетов, которые в зависимости от типа объекта выполняют в соответствии с СП 120.13330, СП 122.13330, СП 47.13330, [4], [7], [8]. С учетом состояния грунтового массива техническое состояние сооружения оценивают в соответствии с ГОСТ 31937.

5.1.8 Для конструкций и сооружений, находящихся в нормативном (исправном) техническом и работоспособном состояниях, эксплуатация при фактических нагрузках и воздействиях на сооружение возможна без ограничений. При этом для конструкций, сооружений, вмещающего грунтового массива или грунтового основания, находящихся в работоспособном состоянии, может устанавливаться требование периодических обследований в процессе эксплуатации.

5.1.9 При ограниченно работоспособном состоянии конструкций сооружений, вмещающего грунтового массива или грунтового основания контролируют их состояние и проводят мероприятия по восстановлению или усилению конструкций грунтового массива или грунтового основания с последующим проведением мониторинга технического состояния (при необходимости).

5.1.10 Эксплуатация транспортных тоннелей и метрополитенов при аварийном (недопустимом) состоянии конструкций, вмещающего грунтового массива или грунтового основания запрещается. Устанавливают обязательный режим мониторинга.

5.1.11 Обследование технического состояния транспортных сооружений проводят в три этапа:

1) подготовка к проведению обследования;
2) предварительное (визуальное) обследование;
3) детальное (инструментальное) обследование.

При сокращении заказчиком объемов обследования, снижающем достоверность заключения о техническом состоянии объекта, заказчик сам несет ответственность за низкую достоверность результата обследования.

5.2 Подготовка к проведению обследования

5.2.1 Подготовительные работы включают в себя:

- ознакомление с объектом обследования, его объемно-планировочным и конструктивным решениями и материалами инженерно-геологических изысканий;
- сбор и анализ проектно-технической документации;
- составление программы работ (при необходимости) в соответствии с техническим заданием на обследование.

На подготовительном этапе с эксплуатирующей организацией решают вопросы обеспечения доступа на объект и к конструкциям сооружения по СП 48.13330, [7], [9].

5.2.2 Результатом проведения подготовительных работ является получение следующих материалов (полнота определяется видом обследования):

- согласованного заказчиком технического задания на обследование;
- проектной документации на сооружение;
- геоподосновы, выполненной специализированной организацией;
- материалов инженерно-геологических изысканий за последние пять лет;
- актов осмотров (обследований) сооружения, выполненных техническим надзором эксплуатирующей организации, в том числе ведомости дефектов;
- актов и отчетов ранее проводившихся обследований сооружения;
- информации, в том числе проектной, о перестройках, реконструкциях, капитальном ремонте и т. п.;
- согласованного с заказчиком протокола о порядке доступа к обследуемым конструкциям (при необходимости).

5.2.3 На основе полученных материалов:

а) устанавливают:

- конструктивную схему сооружения,
- сведения о примененных в проекте конструкциях,
- геометрические размеры сооружения, элементов и конструкций,
- проектные нагрузки,
- расчетную схему,
- характеристики материалов (бетона, металла, камня и т. п.), из которых выполнены конструкции,
- характеристики грунтового основания,
- имевшие место замены и отклонения от проекта,
- характер внешних воздействий на конструкции,
- данные об окружающей среде,
- проявившиеся при эксплуатации дефекты, повреждения и т. п.,
- моральный износ объекта, связанный с дефектами и несоответствием конструкций современным нормативным требованиям;

б) составляют программу, в которой указывают:

- перечень подлежащих обследованию строительных конструкций и их элементов,
- участки и методы инструментальных измерений и испытаний,
- места вскрытия и отбора проб материалов для исследования образцов в лабораторных условиях,
- необходимость проведения инженерно-геологических изысканий, геофизических (сейсмоакустических) исследований,
- перечень необходимых поверочных расчетов и т. п.

5.3 Предварительное (визуальное) обследование

5.3.1 Визуальное обследование проводят для предварительной оценки технического состояния строительных конструкций по внешним признакам, определения необходимости в проведении детального (инструментального) обследования и уточнения программы работ.

При визуальном обследовании выполняют осмотр сооружения и отдельных конструкций, выявляют с использованием простых измерительных инструмента и приборов (бинокли, рулетки, штангенциркули, фотоаппараты и т. п.) видимые дефекты и повреждения, проводят контрольные обмеры, делают описания, зарисовки, фотографии дефектных участков, составляют схемы и ведомости дефектов и повреждений с фиксацией их мест и характера. Устанавливают наличие аварийных участков, если таковые имеются.

5.3.2 При визуальном обследовании конструкций фиксируют:

- трещины в конструкциях (поперечные, продольные, наклонные и др.);
- оголение арматуры;
- вывалы бетона, каверны, раковины, повреждения защитного слоя;
- повреждения арматуры, закладных деталей, сварных швов (в том числе в результате коррозии);
- отклонения фактических геометрических размеров конструкций от проектных;
- наиболее поврежденные и аварийные участки конструкций тоннелей;
- наличие течей выносов грунта внутрь сооружения, влажность материала конструкций, наличие гидроизоляции (при открытом способе сооружения тоннелей откопкой шурфов).

Примечание — Нарушение гидроизоляции определяют по наличию:
- течей, капежа, мокрых пятен;
- ржавых потеков;
- выносов грунта внутрь тоннелей;
- выщелачивания бетона (с образованием сталактитов и сталагмитов).

Классификацию течей проводят по интенсивности, наличию напора за обделкой, стабильности во времени (в том числе их сезонности), агрессивности просочившейся воды по отношению к тоннельным конструкциям и оборудованию в соответствии с [10].

5.3.3 Результатом проведения предварительного (визуального) обследования являются:
- уточнение конструктивной схемы сооружения;
- схемы и ведомости дефектов и повреждений (прогибы, крены, выгибы, перекосы, течи, водообводнение конструкций, наличие течей и намоканий бетона конструкций, выносы грунта в сооружение и т. п.);
- описания, фотографии дефектных участков;
- установление аварийных участков (при наличии);
- уточненная схема мест выработок, вскрытий, зондирования конструкций;
- особенности близлежащих участков прилегающей к сооружению территории, вертикальной планировки, организации отвода поверхностных вод.

5.3.4 Результаты визуального обследования с выявлением видимых дефектов и повреждений конструкций позволяют выявить причины их происхождения и могут быть достаточными для оценки технического состояния сооружения.

5.3.5 При обнаружении характерных трещин, деформаций конструкций, обводненности, нарушении герметизации стыков обделки и сопряжений конструкций сооружения, свидетельствующих о неудовлетворительном состоянии заобделочного пространства или грунтового основания, необходимо проведение инженерно-геофизического исследования, по результатам которого может потребоваться укрепление оснований или усиление грунтового массива, вмещающего тоннельное сооружение.

5.3.6 При обнаружении дефектов и повреждений, снижающих прочность, устойчивость, водонепроницаемость конструкций (обделок тоннелей, перекрытий, колонн, балок, ферм и т.п.), переходят к детальному (инструментальному) обследованию.

5.3.7 При выявлении признаков, свидетельствующих о возникновении аварийной ситуации, необходимо незамедлительно разработать рекомендации по предотвращению возможного обрушения.

5.4 Детальное (инструментальное) обследование

5.4.1 Обследование конструкций сооружений

5.4.1.1 Детальное (инструментальное) обследование в зависимости от поставленных задач, наличия и полноты проектно-технической документации и предварительной оценки технического состояния объекта может быть сплошным и выборочным.

Сплошное обследование проводят, когда:
- отсутствует проектная документация;
- обнаружены дефекты конструкций, снижающие их несущую способность;
- возобновляется строительство, прерванное на срок более трех лет без мероприятий по консервации;
- в однотипных конструкциях обнаружены неодинаковые свойства материалов, изменены условия эксплуатации объекта под воздействием агрессивной среды, техногенных процессов и пр.

Выборочное обследование проводят:
- при необходимости обследования отдельных конструкций;
- в потенциально опасных местах, где из-за недоступности конструкций невозможно проведение сплошного обследования.

5.4.1.2 Если в процессе сплошного обследования обнаруживается, что не менее 20 % однотипных конструкций, при общем их числе более 20, находится в удовлетворительном состоянии, а в остальных конструкциях отсутствуют дефекты и повреждения, то допускается оставшиеся непроверенные конструкции обследовать выборочно. Объем выборочно обследуемых конструкций следует определять конкретно (во всех случаях не менее 10 % однотипных конструкций, но не менее трех).

5.4.1.3 Детальное (инструментальное) обследование технического состояния объекта выполняют в соответствии с ГОСТ 31937, в том числе:
- измерение необходимых для оценки технического состояния геометрических параметров сооружений (обмерные работы), конструкций, их элементов и узлов;
- инструментальное определение параметров дефектов и повреждений;

- определение фактических характеристик материалов основных несущих конструкций и их элементов по ГОСТ 17624, ГОСТ 22690;
- определение реальных нагрузок и воздействий, воспринимаемых обследуемыми конструкциями, и расчетной схемы с учетом действующих нагрузок и воздействий;
- определение расчетных усилий в конструкциях, воспринимающих эксплуатационные нагрузки;
- поверочный расчет несущей способности конструкций с учетом результатов обследования;
- инженерно-геологические, инженерно-геофизические (сейсмоакустические) изыскания (при необходимости);
- геодезическо-маркшейдерские работы;
- анализ причин появления дефектов и повреждений в конструкциях;
- составление итогового документа (заключения) с выводами по результатам обследования.

Работы, связанные со вскрытием, бурением, вырезанием и выпиливанием образцов материала конструкций, проводят с таким расчетом, чтобы не допустить опасного снижения несущей способности конструкции.

Следует предусматривать меры по своевременному устранению факторов, которые могут снизить долговечность сооружения. Например, участки железобетонных элементов после вскрытия и взятия проб заделывают, перекрывают или усиливают.

5.4.1.4 При инструментальном обследовании конструкций сооружения в соответствии с [3] и СП 70.13330 определяют:

- прочность и водопроницаемость бетона;
- количество арматуры, ее площадь и профиль;
- толщину защитного слоя бетона;
- степень и глубину коррозии бетона (карбонизация, сульфатизация и т. д.);
- наклоны, перекосы и сдвиги элементов конструкций;
- степень коррозии стальных элементов и сварных швов;
- необходимые характеристики грунтов, уровень подземных вод и их химический состав (если эти сведения отсутствуют в инженерно-геологических данных).

5.4.1.5 Измерение геометрических параметров конструкций (обмерные работы) выполняют с точностью ± 2 мм ручным лазерным дальномером, ширину раскрытия трещин микроскопом с точностью ± 1 мм.

Помимо определения основных внутренних габаритных размеров тоннельных сооружений измеряют следующие параметры дефектов конструкций:

- координаты (местоположение) дефекта,
- размеры (линейные и площадь),
- глубину трещин, коррозии.

5.4.1.6 По результатам измерений составляют развертки тоннельной обделки с привязкой дефектов, повреждений, течей и т. п. к пикетажу тоннелей и метрополитенов.

5.4.2 Обследование технического состояния грунтового массива

5.4.2.1 Обследования технического состояния оснований и вмещающего подземное сооружение грунтового массива проводят в соответствии с техническим заданием, определяющим состав, объемы, методы и последовательность выполнения работ и обосновывают рабочей программой, входящей в общую программу обследования сооружения.

5.4.2.2 В состав работ по обследованию грунтов в соответствии с ГОСТ 31937, [11], СП 47.13330, включают:

- изучение имеющихся материалов по инженерно-геологическим исследованиям, проводившимся на данном или на соседних участках;
- бурение скважин с отбором образцов грунта, проб подземных вод и определением их уровня;
- зондирование грунтов;
- исследования грунтов геофизическими методами;
- лабораторные исследования грунтов оснований и подземных вод (при необходимости).

5.4.2.3 Расположение и общее число выработок (скважин, шурфов), точек зондирования, участков применения геофизических методов исследования заобделочного пространства сооружения определяют в зависимости от сложности инженерно-геологического строения грунтового массива и расположения выявленных в результате обследования деформаций, дефектов, повреждений и обводненности конструкций тоннелей и метрополитенов.

5.4.2.4 При обследовании грунтов заобделочного пространства тоннелей мелкого заложения путем откопки шурфов следует определить наличие и состояние гидроизоляции наружных стен (обделки) тоннелей.

5.4.2.5 В результате обследования устанавливают соответствие полученных данных проектным, различия в инженерно-геологических и гидрогеологических условиях и характеристиках состояния заобделочного пространства используют для выявления причин деформаций и повреждений сооружения.

5.4.2.6 Оборудование, способы проходки и крепления выработок (скважин) инженерно-геологического назначения следует выбирать в зависимости от геологических условий, свойств грунтов, наличия подземных коммуникаций, возможности проведения работ с дневной поверхности, из тоннельных сооружений или вспомогательных подземных сооружений.

5.4.2.7 Число разведочных выработок (скважин, шурфов) должно устанавливаться техническим заданием и программой инженерно-геологических работ.

Глубину заложения выработок следует назначать, исходя из глубины заложения подземного сооружения, конструктивных особенностей сооружения и сложности геологических условий. После окончания бурения или шурфования скважины должны быть тщательно затампонированы (забетонированы), шурфы засыпаны с послойным трамбованием и восстановлением покрытия.

5.4.2.8 Физико-механические характеристики грунтов следует определять по образцам, отбираемым в процессе обследования. Отбор образцов грунта, их упаковку, хранение и транспортирование выполняют по ГОСТ 12071. Число и размеры образцов грунта должны быть достаточными для проведения комплекса лабораторных испытаний по ГОСТ 30416.

5.4.2.9 Интервалы определения характеристик по глубине, число частных определений деформационных и прочностных характеристик грунтов должны быть достаточны для вычисления их нормативных и расчетных значений по [11].

5.4.2.10 Результаты инженерно-геологических изысканий в соответствии с [11] и СП 47.13330 должны содержать данные, необходимые:

- для определения свойств грунтов оснований и возможности строительства над подземными транспортными сооружениями объектов городской инфраструктуры;
- выявления причин дефектов и повреждений конструкций тоннелей и метрополитенов (см. приложение Б) и определения мероприятий по их усилению;
- выбора способа дополнительной гидроизоляции подземных транспортных сооружений;
- установления вида и объема водопонижающих мероприятий (при необходимости).

5.4.2.11 Материалы инженерно-геологического обследования должны быть представлены в виде геолого-литологического разреза вмещающего грунтового массива (или основания сооружения). Классификация грунтов должна быть выполнена по ГОСТ 25100. Слои грунтов должны иметь высотные привязки. При проведении обследования ведут рабочий журнал, который должен содержать все условия проходки или шурфования, атмосферные условия, схемы конструкций обделки тоннелей, размеры и расположения скважин, шурфов и т. д.

5.4.3 Геофизическое обследование состояния заобделочного пространства (контакт «грунт–обделка»)

5.4.3.1 Техническое состояние оснований, грунтового массива, вмещающего транспортное подземное сооружение, контакта «грунт—обделка» геофизическими методами по [12] следует проводить при выявлении деформаций и обводнения обделок тоннелей глубокого и мелкого заложения и метрополитена, реконструкции подземных транспортных сооружений и строительстве в технических зонах тоннелей и метрополитенов объектов различного назначения, в том числе, при необходимости, под тоннелями и метрополитенами [например, при прокладке инженерных коммуникаций, при наличии по обе стороны тоннелей открытых выработок (котлованов) и т.п.].

5.4.3.2 Выбор метода геофизического обследования в соответствии с [12, раздел 5], состав и объемы геофизических работ зависят от задач обследования грунтового массива, вмещающего тоннельное сооружение, области применения того или иного метода, особенностей сооружения, инженерно-геологических и гидрологических условий, сроков выполнения работ.

Программу геофизических исследований разрабатывают на основе технического задания заказчика на обследование и оценку технического состояния объекта.

5.4.3.3 Исследование заобделочного пространства (контактный слой «грунт—обделка») при оценке технического состояния тоннелей и метрополитенов следует проводить при выявлении деформаций и обводнения обделок, реконструкции и строительстве в технических зонах транспортных сооружений объектов различного назначения в случаях:

- приближения проектируемых объектов (свай, фундаментов, подземных сооружений) к тоннелям и сооружениям метрополитена глубокого заложения ближе, чем максимальный размер тоннелей или метрополитенов (диаметра тоннеля или пролета станции);

- для тоннелей и метрополитенов мелкого заложения при приближении проектируемых объектов менее чем на 15 м.

5.4.3.4 Обследование заобделочного пространства и оценку контакта «грунт—обделка» тоннелей и метрополитенов проводят преимущественно сейсмоакустическим методом, основанным на анализе акустических колебаний поверхности (обделки) подземного сооружения по методике [4]. Результаты геофизического исследования заобделочного пространства тоннелей и метрополитенов используют при оценке технического состояния сооружения и назначения, при необходимости, ремонтно-восстановительных мероприятий для обеспечения его эксплуатационной пригодности.

5.4.4 Обследование бетонных и железобетонных конструкций

5.4.4.1 Оценку технического состояния бетонных и железобетонных конструкций по внешним признакам проводят на основе перечисленных в пункте 5.3.1.1 ГОСТ 31937—2011 показателей.

5.4.4.2 Ширину раскрытия трещин в бетоне измеряют в местах максимального их раскрытия и на уровне арматуры растянутой зоны элемента.

Степень раскрытия трещин определяют в соответствии с СП 63.13330.

5.4.4.3 Трещины в бетоне анализируют с точки зрения конструктивных особенностей и напряженно-деформированного состояния железобетонной конструкции.

Классификация и причины возникновения дефектов и повреждений в железобетонных конструкциях приведены в приложениях А и Б.

5.4.4.4 При обследовании конструкций для определения прочности бетона применяют методы неразрушающего контроля и руководствуются ГОСТ 17624, ГОСТ 22690, [10].

5.4.4.5 При наличии увлажненных участков и поверхностных высолов на бетоне конструкций определяют размеры этих участков и выявляют причину их появления.

5.4.4.6 Для определения степени коррозионного разрушения бетона (степени карбонизации, состава новообразований, структурных нарушений бетона) используют соответствующие физико-химические методы.

5.4.4.7 При оценке технического состояния арматуры и закладных деталей, пораженных коррозией, определяют вид коррозии, участки поражения и источник воздействия.

5.4.4.8 Выявление состояния арматуры элементов железобетонных конструкций проводят удалением на контрольных участках защитного слоя бетона с обнажением рабочей арматуры.

Обнажение арматуры выполняют в местах наибольшего ее ослабления коррозией, которые выявляют по отслоению защитного слоя бетона и образованию трещин и пятен ржавой окраски, расположенных вдоль стержней арматуры.

5.4.4.9 Степень коррозии арматуры оценивают по следующим признакам: характер коррозии, цвет, плотность продуктов коррозии, площадь пораженной поверхности, глубина коррозионных поражений, площадь остаточного поперечного сечения арматуры.

5.4.4.10 При выявлении участков конструкций с повышенным коррозионным износом, связанным с местным (сосредоточенным) воздействием агрессивных факторов, особое внимание необходимо обращать на участки намокающих конструкций или имеющих течи через стыки обделок.

5.4.4.11 При обследовании железобетонных перекрытий тоннелей мелкого заложения устанавливают геометрические размеры конструктивных элементов, способы их сопряжения, расчетные сечения, прочность бетона, толщину защитного слоя бетона. Прогибы перекрытий определяют методами геометрического нивелирования.

5.4.4.12 Измерения прочности бетона конструкций тоннелей проводят неразрушающим методом по ГОСТ 22690. Фактическую кубиковую прочность бетона определяют по среднему значению отскока по номограмме с учетом возможной ошибки рассеивания (до 16 %).

5.4.4.13 Допустимые отклонения фактических размеров обделок метрополитена от проектного положения — по приложению Ж СП 120.13330.2012.

Допустимые отклонения фактических размеров обделок железнодорожных и автодорожных тоннелей от проектного положения — по приложению А СП 122.13330.2012 [7].

5.4.5 Обследование стальных конструкций

5.4.5.1 Техническое состояние стальных конструкций определяют на основе оценки факторов, приведенных в пункте 5.3.3.1 ГОСТ 31937—2011.

5.4.5.2 Определение геометрических параметров элементов конструкций и их сечений проводят непосредственными измерениями.

5.4.5.3 Определение ширины и глубины раскрытия трещин проводят осмотром с использованием лупы или микроскопа. Признаками наличия трещин могут быть подтеки ржавчины, шелушение краски и др.

5.4.5.4 Классификация и причины возникновения дефектов и повреждений в металлических конструкциях представлены в приложении В.

5.4.5.5 При оценке коррозионных повреждений стальных конструкций определяют вид коррозии и ее качественные (плотность, структура, цвет, химический состав и др.) и количественные (площадь, глубина коррозионных язв, значение потери сечения, скорость коррозии и др.) характеристики.

5.4.5.6 Площадь коррозионных поражений с указанием зоны распространения выражают в процентах от площади поверхности конструкции. Толщину элементов, поврежденных коррозией, измеряют не менее чем в трех наиболее поврежденных коррозией сечениях по длине элемента. В каждом сечении проводят не менее трех измерений.

5.4.5.7 Значение потери сечения элемента конструкции выражают в процентах от его начальной толщины, то есть толщины элемента, не поврежденного коррозией. Для приближенной оценки значения потери сечения измеряют толщину слоя окислов и принимают толщину поврежденного слоя равной одной трети толщины слоя окислов.

5.4.5.8 Обследование сварных швов заключается в очистке от шлака и внешнем осмотре в целях обнаружения трещин и других повреждений. Скрытые дефекты в швах определяют по ГОСТ 3242.

5.4.5.9 Контроль натяжения болтов проводят тарировочным ключом по ГОСТ Р 51254.

5.4.5.10 При отсутствии сертификатов, недостаточной или неполной информации, приводимой в сертификатах, обнаружении в конструкциях трещин или других дефектов и повреждений физико-механические и химические характеристики стали конструкций определяют по ГОСТ 1497, ГОСТ 7564.

5.4.6 Поверочные расчеты конструкций тоннелей и метрополитенов по результатам обследования

5.4.6.1 Несущую способность конструкций тоннелей и метрополитенов и степень влияния на их эксплуатационную надежность при строительстве в технических зонах тоннелей и метрополитенов объектов городской инфраструктуры, ремонтно-восстановительных работ и реконструкции сооружений определяют статическими расчетами в три этапа по перечислениям а) — в):

а) расчет напряженно-деформационного состояния конструкций тоннелей и метрополитенов по их проектным характеристикам без учета воздействия нового строительства, ремонтно-восстановительных работ или реконструкции объекта;

б) расчет фактического напряженно-деформированного состояния конструкций объекта с учетом результатов обследования его технического состояния и состояния заобделочного пространства (дефекты конструкций и контактного слоя «грунт—обделка») воздействия нового строительства, ремонтно-восстановительных работ или реконструкции объекта;

в) расчет фактического напряженно-деформированного состояния конструкций тоннелей и метрополитенов, выполняемый с учетом результатов обследования технического состояния конструкций, состояния заобделочного пространства и нагрузок от проектируемого объекта городской инфраструктуры по СП 20.13330.

5.4.6.2 По результатам статических расчетов по 5.4.6.1 определяют минимальные коэффициенты запаса прочности материала элементов конструкций метрополитена.

Сопоставление коэффициентов запаса прочности материала элементов конструкций тоннелей и метрополитенов, полученных в результате статических расчетов, позволяет определить степень изменения несущей способности конструкций объекта:

а) фактической относительно проектной;

б) с учетом воздействия строительства объекта городской инфраструктуры или реконструкции тоннелей и метрополитенов относительно фактической несущей способности.

5.4.6.3 Статические расчеты обделок всех видов для тоннелей и метрополитенов, сооружаемых открытым и закрытым способами на заданные нагрузки, следует выполнять методами строительной механики в соответствии с СП 120.13330, СП 122.13330, [8].

Расчеты обделок тоннелей, сооружаемых закрытым способом, следует проводить с учетом отпора грунтового массива. Обделки тоннелей, трасса которых проходит в слабых грунтах, следует рассчитывать без учета отпора грунтового массива.

5.4.6.4 Расчеты трещиностойкости монолитных и сборных обделок со связями растяжения плавного (кругового, эллипсовидного и т. п.) очертания при глубоком заложении тоннелей (не менее тройной ширины выработки до поверхности земли) в однородных изотропных грунтах могут выполняться

методами механики сплошной среды на основе решения контактной задачи о взаимодействии обделки и грунтового массива.

5.4.6.5 Предварительные расчеты конструкций допускается проводить исходя из предпосылки линейной работы материала конструкции и грунтового массива с использованием данных по коэффициенту упругого отпора.

5.4.6.6 При проведении уточненных расчетов методом последовательного нагружения конструкции до предельного состояния следует учитывать свойства ползучести и нелинейности работы материала обделок тоннелей и метрополитенов и соответствующие характеристики окружающего тоннель грунта, полученные экспериментальным путем.

5.4.6.7 Проверку прочности сечений бетонных и железобетонных обделок следует проводить по СП 63.13330, проверку прочности сечений чугунных тоннельных обделок по предельным состояниям — по СП 16.13330.

6 Геодезическо-маркшейдерские работы в тоннелях и метрополитенах

6.1 При строительстве наземных или подземных сооружений в технических зонах и реконструкции транспортных тоннелей и метрополитенов следует проводить маркшейдерские работы для наблюдения за деформациями конструкций сооружений по СП 126.13330, [13], [14]. Методы и требования к точности геодезических измерений — по ГОСТ 24846.

6.2 Результаты маркшейдерских наблюдений сопоставляют с ожидаемыми и допустимыми деформациями конструкций сооружения, рассчитанными по 5.4.6.1, с учетом фактического технического состояния конструкций тоннелей и метрополитенов.

6.3 С учетом конструктивных особенностей тоннелей и метрополитенов, ожидаемых значений деформаций и зон их распространения разрабатывают и в установленном порядке согласовывают проект наблюдательной станции, предусматривающий:

- создание опорно-планового обоснования геодезических измерений с точностью 1:35000 на участке ожидаемых деформаций;
- создание в зоне ожидаемых деформаций опорного высотного обоснования методом геометрического нивелирования класса II (как правило, создают по пунктам полигонометрии и в условных отметках);
- закладку в зоне деформаций с шагом 10—15 м деформационных реперов для контроля планового и высотного положения конструкций тоннеля и его геометрической формы.

Примечания

1 Опорно-плановое обоснование может быть выполнено в условных координатах, при этом в качестве опорных пунктов полигонометрии используют центры, заложенные с шагом не менее 40—50 м с обеих сторон вне зоны деформаций, первый из центров — не ближе 50 м от зоны деформаций.

2 Рекомендуемые точки закладки деформационных реперов в конструкциях тоннелей и метрополитенов:

- при глубоком заложении (закрытый способ производств работ) — лоток (путевой бетон), свод, по восьми радиусам для определения геометрии и осадок свода;
- при мелком заложении (открытый способ производства работ) — в стены по два репера на уровне головки рельса (УГР) и в перекрытии тоннеля для определения крена конструкций.

6.4 Опорно-плановое обоснование может быть создано методами:

- тоннельной триангуляции и тоннельной полигонометрии (в зависимости от длины трассы тоннеля между порталами) или использованием GPS-технологии (спутниковой системы позиционирования);
- методом основной полигонометрии.

6.5 При необходимости вести наблюдения за конструкциями тоннелей и метрополитенов в городской системе координат и высот в тоннели передают координаты и высоту от пунктов городской опорной сети не ниже 4-го класса полигонометрии или триангуляции, а также от городской сети класса нивелирования I или II.

6.6 Суммарная ошибка планово-высотного положения пункта подземного обоснования, созданного методом полигонометрии, на наибольшем удалении от федеральных или городских сетей не должна превышать ± 15 мм.

6.7 Ходы нивелирования класса II базируются на марках и реперах — федеральных или городских сетей классов I и II и прокладываются в виде сети замкнутых полигонов.

Невязка в ходах нивелирования между опорными реперами или в замкнутых полигонах не должна превышать ± 5 мм на 1000 м тоннеля.

6.8 При необходимости маркшейдерские наблюдения устанавливают по обеим ниткам рельс через 0,1 м, для чего проводят разметку на шейках рельс.

6.9 Угловые и линейные геодезические измерения выполняют тахеометром по ГОСТ Р ИСО 17123-5. Для проведения геодезических измерений необходимо иметь два комплекта высокоточных тахеометров, прошедших метрологическую экспертизу.

6.10 Геодезические работы при обследовании тоннелей и метрополитенов состоят в выполнении:

- нулевого (начального) цикла наблюдений за планово-высотными смещениями конструкций;
- ежемесячных маркшейдерских наблюдений за планово-высотными смещениями конструкций (при необходимости частота наблюдений увеличивается).

6.11 Нивелирование следует выполнять при двух горизонтах инструмента способом совмещения в прямом и обратном направлениях с использованием штрихкодовых реек. Неравенство расстояний от нивелира до реек не должно превышать 1,0 м, а накопление их в секции между соседними марками или реперами — 2,0 м. Высота визирного луча над поверхностью лотковой части тоннеля (над поверхностью земли) должна быть не менее 0,5 м.

Разница превышений прямого и обратного нивелирных ходов, подсчитанная между двумя нивелирными знаками или в полигоне, не должна превышать $0,5\sqrt{n}$, где n — число наблюдательных станций.

6.12 Ведение текущей маркшейдерской документации следует выполнять в соответствии с требованиями СП 126.13330, раздела 9.

7 Мониторинг технического состояния тоннелей и метрополитенов

7.1 Мониторинг технического состояния тоннелей и метрополитенов проводят для контроля их технического состояния и своевременного принятия мер по устранению возникающих негативных факторов, которые могут повлечь переход объектов в ограниченно работоспособное или аварийное состояние [4], [7], [14], [15].

7.2 Мониторинг технического состояния сооружений, попадающих в зону влияния строительства подземных и наземных сооружений в технических зонах тоннелей и метрополитенов, реконструкции, иных природно-техногенных воздействий, планируют до начала строительства или ожидаемого природно-техногенного воздействия.

7.3 Методика и объем системы наблюдений при мониторинге должны обеспечивать достоверность и полноту получаемой информации для подготовки исполнителем обоснованного заключения о текущем техническом состоянии объекта (объектов).

7.4 Используемые для наблюдений средства измерений и оборудование должны быть сертифицированы, поверены (калиброваны) и аттестованы уполномоченными органами.

7.5 В результате проведения каждого этапа мониторинга должна быть получена информация, достаточная для подготовки обоснованного заключения о текущем техническом состоянии здания или сооружения и выдачи краткосрочного прогноза о его состоянии на ближайший период.

7.6 Первоначальным этапом мониторинга технического состояния тоннелей и метрополитенов (за исключением выполняемого эксплуатирующей организацией) является обследование сооружения, при котором устанавливают категорию его технического состояния и определяют параметры (характеристики), которые требуют наблюдения при мониторинге.

7.7 При мониторинге технического состояния тоннелей и метрополитенов, находящихся в ограниченно работоспособном или аварийном состоянии, контролируют состояние конструкций и грунтов до выполнения работ по восстановлению или усилению объектов и во время проведения таких работ.

На каждом этапе мониторинга проводят следующие работы:

- определяют текущие параметры объекта и сравнивают их с параметрами, измеренными на предыдущем этапе;
- фиксируют степень изменения ранее выявленных дефектов и повреждений конструкций объекта и выявляют вновь появившиеся дефекты и повреждения;
- проводят повторные измерения деформаций, кренов, прогибов и т. п. и сравнивают их со значениями данных величин, полученными на предыдущем этапе;
- анализируют полученную на данном этапе мониторинга информацию и делают заключение о текущем техническом состоянии объекта.

7.8 При мониторинге тоннелей и метрополитенов, попадающих в зону влияния нового строительства и природно-техногенных воздействий, необходимо:

- определить абсолютные и относительные значения деформаций конструкций сооружений и сравнить их с расчетными и допустимыми значениями;
- выявить причины возникновения и степень опасности деформаций для нормальной эксплуатации объекта;

- принять меры, предотвращающие появление деформаций конструкций, или устранить последствия их появления;
- уточнить расчетные данные и физико-механические характеристики грунтов;
- уточнить расчетную схему сооружения с учетом влияния нового строительства;
- установить эффективность принимаемых профилактических и защитных мероприятий.

7.9 На основе результатов обследования и анализа поведения строительных конструкций, учета скорости развития негативных процессов в конструкциях и изменения их напряженно-деформированного состояния, ожидаемого от природно-техногенного воздействия на сооружение, разрабатывают автоматизированную стационарную систему (станцию) мониторинга технического состояния сооружения по пунктам 6.5.4, 6.5.5 ГОСТ 31937—2011.

8 Оформление результатов обследования

8.1 По результатам обследования транспортных тоннелей и метрополитенов составляют научно-технический отчет с заключением по техническому состоянию объекта в соответствии с [4].

8.2 Научно-технический отчет по результатам обследования тоннелей и метрополитенов в общем случае должен содержать:

- описание конструкций объекта, их характеристик и состояния;
- чертежи конструкций объекта с деталями и обмерами;
- дефектные ведомости по отдельным сооружениям объекта или объекту в целом;
- развертки внутренней поверхности сооружений с нанесенными на них дефектами в соответствии с дефектными ведомостями;
- поперечные сечения сооружений с основными размерами;
- анализ технического состояния конструкций;
- развертки (карты) состояния контакта сооружения с вмещающим грунтовым массивом с указанием зон разуплотнения грунтов и пустот в заобделочном пространстве, если таковые имеются;
- планы обмеров и разрезы объекта, планы и разрезы шурфов, скважин, чертежи вскрытий;
- геологические и гидрогеологические условия участка (при необходимости);
- результаты (в табличной и графической форме) магистральной подземной полигонометрии и подземного нивелирования;
- результаты наблюдений за высотными и плановыми смещениями конструкций сооружения.

8.3 Заключение по итогам обследования технического состояния объекта включает в себя:

- оценку технического состояния (категорию технического состояния) в соответствии с 5.1;
- результаты обследования, обосновывающие принятую категорию технического состояния объекта;
- обоснование наиболее вероятных причин появления дефектов и повреждений в конструкциях тоннельных сооружений и заобделочном пространстве (при наличии);
- рекомендации по восстановлению, усилению или ремонту конструкций (если необходимо) или задание на проектирование рекомендуемых мероприятий.

8.4 По результатам обследования выполняют корректировку паспорта сооружения при его наличии или оформление нового паспорта с учетом конструктивных особенностей сооружения в соответствии с СП 120.13330, СП 122.13330, [7].

9 Требования безопасности при проведении работ

9.1 При производстве работ по обследованию тоннелей и метрополитенов следует соблюдать правила техники безопасности в соответствии с [5], [6].

Примечания

1 Обследование эксплуатируемых сооружений метрополитена допускается проводить в соответствии с [4]:

- в машинных залах, наклонных эскалаторных тоннелях, в зоне действующих путей на станциях и тоннелях — только в ночное время, после окончания движения поездов и снятия напряжения с контактного рельса до 4 час 30 мин;
- в пассажирских залах станций и вестибюлей — не в пиковые часы;
- в технологических и служебных помещениях — круглосуточно.

2 Обследование автодорожных и железнодорожных тоннелей проводят в порядке, установленном эксплуатирующей организацией.

9.2 Перед обследованием эксплуатируемых тоннелей и метрополитенов разрабатывают план проведения работ, в котором должно быть обусловлено время проведения обследования и предусмотрены мероприятия, исключающие возможность нарушений правил техники безопасности работниками, проводящими обследование.

9.3 Лица, выполняющие обследование, должны пройти вводный (общий) инструктаж в отделе охраны труда предприятия, на котором выполняются работы, и непосредственно на объекте. Проведение инструктажа фиксируется в специальном журнале с росписью лица, проводившего инструктаж, и работника, прошедшего инструктаж.

Лица, выполняющие обследование, должны использовать защитные каски и спецодежду.

9.4 Для обеспечения непосредственного доступа к обследуемым конструкциям тоннелей и метрополитенов следует использовать технологические тележки, а при отсутствии таковых, подмости, леса, площадки, настилы, приставные лестницы, стремянки.

9.5 Все работы по осмотру, обмерам и испытаниям конструкций на высоте более 3 м, как правило, проводят с использованием средств по 9.4 с подмостей. Выполнение работ без подмостей допускается только при невозможности их устройства с обязательным применением предохранительных приспособлений.

9.6 В ходе выполнения работ по обследованию тоннелей и метрополитенов необходимо обеспечить сохранность сооружений, устройств и оборудования обследуемого объекта. В случае нарушения работы устройств и оборудования необходимо сообщить об этом техническому надзору эксплуатирующей организации.

10 Способы восстановления эксплуатационных характеристик тоннельных сооружений

10.1 Работы по восстановлению проектных характеристик конструкций транспортных сооружений выполняют как на стадии строительства, так и эксплуатации объекта.

На стадии строительства выполняют работы по устранению дефектов и повреждений, полученных в ходе строительства. На стадии эксплуатации объекта выполняют работы по восстановлению несущей способности отдельных конструкций или в целом сооружения, укрепление вмещающих тоннельное сооружение грунтов, различные виды ремонта бетонных, железобетонных и металлических конструкций.

Способ ремонта, усиления конструкций или вмещающих тоннельные сооружения грунтов выбирают в зависимости от влияния дефектов и повреждений на несущую способность и долговечность сооружения.

10.2 В соответствии с заключением по техническому состоянию тоннелей и метрополитенов или техническим заданием выполняют разработку проектно-сметной документации на проведение ремонтно-восстановительных работ.

10.3 Для восстановления эксплуатационных характеристик конструкций сооружений и защиты их от влияния нового строительства в технических зонах тоннелей и метрополитенов используют преимущественно следующие способы:

- повышение несущей способности, устойчивости и водонепроницаемости грунтов, окружающих тоннельные сооружения или находящихся в основании тоннелей и метрополитенов;
- восстановление тампонажного слоя и ликвидацию пустот (восстановление контакта «грунт—обделка») за обделками тоннельных сооружений;
- ликвидацию течей через ограждающие конструкции и восстановление гидроизоляции тоннельных сооружений, в том числе инъекционными способами, повышение водонепроницаемости конструкций нанесением защитных гидроизоляционных и антикоррозионных материалов;
- конструктивное усиление бетонных, железобетонных и чугунных обделок и иных конструкций тоннелей и метрополитенов:
- усиление бетонных и железобетонных обделок и других элементов конструкций, ликвидацию трещин в конструкциях тоннельных сооружений инъекционными методами;
- герметизацию стыков (чеканка стыков блоков или тюбингов обделки тоннелей, восстановление деформационных швов);
- устранение дефектов бетонных поверхностей (заделка сколов, каверн, восстановление защитного слоя бетона и т. п.);
- устранение коррозии металлических конструкций и арматуры.

10.4 Разработку проектной документации выполняют на основе данных о техническом состоянии тоннельных сооружений, полученных при обследовании тоннельных сооружений в соответствии с требованиями ГОСТ Р 21.1101, СП 120.13330, СП 122.13330.

При разработке проекта учитывают фактические данные о размерах конструкций, несущей способности, новых нагрузках на конструкцию, о фактических характеристиках бетона и стали, количестве арматуры и ее классе, состоянии сварных швов, наличие влияющих на несущую способность дефектов, при необходимости, состояние контакта «грунт—обделка» и характеристики грунтового массива, вмещающего тоннельное сооружение, полученные в результате обследования сооружения в соответствии с положениями раздела 5.

10.5 Для укрепления грунтов в основании сооружений или окружающего тоннельное сооружение грунтового массива в целях повышения их несущей способности, устойчивости, водонепроницаемости используют преимущественно инъекционные способы преобразования свойств грунтов.

Выбор способа укрепления грунтов зависит от цели укрепления и требований к укрепленному грунту, характеристик грунтов (вида, пористости, коэффициента фильтрации грунтов и т. п.) и инженерно-строительных условий проведения работ (возможности производства инъекционных работ с дневной поверхности или из тоннелей и специальных выработок).

Выбор способа укрепления грунтов для повышения его прочностных и/или противофильтрационных свойств в зависимости от перечисленных выше условий и данных по грунтам, проектирование и производство инъекционных работ выполняют по СП 120.13330, [16].

10.6 Для восстановления контакта «грунт—обделка» выполняют работы по заполнению пустот и разуплотнений грунтового массива, а также восстановлению тампонажного слоя, заполняющего строительный зазор, образующийся при проходке тоннелей между наружным контуром обделки и грунтовым массивом.

Основой для разработки проектной документации на заполнение пустот, разуплотнений грунта и восстановление тампонажного слоя являются результаты геофизического обследования заобделочного пространства тоннелей и метрополитенов.

Работы по восстановлению контакта «грунт—обделка» и тампонажного слоя выполняют из тоннелей при глубоком их заложении (закрытый способ сооружения) и из тоннелей или с дневной поверхности при мелком заложении тоннеля (открытый способ сооружения).

Разработку проектной документации и производство работ по восстановлению контактного слоя «грунт—обделка» и тампонажного слоя за обделкой выполняют в соответствии с СП 120.13330, [17], [18].

10.7 Для уменьшения и ликвидации обводненности и течей через конструкции тоннельных сооружений, выносов заобделочного грунта в тоннели восстанавливают или повышают водонепроницаемость окружающего тоннель грунтового массива путем использования инъекционных способов по 10.5 или устройства, при возможности, дополнительной гидроизоляции сооружений (внутренней в тоннелях глубокого заложения, внутренней или наружной в тоннелях мелкого заложения) с учетом правил по [19].

Для защиты тоннельных сооружений от обводнения при мелком их заложении используют инъекционные способы по 10.5, водоотведение поверхностных вод и другие способы водозащиты сооружений в соответствии с СП 103.13330, СП 116.13330.

В случае техногенного обводнения (утечки из инженерных коммуникаций) грунтового массива, вмещающего тоннельное сооружение, выполняют герметизацию коммуникаций и работы по повышению плотности и водонепроницамости грунтового массива по 10.5.

Способы защиты тоннелей при техногенном воздействии на подземные тоннельные сооружения в зависимости от вида воздействия выбирают по СП 103.13330, СП 116.13330, СП 120.13330.

Способ водопонижения используют для кратковременного понижения уровня грунтовых вод и отвода их от эксплуатируемого тоннельного сооружения на период восстановления гидроизоляции тоннелей. Проектирование и производство работ по водопонижению выполняют по СП 120.13330.

10.8 При наличии биологической и химической агрессии, выноса нефтепродуктов, промышленных стоков и т. п. при мелком заложении тоннелей выполняют работы по дополнительной гидроизоляции тоннельной обделки (нагнетание специальных растворов за обделку, чеканку стыков, при возможности, торкретирование внутренней поверхности обделки) и последующему ремонту поврежденной тоннельной обделки путем нанесения защитных покрытий.

При необходимости выполняют очистку или полную замену грунта, прилегающего к обделке тоннелей мелкого заложения.

10.9 Конструктивное усиление обделок, несущих и ограждающих элементов тоннельных сооружений (установка и монтаж дополнительных арок, металлических рам, усиление обделок набрызгбетоном и т. п.) выполняют по утвержденной проектной документации, разработанной с учетом габаритов тоннельных сооружений, результатов расчета напряженно-деформированного состояния конструкций. Разработку проектной документации ведут с учетом требований СП 16.13330, СП 20.13330, СП 120.13330, СП 122.13330.

При разработке проектной документации необходимо учитывать:

- внутренние габариты тоннельных сооружений;
- результаты расчетов напряженно-деформированного состояния конструкций;
- данные об имевших место аварийных состояниях конструкций за весь период до момента проектирования усиления;
- данные о ранее имевших место усилениях конструкций;
- данные о новых нагрузках, режимах эксплуатации;
- сведения об основных дефектах конструкций, оказывающих влияние на несущую способность, снижение долговечности и ухудшение эксплуатационных свойств конструкций.

10.10 Усиление и ремонт бетонных и железобетонных конструкций тоннельных сооружений выполняют путем герметизации трещин инъекционными методами. Для инъекции трещин используют материалы на основе цементов, различных полимеров, синтетических каучуков, модифицированных эпоксидных смол и т. п. по [10], [20], [21], обладающие высокой проникающей способностью.

Выбор конкретного материала для ремонтных работ проводят для каждого конструктивного элемента в зависимости от целей инъекции и характеристик трещин.

Поверхностные трещины, не влияющие на прочность и коррозионную стойкость конструкций, рекомендуется заделывать путем нанесения на бетон ремонтных составов.

10.11 Для ликвидации активных течей через трещины, стыки бетонных и железобетонных тоннельных конструкций, деформационные швы, локальных выносов грунта в тоннель используют нагнетание инъекционных растворов за обделку тоннелей для повышения водонепроницаемости тампонажного слоя и прилегающего к тоннелю грунтового массива по СП 116.13330, [16].

Инъекционные растворы на основе полимерных или цементно-полимерных материалов нагнетают за обделку для создания по ее внешнему контуру водонепроницаемого слоя грунта.

10.12 При обводненности заобделочного пространства тоннелей и наличии активных течей для создания гидроизоляционного слоя по внешнему контуру обделки за обделку нагнетают инъекционные смеси на основе полиуретанов, синтетических каучуков, акриламидов, бентонитовых и других материалов.

Дополнительно выполняют инъекцию трещин, швов, стыков конструкций составами на основе цемента и полимеров (полиуретанов, синтетических каучуков, эпоксидных смол и т.п.) по п.10.10.

Герметизацию стыков чугунных обделок тоннелей и метрополитенов выполняют в соответствии с [21].

Намокающие поверхности бетона обрабатывают гидроизоляционными проникающими составами, заполняющими мелкие трещины и поры в бетоне и повышающими его водонепроницаемость.

10.13 Ремонт гидроизоляции тоннелей открытого способа работ выполняют путем ее замены (при возможности) способами по 10.7 и в соответствии с [19].

10.14 В случае необходимости при соблюдении требуемых габаритов тоннелей и метрополитенов закрытого способа работ выполняют устройство дополнительной внутренней гидроизоляции битумно-полимерными материалами с защитой их бетонной рубашкой или набрызгбетоном или выполняют устройство металлоизоляции.

10.15 При значительной коррозии арматуры выполняют установку новой арматуры или усиливают существующую. Дополнительную арматуру устанавливают при восстановлении или необходимости повышения несущей способности конструктивных элементов.

Обнаженную арматуру железобетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, перед восстановлением защитного слоя покрывают антикоррозионным составом. Выбор материалов для защиты закладных деталей и арматуры от коррозии и порядок проведения работ определяют по ГОСТ 32016, ГОСТ 32017, [10].

10.16 Ремонт бетонной поверхности (выбоины, сколы, каверны), восстановление защитного слоя бетона выполняют ремонтными материалами на основе цементов с добавками, повышающими адгезионные и прочностные свойства материала. Выбор материалов осуществляют с учетом характеристик материала тоннельной конструкции в соответствии с ГОСТ 32943, ГОСТ Р 56378, [10], [20] — [22].

Приложение А
(справочное)

Характерные дефекты тоннельных сооружений и грунтового массива

А.1 Природно-техногенное воздействие окружающей среды на тоннели и метрополитены зависит от глубины заложения и способа сооружения тоннелей и метрополитенов (открытый, закрытый, щитовой, буровзрывной) и инженерно-геологических условий трассы сооружения.

А.2 Конструкции тоннелей и метрополитенов выполняют из монолитных бетонных, преимущественно сборных железобетонных и стальных (чугунных) элементов (материалов).

А.3 В конструкциях тоннелей и метрополитенов могут иметь место дефекты и повреждения, возникающие на стадиях их изготовления, транспортирования, монтажа и эксплуатации объекта:

а) технологические трещины – усадочные, образующиеся в незатвердевшем бетоне вследствие усадочных деформаций бетона при плохом уходе за его поверхностью, а также осадочные, возникающие вследствие неравномерной осадки бетонной смеси при ее уплотнении или при деформации опалубки (эти трещины имеют рваные края, резко изменяющиеся по длине раскрытия);

б) температурно-усадочные повреждения, возникающие в затвердевшем бетоне вследствие его плохой тепловлажностной обработки и обычно проявляющиеся в виде трещин с раскрытием до 0,2 мм;

в) дефекты бетонирования – раковины и каверны, места с вытекшим цементным раствором, обнажение арматуры или недостаточная толщина защитного слоя;

г) другие повреждения – сколы бетона, силовые трещины из-за непредвиденных воздействий (возникают обычно в слабоармированных местах).

А.4 При действии на железобетонные конструкции нагрузок и воздействий могут возникать следующие виды трещин:

- силовые трещины в бетоне – поперечные в растянутых элементах и растянутых зонах изгибаемых элементов, продольные в сжатых элементах и сжатых зонах изгибаемых элементов, косые (наклонные) в стенках блоков обделки, раскрытие трещин более 0,2 мм в растянутых зонах и раздробление бетона в сжатых зонах обделки;
- трещины от местного действия нагрузки в зонах установки анкеров напрягаемой арматуры, в местах опирания конструкций и стыков элементов обделки и в других подобных местах.

Образование и раскрытие этих трещин ограничивают (контролируют) расчетами по трещиностойкости, а в сжатой зоне бетона – дополнительно расчетами по прочности.

А.5 Температурно-усадочные трещины, возникающие от неравномерных по сечению конструктивного элемента деформаций, усадки бетона, образуют сетку поверхностных трещин и, суммируясь с напряжениями от нагрузки, способствуют образованию силовых трещин.

А.6 Продольные трещины вдоль арматуры возникают из-за стесненной арматурой усадки бетона, замерзания сырого инъекционного раствора в каналах или из-за коррозии арматуры в бетоне. Данные факторы могут ускорять появление продольных трещин от обжатия бетона.

А.7 Наиболее опасными образующимися в процессе эксплуатации объекта являются горизонтальные трещины, сколы бетона вблизи горизонтальных стыков, свидетельствующие о перенапряжении конструкции с большими деформациями.

А.8 Причинами развития коррозии арматуры могут быть: недостаточная толщина защитного слоя бетона, низкая плотность бетона защитного слоя и, как следствие, потеря бетоном защитных свойств (например, в результате карбонизации), особенно опасная в условиях агрессивного воздействия среды (чаще всего хлористых солей).

Значения раскрытия трещин в этих случаях бывают равны примерно двойной толщине продуктов коррозии (ржавчины) на арматурном стержне или пучках стержней. Толщина продуктов коррозии, как правило, превышает толщину прокорродировавшего металла в 2,5–3 раза.

А.9 В конструкциях могут возникнуть коррозионные повреждения в виде растрескивания поверхности бетона, разрыхления и последующего разрушения наружных слоев, связанные с попеременным замерзанием и оттаиванием бетона во влажной среде (размораживание) при открытом способе возведения конструкций тоннелей и метрополитенов или воздействием агрессивной среды при обводнении подземных конструкций.

А.10 Деформации отдельных колец обделки проявляются в виде разрушения заполнения чеканочных канавок между отдельными элементами обделки и появления трещин в путевом бетоне.

А.11 В конструкциях (обделках) тоннелей и метрополитенов из-за неисправностей водоотвода, нарушения гидроизоляции, обводнения конструкций техногенными водами происходит выпуск воды, в том числе с заобделочным грунтом, через стыки конструкций внутрь тоннельных сооружений, что влечет за собой образование высолов (продуктов выщелачивания бетона). Высолы могут образовываться и на стадии строительства до устройства гидроизоляции, омоноличивания стыков и заделки различных технологических отверстий.

А.12 Разуплотнение грунтов в заобделочном пространстве приводит к возникновению нагрузок на тоннельные обделки, их перераспределению и изменению напряженно-деформированного состояния конструкций тоннельных сооружений.

А.13 Нарушение гидроизоляции сборных железобетонных обделок (нарушение герметизирующего уплотнения по контуру блока обделки), оклеечной, наплавляемой или напыляемой гидроизоляции тоннелей открытого способа работ ведет к появлению течей и намоканий конструкций тоннелей и метрополитенов.

А.14 Воздействие агрессивной (техногенной) среды на бетонные конструкции и гидроизоляцию тоннелей и метрополитенов ведет к коррозионному разрушению бетона и образованию слоя ржавчины, сопровождающееся уменьшением сечения рабочей арматуры и нарушением сцепления с бетоном, признаками которых являются наличие на поверхности бетона ржавых пятен или мелкой сетки трещин, отслаивание бетона, образование сталактитов в местах течей, разрыхление бетона.

А.15 Биологическая и химическая агрессии могут быть обусловлены бактериальным загрязнением почвы и грунтовых вод, утечками из канализационных коллекторов, наличием органических загрязнений грунтов и грунтовых вод, попаданием горючего и смазочных материалов (ГСМ) через грунт на обделку, наличием в грунтовых водах повышенного содержания сульфат-, хлорид-, магний-ионов, ионов тяжелых металлов (6-валентного хрома, марганца, меди, цианидов, ртути, цинка), усугублением коррозионных процессов наличием блуждающих токов.

А.16 Дефекты, определяемые стандартом как каждое отдельное несоответствие продукции требованиям, установленным нормативной документацией, подразделяются в зависимости от значимости в соответствии с [7], [22]:

- критический – дефект, при наличии которого снижается безопасность работ, прочность, надежность и долговечность сооружения; эксплуатация сооружения при данном дефекте практически невозможна;
- значительный – дефект, несущественно влияющий на безопасность работ, но снижающий прочность, надежность и долговечность сооружения в эксплуатации;
- малозначительный – дефект, который не оказывает существенного влияния на безопасность работ, прочность, надежность и долговечность сооружения в эксплуатации.

Приложение Б
(справочное)

Классификация дефектов и их влияние на техническое состояние сооружения

Таблица Б.1

Вид дефектов и повреждений	Возможные причины появления	Возможные последствия
1 Волосяные трещины, не имеющие четкой ориентации, появляющиеся при изготовлении, в основном на верхней поверхности	Усадка в результате принятого режима тепловлажностной обработки, состава бетонной смеси, свойств цемента и т.п.	На несущую способность не влияют. Могут снизить долговечность
2 Волосяные трещины вдоль арматуры, иногда следы ржавчины на поверхности бетона	а) Коррозия арматуры (слой коррозии не более 0,5 мм) при потере бетоном защитных свойств (например, при карбонизации)	Снижение несущей способности до 5 %. Снижение долговечности
	б) Раскалывание бетона при нарушении сцепления с арматурой	
	в) Раскалывание бетона при нарушении сцепления с арматурой	Возможно снижение несущей способности. Степень снижения зависит от многих факторов и должна оцениваться с учетом наличия других дефектов и результатов поверочного расчета
	Механические воздействия	При расположении: - в сжатой зоне — снижение несущей способности за счет уменьшения площади сечения; - в растянутой зоне — на несущую способность не влияют
3 Сколы бетона	Развиваются в результате коррозии арматуры из волосных трещин (см. пункт 2 настоящей таблицы). Толщина продуктов коррозии не более 3 мм	Снижение несущей способности в зависимости от толщины слоя коррозии и объема выключенного из работы бетона сжатой зоны. Уменьшение несущей способности нормальных сечений в результате нарушения сцепления арматуры. Степень снижения оценивают расчетом. При расположении на опорных участках — аварийное состояние
4 Трещины вдоль арматурных стержней не более 3 мм	Коррозия арматуры (дальнейшее развитие дефектов см. в пунктах 2 и 5 настоящей таблицы)	Снижение несущей способности в зависимости от уменьшения площади сечения арматуры в результате коррозии и уменьшения размеров поперечного сечения сжатой зоны. Снижение прочности нормальных сечений в результате нарушения сцепления арматуры с бетоном. При расположении дефектов на опорном участке — аварийное состояние
5 Отслоение защитного слоя бетона		

Продолжение таблицы Б.1

Вид дефектов и повреждений	Возможные причины появления	Возможные последствия
6 Нормальные трещины в изгибаемых конструкциях и растянутых элементах конструкций шириной раскрытия для стали классов: A-I — более 0,5 мм; A-II, A-III, A-IIIB, A-IV — более 0,4 мм; в остальных случаях — более 0,3 мм	Перегрузка конструкций, смещение растянутой арматуры. Для предварительно напряженных конструкций — малое значение натяжения арматуры при изготовлении	Снижение долговечности, недостаточная несущая способность
7 То же, что и в пункте 6 настоящей таблицы, но имеются трещины с разветвленными концами	Перегрузка конструкций в результате снижения прочности бетона или нарушения сцепления арматуры с бетоном	Возможно аварийное состояние
8 Наклонные трещины со смещением участков бетона относительно друг друга и наклонные трещины, пересекающие арматуру	Перегрузка конструкций. Нарушение анкеровки арматуры	Аварийное состояние
9 Повреждение арматуры и закладных деталей (надрезы, вырывы и т.п.)	Механические воздействия, коррозия арматуры	Снижение несущей способности пропорционально уменьшению площади сечения
10 Выпучивание сжатой арматуры, продольные трещины в сжатой зоне, шелушение бетона сжатой зоны	Перегрузка конструкций	Аварийное состояние
11 Коррозионное поражение арматуры	Нарушение сцепления арматуры с бетоном: - обнажение арматуры с отрывом бетона; -образование слоя ржавчины и уменьшение сечения рабочей арматуры	Снижение несущей способности пропорционально уменьшению площади сечения, в отдельных случаях — аварийное состояние
12 Уменьшение площадок опирания конструкций по сравнению с проектными	Ошибки при изготовлении и монтаже	Степень снижения несущей способности определяется расчетом
13 Разрывы или смещения поперечной арматуры в зоне наклонных трещин	Перегрузка конструкций	Аварийное состояние
14 Отрыв анкеров от пластин закладных деталей, деформации соединительных элементов, расстройство стыков	Наличие воздействий, не предусмотренных при проектировании	Аварийное состояние
15 Трещины силового характера в стенах и перекрытиях монолитных конструкций, появляющиеся после снятия опалубки или спустя некоторое время	Температурно-усадочные усилия, возникающие при условиях, стесняющих деформации	При раскрытии больше допустимого — снижение долговечности. Влияние на жесткость и прочность оценивается расчетом
16 Биологическая, химическая агрессия, вынос нефтепродуктов, промышленных стоков и т. п. при мелком заложении тоннелей	Техногенное воздействие окружающей среды	Снижение несущей способности за счет снижения прочности бетона до 30 %
17 Трещины и сколы блоков тоннельной обделки, на все сечение элемента, менее ½ сечения элемента	Превышение давления щитовых домкратов при щитовой проходке тоннеля	Снижение несущей способности тоннельных конструкций (определяется расчетом)

Окончание таблицы Б.1

Вид дефектов и повреждений	Возможные причины появления	Возможные последствия
18 Пониженная плотность и прочность бетона (пористость, каверноздность, щебенистость) в зонах холодных, рабочих, деформационных швов, защитного слоя бетона, закладных деталей	Деформации отдельных колец или секций обделок	Снижение несущей способности ограждающих конструкций тоннелей и метрополитенов
19 Несоответствие характеристик материала гидроизоляции требованиям нормативных документов для конкретных инженерно-геологических условий	Ошибки проектирования	Течи и обводнения тоннельных конструкций – снижение эксплуатационных характеристик объектов
20 Нарушение сплошности и водонепроницаемости гидроизоляции тоннелей открытого способа работ	Нарушение технологии устройства гидроизоляции	Разрушение бетона конструкций, коррозия металла и арматуры. Снижение эксплуатационных характеристик объектов
21 Нарушение уплотнительного контура гидроизоляции стыков сборной обделки тоннелей при монтаже колец	Нарушение технологии монтажа сборной обделки тоннелей	Снижение прочностных и противофильтрационных характеристик ограждающих конструкций
22 Разрушение материала заполнения чеканочных канавок между отдельными элементами обделки	При эксплуатации тоннелей и метрополитенов (в том числе вибрационные воздействия от подвижного состава)	Водообводненность конструкций и снижение эксплуатационных характеристик объекта
23 Несоответствие характеристик тампонажного раствора (камня) требованиям нормативных документов и инженерно-геологическим условиям	Ошибки проектирования и отсутствие контроля качества тампонажных растворов	–
24 Разрушение тампонажного слоя и контакта «грунт–обделка»	Нарушение технологии нагнетания растворов за тоннельную обделку, техногенное воздействие окружающей среды (обводнение грунтового массива, воздействие агрессивной среды), новое строительство	Разуплотнение грунтового массива – изменение напряженно-деформированного состояния конструкций, снижение несущей способности (определяется расчетом), аварийные ситуации. Водообводнение тоннельных конструкций с ухудшением эксплуатационных характеристик объекта
25 Снижение прочностных и противофильтрационных характеристик грунтов за обделками тоннелей	Техногенное воздействие окружающей среды, в том числе наземного строительства, на ограждающие конструкции тоннелей и метрополитенов	Изменение напряженно-деформированного состояния конструкций, снижение несущей способности (определяется расчетом), аварийные ситуации. Водообводнение тоннельных конструкций с ухудшением эксплуатационных характеристик объекта

Приложение В
(справочное)

Классификация и причины возникновения дефектов и повреждений в металлических конструкциях

Таблица В.1

Вид дефектов и повреждений	Возможные причины появления
Отклонения от геометрических размеров (размеров сечений, длин элементов, генеральных размеров конструкций), принятых в проекте, способствующие ослаблению элементов и внецентренному приложению нагрузок	Ошибки при изготовлении и монтаже металлических конструкций из-за несоблюдения допусков
Расцентровка и неточная подгонка элементов в узлах сопряжений	Ошибки проектирования, нарушения точности при изготовлении и монтаже
Искривления элементов металлических конструкций, превышающие допустимые	Отсутствие правки металла перед изготовлением конструкций, появление остаточных сварных напряжений, нарушения правил транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации металлических конструкций
Местные погибы элементов металлических конструкций	Нарушения правил транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации металлических конструкций
Отклонения металлических конструкций от проектного положения	Нарушения точности при изготовлении и монтаже; нарушения правил эксплуатации
Вырезы, ослабляющие сечения элементов	Нарушения правил эксплуатации
Хрупкие или усталостные трещины в основном металле	Конструктивные недоработки, неправильный выбор марки стали при эксплуатации конструкций в условиях вибрационных и динамических нагрузок
Расстройство болтовых и заклепочных соединений	Конструктивные недостатки, не учтены особенности силового нагружения
Разрушение защитных покрытий и коррозия металла	Низкое качество защитных материалов, их неправильный выбор, нарушение правил эксплуатации
Деформации конструкций	Неравномерные осадки и крены фундаментов, температурные воздействия, нарушение правил эксплуатации
Трещины в сварных швах	Конструктивные недоработки, влияние остаточных сварных напряжений из-за нарушения режима сварки

Приложение Г
(справочное)

Ведомость дефектов тоннельных конструкций

№ п/п	Пикет (ПК), № колец, № блоков, локализация	Наименование объекта, тип и описание дефекта, проявление	Параметры	Примечание, С, Э
Примечание — Дефекты возникли при строительстве (С), при эксплуатации (Э).				

Библиография

[1] Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

[2] Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. №190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации» (с изменениями)

[3] СП 13-102—2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений

[4] Методика комплексного обследования состояния строительных конструкций сооружений метрополитена, попадающих в зону влияния строительства городских объектов (утверждена ОАО ЦНИИС и ГУП «Московский метрополитен» 30 декабря 2005 г.)

[5] СНиП 12-04—2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство

[6] ПБ 03-428—02 Правила безопасности при строительстве метрополитенов подземных сооружений (утверждены Постановлением Госгортехнадзора России от 1 ноября 2001 г. № 49

[7] Руководство по техническому диагностированию автодорожных тоннелей (утверждено Минтрансом России от 4 декабря 2000 г. № АВ-22-р)

[8] Руководство по автоматизированному расчету обделок подземных транспортных сооружений (утверждено ВНИИтрансстрой 12 ноября 1987 г.)

[9] Инструкция о порядке производства работ посторонними организациями в эксплуатируемых сооружениях Московского метрополитена от 28 декабря 2000 г.

[10] Руководство по ремонту бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений с учетом обеспечения совместимости материалов (второе издание, переработанное и дополненное) —М: ОАО ЦНИИС, 2010

[11] СП 11-105—97 Часть I Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ

[12] СП 11-105—97 Часть VI Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть VI. Правила производства геофизических исследований

[13] РД 07-603—03 Инструкция по производству маркшейдерских работ (утверждена постановлением Госгортехнадзора России от 6 июня 2003г. №73)

[14] РД 07-166—97 Инструкция по наблюдениям за сдвижениями земной поверхности и расположенными на ней объектами при строительстве в Москве подземных сооружений (утверждена постановлением Госгортехнадзора России от 17 сентября 1997 г. №29)

[15] ВСН 160-69 Инструкция по геодезическим и маркшейдерским работам при строительстве транспортных тоннелей

[16] СТО НОСТРОЙ 2.3.18—2011 Освоение подземного пространства. Укрепление грунтов инъекционными методами в строительстве

[17] СТО НОСТРОЙ 2.27.19—2011 Освоение подземного пространства. Сооружение тоннелей тоннелепроходческими механизированными комплексами с использованием высокоточной обделки

[18] ВСН 132–92 Правила производства и приемки работ по нагнетанию растворов за тоннельную обделку

[19] СТО НОСТРОЙ 2.27.108—2015 Освоение подземного пространства. Гидроизоляция транспортных тоннелей и метрополитенов, сооружаемых открытым способом. Правила проектирования, производства и приемки работ

[20] МГСН 2.09—93 Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений

[21] ЕН 1504 Материалы и системы для ремонта и защиты бетонных конструкций

[22] ВСН 130—92 Правила производства и приемки работ по герметизации стыков и отверстий сборных тоннельных обделок при закрытом способе строительства

УДК 624.1:006.354 ОКС 93.060

Ключевые слова: тоннели, метрополитены, техническое состояние, обследование, конструкции сооружений, грунтовый массив, восстановление эксплуатационных характеристик, укрепление грунтов, усиление конструкций

Редактор *Г.О. Смирнова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *А.С. Тыртышного*

Сдано в набор 08.11.2016. Подписано в печать 16.11.2016. Формат 60 × 84 $^{1}/_{8}$. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,37. Тираж 31 экз. Зак. 2810.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru