

МИНИСТЕРСТВО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОД ПРАВИЛ

СП 122.13330.2012

**ТОННЕЛИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ  
И АВТОДОРОЖНЫЕ**

Актуализированная редакция

**СНиП 32-04-97**

Издание официальное

Москва 2012

## Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила разработки – постановлением Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2008 г. № 858 «О порядке разработки и утверждения сводов правил».

### Сведения о своде правил

1 ИСПОЛНИТЕЛИ: ОАО «Научно-исследовательский институт транспортного строительства» (ОАО ЦНИИС); ОАО «Научно-исследовательский, проектно-изыскательский институт транспортного строительства» (ОАО «НИПИИ» ЛМГТ); Тоннельная ассоциация России

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Департаментом архитектуры, строительства и градостроительной политики

4 УТВЕРЖДЕН приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от № и введен в действие с

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

*Информация об изменениях к настоящему актуализированному своду правил публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте разработчика (Минрегион России) в сети Интернет*

© Минрегион России, 2012

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Минрегиона России

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ .....</b>	<b>.....</b>
<b>2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ .....</b>	<b>.....</b>
<b>3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....</b>	<b>.....</b>
<b>4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>.....</b>
<b>5 ОБЩИЕ ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОДОРОЖНЫХ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.1 Исходные данные для проектирования тоннелей .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.2 Инженерные изыскания для разработки проекта строительства тоннеля .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.3 Объемно-планировочные решения .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.3.1 Общие требования .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.3.2 Поперечное сечение, продольный профиль и план .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.3.3 Расположение притоннельных сооружений</b>	
<b>5.4 Строительные конструкции и материалы обделок .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.4.1 Общие требования .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.4.2 Материалы .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.4.3 Общие конструктивные требования .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.4.4 Конструкции обделок тоннелей, сооружаемых открытым и полужакрытым способами .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.4.5 Конструкции обделок тоннелей, сооружаемых закрытым способом ...</b>	<b>.....</b>
<b>5.4.6 Гидроизоляция обделок и защита от коррозии .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.4.7 Конструкции притоннельных сооружений .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.5 Нагрузки и воздействия .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.5.1 Виды нагрузок и воздействий .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.5.2 Постоянные нагрузки .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.5.3 Временные и особые нагрузки и воздействия .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.6 Расчет конструкций подземных сооружений .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.7 Сооружение тоннелей .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.7.1 Организации строительства тоннелей .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.7.2 Сооружение тоннелей открытым и полужакрытым способом .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.7.3 Сооружение тоннелей закрытым способом .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.7.4 Сооружение тоннелей щитовым методом .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.7.5 Сооружение тоннелей мелкого заложения .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.7.6 Специальные способы работ .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.7.7 Транспортирование грунта и материалов .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.7.8 Требования промышленной (технической) безопасности и охранные мероприятия при производстве тоннельных работ .....</b>	<b>.....</b>
<b>5.8 Геодезическо-маркшейдерское обеспечение .....</b>	<b>.....</b>

<b>5.9 Устройства и системы, обеспечивающие строительство тоннелей .....</b>	
5.9.1 Водоотлив .....	
5.9.2 Электроснабжение .....	
5.9.3 Электрооборудование и электроосвещение .....	
5.9.4 Заземление и зануление .....	
5.9.5 Вентиляция .....	
<b>5.10 Монтаж оборудования в транспортных тоннелях .....</b>	
<b>5.11 Контроль качества и приемка работ .....</b>	
<b>5.12 Противопожарная защита .....</b>	
5.12.1 Общие требования .....	
5.12.2 Ситуационный и генеральный планы .....	
5.12.3 Огнестойкость строительных конструкций .....	
5.12.4 Система обнаружения и извещения о пожаре .....	
5.12.5 Пути эвакуации и эвакуационные выходы .....	
<b>5.13 Инженерно-технические мероприятия по предупреждению чрезвычайной ситуации .....</b>	
<b>5.14 Охрана окружающей среды .....</b>	
<b>УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ЭКСПЛУАТАЦИЮ АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ .....</b>	
<b>6.1 Конструкции дорожной одежды .....</b>	
<b>6.2 Эксплуатационные устройства и оборудование автодорожных тоннелей .....</b>	
6.2.1 Общие требования .....	
6.2.2 Электроснабжение и электроустановки .....	
6.2.3 Электроосвещение .....	
6.2.4 Вентиляция .....	
6.2.5 Водопровод, водоотвод и устройства водоотлива .....	
6.2.6 Системы, обеспечивающие организацию и безопасность дорожного движения .....	
6.2.7 Системы управления комплексом инженерных систем .....	
6.2.8 Системы связи, громкоговорящего оповещения и часофикации .....	
6.2.9 Система безопасности тоннелей .....	
<b>УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ .....</b>	
<b>7.1 Верхнее строение пути .....</b>	
<b>7.2 Эксплуатационные устройства и оборудование .....</b>	
7.2.1 Электроснабжение и электрооборудование .....	
7.2.2 Электроосвещение .....	
7.2.3 Автоматика, сигнализация, связь .....	
7.2.4 Заземление и зануление .....	
7.2.5 Вентиляция .....	



7.2.6 Водоотводные и дренажные устройства .....	
Приложение А (обязательное) Нормативные ссылки .....	
Приложение Б (обязательное) Термины и определения .....	
Приложение В(обязательное)Предельные отклонения и методы операционного контроля параметров конструкции, профиля выработки и производства отдельных видов строительно-монтажных работ .....	
Приложение Г (рекомендуемое) Расчет пропускной способности автотранспортных тоннелей .....	
Библиография .....	

## **ВВЕДЕНИЕ**

Настоящий свод правил составлен с целью повышения уровня надежности и эффективности тоннельных сооружений на путях сообщения, сохранности материальных ценностей, повышения эксплуатационной надежности тоннелей в соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Учитывались также требования Федерального закона от 22 июля 2006 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и сводов правил системы противопожарной защиты.

Свод правил содержит нормы по проектированию новых и реконструируемых автодорожных и железнодорожных тоннелей, в том числе устройства и системы, обеспечивающие эксплуатацию этих тоннелей, строительство тоннелей и приемку их в эксплуатацию.

### **Работа выполнена коллективом**

при участии:

---

**ТОННЕЛИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ И АВТОДОРОЖНЫЕ**  
**RAILWAYS AND HIGHWAY TUNNELS**

---

*Дата введения*

## **1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

Настоящий свод правил распространяется на проектирование и строительство новых и реконструкцию действующих тоннелей на железных дорогах общей сети колеи 1520 мм и на автомобильных дорогах общего пользования всех категорий.

Настоящий свод правил может быть использован при проектировании тоннелей, сооружаемых на железнодорожных высокоскоростных (свыше 200 км/ч) пассажирских линиях, на скоростных автомагистралях (с расчетной скоростью движения более 150 км/ч), и уникальных автотранспортных тоннелей или тоннелей смешанного движения безрельсового и рельсового транспорта в разных уровнях, если заданием на их проектирование не предусмотрена разработка специальных технических условий.

## **2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

В настоящем своде правил использованы ссылки на нормативные документы, приведенные в приложении А.

*Примечание* – При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим сводом правил следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

## **3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

В настоящем своде правил применены термины и определения в соответствии с приложением Б.

## **4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

4.1 Тоннели в течение всего срока их службы (ГОСТ Р 27.002) должны удовлетворять требованиям бесперебойности и безопасности движения транспортных средств, экономичности и наименьшей трудоемкости содержания строительных конструкций и постоянных устройств, обеспечения здоровья и безопасных условий труда обслуживающего персонала, а также требованиям охраны окружающей среды.

4.2 Железнодорожные и автодорожные тоннели следует относить к I повышенному уровню ответственности сооружений, отказы которых могут привести к тяжелым экономическим, социальным и экологическим последствиям (ГОСТ Р 54257).

4.3 Основные технические решения, принимаемые при проектировании тоннелей, - расположение их в плане и профиле, определение целесообразности строительства двухпутного или двух однопутных железнодорожных тоннелей или количества автодорожных тоннелей для размещения требуемого числа полос движения, тип и форма поперечного сечения обделки, способы ее защиты от грунтовых вод и др. - должны обосновываться путем сравнения технико-экономических показателей вариантов с учетом приведенных затрат на строительство и эксплуатацию сооружения.

4.4 Следует избегать расположения тоннелей в зонах тектонических разломов, оползневых участков, в местах повышенного водосбора (в логах, под седловинами водоразделов и т.д.), в карстоопасных районах, а порталов и припортальных участков тоннеля - в местах возможного схода снежных лавин, селевых потоков и камнепадов.

4.5 Принимаемые технические решения, конструкции и материалы должны обеспечивать срок службы тоннельных обделок не менее 100 лет. Межремонтные сроки строительных конструкций постоянных устройств должны составлять не менее 50 лет.

4.6 Тоннели, штольни и другие притоннельные сооружения, располагаемые в подземных выработках, должны иметь постоянную крепь-обделку, за исключением притоннельных сооружений, располагаемых в крепких неветривающихся скальных грунтах.

4.7 Входы в тоннель и штольни, имеющие выход на поверхность, должны быть укреплены и архитектурно оформлены в виде порталов, оголовков, рамп.

4.8 В зонах опасных геологических процессов (оползней, обвалов, селевых потоков, снежных лавин и др.) необходимо иметь защитные сооружения или предусматривать мероприятия в соответствии со СНиП 22-02-2003, обеспечивающие необходимую защиту порталов и припортальных участков тоннеля от этих процессов.

4.9 Тоннели должны иметь камеры и ниши.

Камеры следует устраивать с каждой стороны тоннеля не более чем через 300 м, располагая их в шахматном порядке. При длине тоннеля от 200 до 400 м необходима одна камера в середине тоннеля, а при длине от 400 до 600 м - две камеры с двух сторон на равных расстояниях между ними и порталами.

Ниши следует располагать между камерами с обеих сторон тоннеля в шахматном порядке, с шагом по каждой стороне – 60м. Размеры камер и ниш в тоннелях должны быть не менее указанных в таблице 1.

В камерах и нишах допускается располагать технологическое оборудование для постоянной эксплуатации тоннеля. При этом оборудование располагается внутри габарита камеры и за пределами габарита ниши.

При устройстве эвакуационных выработок в рядом расположенный тоннель или штольню камеры следует совмещать с входом в эти выработки.

Уровень чистого пола ниш и камер в железнодорожных тоннелях должен быть на одном уровне со служебным проходом.

4.10 В соответствии с объемно-планировочными решениями притоннельные сооружения, включающие помещения с непостоянным пребыванием людей, могут располагаться у порталов, на рамповых участках и по длине тоннеля.

4.11 При проектировании двух близкорасположенных тоннелей длиной свыше 300 м для отдельного движения транспорта в разных направлениях следует предусматривать соединение их проходами для прокладки коммуникаций, использования в качестве вентиляционных каналов и обеспечения возможности перехода людей в случае пожара или другой нештатной ситуации в соседний тоннель. Расстояние между проходами определяется расчетом в соответствии с требованиями раздела

При размещении между тоннелями трансформаторных подстанций и других эксплуатационно-технологических устройств места расположения межтоннельных проходов следует совмещать с необходимыми для этих устройств притоннельными сооружениями.



При проектировании тоннеля, сооружаемого закрытым способом, следует рассматривать целесообразность сооружения в непосредственной близости от него сервисного тоннеля для размещения в нем коммуникаций систем жизнеобеспечения и использования его для эвакуации людей в случае пожара или другой чрезвычайной ситуации.

4.12 Пройденные в период строительства вспомогательные штольни, имеющие выход на поверхность, следует переоборудовать в штольни для обслуживания тоннелей при их эксплуатации (сервисные штольни) с одновременным использованием в качестве штолен безопасности.

4.13 Тоннели должны быть защищены от неорганизованного проникновения в них подземных и поверхностных вод и иметь водоотводные, а при необходимости и дренажные устройства. Уровень защиты тоннелей от подземных вод должен обеспечивать отсутствие капеза со свода (перекрытия), стекание воды по стенам и исключать образование наледей.

4.14В строящихся тоннелях длиной свыше 100 м с односторонним движением со скоростью более 100 км/ч во въездной зоне надлежит устраивать раструбный участок. Раструбный участок должен быть длиной не менее 20 м с увеличением площади поперечного сечения не меньше чем на 50%.

4.15 Системы вентиляции (с естественным или искусственным побуждением) должны обеспечивать нормируемые параметры воздуха в транспортной и других обслуживаемых зонах. Системы вентиляции необходимо выбирать согласно действующим санитарным нормам и требованиям настоящего документа.

4.16 Тоннели должны иметь средства противопожарной защиты.

4.17 Автодорожные тоннели должны иметь перед порталами площадки разворота транспортных средств на случай аварийной ситуации.

4.18 Автодорожные тоннели длиной более 1000 м при отсутствии остановочных полос должны иметь через каждые 750 м местные уширения с площадками для аварийной остановки транспортных средств. Длина этих площадок должна быть не менее 50 м, а ширина - не менее 2,75 м. При двустороннем движении площадки должны быть с каждой стороны тоннеля.

4.19 Автодорожные тоннели должны иметь служебные проходы: при движении в одном направлении - с одной стороны, а при разнонаправленном - с двух сторон. При устройстве служебного прохода с одной стороны тоннеля с другой стороны следует устраивать защитную полосу, возвышение которой над проезжей частью должно быть не менее 0,4 м.

4.20 В автодорожных тоннелях на протяжении не менее 100 м от портала необходимо применять осветленные асфальтобетонные дорожные покрытия, белую плитку для облицовки или белую окраску стен на высоту не менее 1,4 м от уровня служебного прохода либо другие технические решения, обеспечивающие адаптацию зрения водителей. Наружные углы ниш и камер должны быть окрашены флуоресцирующей краской на высоту не менее 0,5 м. Для облицовки лобовой поверхности порталов и подпорных стен должны применяться материалы темного цвета.

4.21 В охраняемых автодорожных тоннелях необходимо иметь устройства теленаблюдения за движением транспортных средств и средства связи для передачи информации об аварийной обстановке в диспетчерский пункт и подразделение охраны.

4.22В железнодорожных тоннелях кругового очертания сооружаемых механизированными горнопроходческими комплексами ниши и камеры не предусматриваются. В этом случае в тоннеле следует предусматривать места для размещения оборудования и механизмов при производстве эксплуатационных работ и предусматривать мероприятия гарантирующие безопасность эксплуатирующего персонала (сплошной проход с лестничными сходами и площадками и др.).



4.23 При проектировании и строительстве тоннелей следует обеспечивать выполнение законов, стандартов, строительных норм и правил, нормативных документов органов государственного управления и надзора. При реконструкции железнодорожных тоннелей должны выполняться требования [21].

4.24 В исполнительной документации, передаваемой заказчику, должна быть отмечена техническая зона вдоль трассы тоннеля, где запрещается производить работы без разрешения эксплуатирующей организации.

4.25 В тоннелях длиной более 1500 м или у их порталов должны находиться специализированные помещения и помещения с санитарно-бытовыми устройствами для нужд служб эксплуатации и охраны.

Железнодорожные тоннели должны быть охраняемыми.

## **5 ОБЩИЕ ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОДОРОЖНЫХ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ**

### **5.1 Исходные данные для проектирования тоннелей**

5.1.1 Исходными данными для проектирования тоннелей являются:

- задание на проектирование тоннеля, составленные с учетом Постановления Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 и Положения о едином порядке предпроектной и проектной подготовки строительства инженерных коммуникаций, сооружений и объектов дорожно-транспортного обеспечения;

- обоснование инвестиций строительства тоннеля, содержащее основные объемно-планировочные, конструктивные и технологические решения по строительству, требования к составу эксплуатационных устройств и оборудования, эвакуации людей из тоннеля на поверхность в случае пожара или другой ЧС, а также экологические требования;

- данные о перспективной расчетной интенсивности движения транспортных средств в тоннеле в «час пик», составе транспортного потока и распределении его по видам потребляемого топлива;

- данные по организации и безопасности дорожного движения в районе строительства;

- ситуационный план района строительства, проект детальной планировки и схема вертикальной планировки прилегающих улиц и площадей;

- материалы инженерно-геологических, экологических и геодезических изысканий, выполненных в соответствии с нормативными документами в объемах достаточных для обоснования инвестиций ;

- результаты обследования действующих тоннелей (для реконструируемых тоннелей);

- данные по состоянию окружающей природной среды в районе строительства или реконструкции тоннеля;

- данные по эксплуатируемым и проектируемым наземным и подземным сооружениям, сетям и коммуникациям в районе строительства, а также результатам обследования эксплуатируемых объектов, находящихся в зоне возможного влияния строительства;

- технические условия по эксплуатации предполагаемого для использования технологического оборудования, обеспечивающего нормальную эксплуатацию тоннеля;

- согласованный с эксплуатирующей организацией перечень административных, служебно-технических и бытовых помещений, входящих в состав эксплуатационно-технических блоков и их площади;

- технические условия на присоединение эксплуатационных устройств тоннеля к источникам снабжения электроэнергией, инженерным сетям и коммуникациям;

- основные данные по оборудованию, предполагаемому к использованию на строительстве;
- тендерная документация на проектирование и строительство;
- бизнес-план строительства;
- данные по результатам выполненных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, связанных со строительством тоннеля;
- сведения о проведенных с общественностью обсуждениях решений о строительстве тоннеля.

5.1.2 Ситуационный план района строительства составляют в зависимости от длины тоннеля в масштабе 1:2000 или 1:500 с красными линиями и подземными коммуникациями, при ширине полосы охвата территории соответствующей возможному влиянию строительства на городскую среду.

В проекте детальной планировки и на схеме вертикальной планировки должны быть отражены основные плановые и высотные технические характеристики всех улиц, дорог и площадей на территории, прилегающей к проектируемому транспортному тоннелю. Конкретные требования к ситуационному плану, проекту детальной планировки и вертикальной планировки должны содержаться в задании на их разработку.

5.1.3 Сведения по организации и безопасности дорожного движения в районе строительства тоннеля должны содержать данные о направлениях (включая маршруты движения общественного транспорта), интенсивности, составе и скорости транспортных потоков, показатели дорожной аварийности на линейных участках и в узлах улично-дорожной сети, данные об интенсивности пешеходных потоков, а также изменениях этих показателей в течение суток, дней недели и месяцев года (существующее положение и прогнозы на перспективу).

5.1.4 Данные по состоянию окружающей природной среды в районе сооружения тоннеля (атмосфера, гидросфера, геологическая и почвенная среда, растительный мир) должны включать схематический ситуационный план сооружения с нанесением границ промышленных и селитебных территорий, охранных и защитных зон, зон рекреационного использования, климатическую характеристику, сведения о существующей техногенной нагрузке на компоненты окружающей среды, фоновых концентрациях загрязняющих веществ для атмосферы, водных объектов, почвы и растительности, данные по шуму и вибрации и современной социальной обстановке.

5.1.5 Результаты топографо-геодезических работ, проводимых в соответствии с требованиями СП 47.13330.2010 позволяющие создать плановую и высотную геодезическую основу строительства, от которых осуществляют разбивку осей тоннельного сооружения, временных зданий, сооружений и инженерных коммуникаций, а также выполняют контроль за положением в плане и профиле горных выработок, котлованов, траншей, конструкций тоннеля и осуществляют наблюдения за деформациями зданий и других сооружений, находящихся в зоне влияния строительства.

5.1.6 Материалы инженерно-геологических изысканий и исследований, проводимых в соответствии с техническим заданием, включают:

- отчёт об инженерно-геологических изысканиях и исследованиях, содержащий сведения о природно-климатических условиях (климат, геоморфология, инженерная геология, гидрогеология), характеристику условий строительства тоннеля (водоприток, водопроницаемость и общая устойчивость грунтовой толщи), а также прогноз изменения природной инженерно-геологической среды в связи со строительством тоннеля;
- инженерно-геологическую карту в масштабе 1:2000 (при необходимости в том же масштабе составляют геоморфологическую и гидрогеологическую карты, а также карту распространения геологических процессов и явлений и карту-срез на уровне заложения тоннеля);
- геолого-литологические разрезы (колонки) разведочных скважин в масштабе 1:100 и 1:500 в зависимости от их глубины;

- инженерно-геологические разрезы по оси трассы тоннеля в горизонтальном масштабе 1:2000 и вертикальном 1:200 или горизонтальном 1:500 и вертикальном 1:100 в зависимости от длины тоннеля;

5.1.7 В приводимых данных о техническом состоянии находящихся в зоне строительства эксплуатируемых зданий, подземных сооружений и коммуникаций должны быть указаны тип здания (сооружения), время постройки, качество несущих и ограждающих конструкций, оснований и фундаментов, гидроизоляции, данные о нагрузках, передаваемых фундаментами на основание, условия эксплуатации, необходимость в дополнительном обследовании и пр.

5.1.8 При проектировании и строительстве транспортного тоннеля на коммерческой основе должен быть составлен бизнес-план (ТЭО инвестиций), в результате которого формируется концепция проектного предложения, обосновывается общественная потребность и коммерческая целесообразность ее реализации. В состав бизнес-плана должны быть включены:

- резюме;
- характеристика объекта строительства;
- прогноз конъюнктуры рынка;
- стратегия маркетинга;
- организация работ и финансирование строительства;
- определение затрат;
- определение доходов;
- план реализации проекта;
- оценка экономической и коммерческой эффективности инвестиций с учетом эксплуатационных затрат;
- страхование коммерческого риска и юридическая защита;
- эколого-экономическая оценка инвестиций в строительство и выбор рационального варианта с экологических позиций.

5.1.9 Расчет пропускной способности тоннелей может выполняться по приложению Г.

## **5.2 Инженерных изыскания для разработки проекта строительства тоннеля**

5.2.1 Инженерно-геологические изыскания для разработки проекта и рабочей документации тоннелей должны выполняться в соответствии с требованиями СП 47.13330.2010, 22.13330.2011, [2, часть П], [12] и настоящего свода правил. В состав инженерно-геологических изысканий должны входить следующих виды работ и комплексных исследований:

- сбор и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет по участку тоннеля и прилегающим территориям;
- рекогносцировочное обследование территории;
- бурение скважин;
- геофизические исследования;
- полевые исследования грунтов;
- гидрогеологические исследования;
- стационарные наблюдения;
- лабораторные исследования грунтов, подземных и поверхностных вод;
- обследование грунтов оснований существующих зданий и сооружений (при отсутствии по ним исполнительной документации);
- составление прогноза изменений инженерно-геологических условий;
- камеральная обработка материалов и составление технического отчета (заключения).



В состав рекогносцировочного обследования территории помимо осмотра места изыскательских работ с визуальной оценкой рельефа должны входить описание имеющихся строительных выработок и других обнажений, внешних проявлений геодинамических процессов, а также оценка эффективности транспортных существующих потоков с позиций организации изыскания.

Рекогносцировочное обследование следует производить в полосе шириной до 150 м вдоль оси тоннеля.

Количество разведочных скважин по трассе тоннеля определяется сложностью инженерно-геологических условий с учетом имеющихся архивных материалов. При соответствующем обосновании в программе изысканий часть из них допускается заменить точками зондирования и геофизическими исследованиями.

При длине тоннеля до 200 м следует проходить по 3-4 скважины на каждом порталном участке и не менее трех скважин по трассе тоннеля. При более протяженных тоннелях расстояние между скважинами не должно быть менее 50 м.

В сложных инженерно-геологических условиях (засыпанные овраги и карьеры, древние размывы, карстово-суффозионные процессы и др.) количество разведочных скважин определяется программой изысканий.

На участках развития опасных инженерно-геологических процессов рекомендуется закладывать поперечники из 3-5 скважин и проводить дополнительные геофизические исследования.

Глубина скважин должна обеспечивать установление геологического разреза и гидрогеологических условий в пределах прогнозируемой сферы взаимодействия проектируемых объектов с геологической средой.

При строительстве тоннелей открытым способом с использованием метода «стена в грунте», шпунтовых и свайных ограждений котлованов, входящих в состав постоянных конструкций, скважины следует располагать по сетке 20 x 20 м или по оси ограждающих конструкций не реже, чем через 20 м.

На участках распространения специфических грунтов разведочные скважины необходимо проходить на полную их мощность или до глубины, где наличие таких грунтов не будет оказывать влияния на устойчивость проектируемых сооружений.

При изысканиях на участках развития геологических и инженерно-геологических процессов выработки следует проходить на 3-5 м ниже зоны их активного развития.

5.2.2 Инженерно-экологические изыскания для разработки проектной документации выполняются в соответствии с СП 47.13330.2010, пп. 8.13, 8.14 и [1, пп. 6.2, 6.4, 6.9–6.31].

Учитывая современные тенденции проектирования и строительства, при объединении стадий проекта и рабочей документации в один этап допускается проведение инженерно-экологических изысканий для стадии рабочего проекта.

Задачей инженерно-экологических изысканий для разработки проектной документации является получение необходимых материалов и данных для экологического обоснования проекта строительства тоннеля, в том числе:

- уточнение природно-техногенных условий на выбранном варианте трассы и площадках вспомогательных сооружений к началу строительства;
- уточнение границ зоны воздействия тоннеля по компонентам природной и городской среды;
- прогноз возможного изменения окружающей среды в зоне влияния тоннеля при его строительстве и эксплуатации;
- получение необходимых материалов и исходных данных для составления раздела проекта (рабочего проекта) «Охрана окружающей среды» с полным перечнем природоохранных мероприятий, определенным предшествующими изысканиями.

Маршрутное обследование трассы и прилегающей территории должно осуществляться с детальностью, отвечающей, как правило, масштабам 1:5000-1:2000, на

сложных участках при необходимости 1:1000, в прилегающей зоне – 1:25000-1:10000. Допускается изменение масштабов при обосновании в программе работ.

Бурение разведочных скважин для экологических наблюдений и опробования следует проводить на участках выявленных ранее геохимических, гидрохимических и геофизических аномалий и в местах предполагаемой локализации загрязнений для установления их планового распространения и глубины проникновения. Количество и глубина скважин обосновываются в программе изысканий.

5.2.3 Инженерно-геодезические изыскания должны обеспечивать получение топографо-геодезических материалов и данных о ситуации, рельефе местности (в том числе дна водотоков, водоемов и акваторий), существующих зданиях и сооружениях (надземных и подземных), подземных коммуникаций и других элементов планировки, необходимых для комплексной оценки природных и техногенных условий по проектируемой трассе линии, обоснования проектирования, строительства и эксплуатации тоннеля.

Инженерно-геодезические изыскания на стадии разработки обоснования инвестиций следует осуществлять по всем вариантам проектируемых трасс тоннеля. В состав работ должны входить:

- сбор и анализ топографических (инженерно-топографических) карт и планов в масштабах 1:5000 - 1:2000, землеустроительных и лесоустроительных планов, материалов прошлых лет по развитию опорных геодезических сетей, земельного, градостроительного и иных кадастров;

- обследование пунктов государственной геодезической опорной сети и выполнение сгущения или развития ее в случае необходимости;

- обновление топографических карт и планов, если они не соответствуют современному состоянию ситуации, рельефа местности и расположения подземных коммуникаций;

- промеры глубин на реках и водоемах, нивелирование поверхности дна водотоков и составление продольного профиля на исследуемом участке реки и поперечных профилей по промерным створам;

- перенесение в натуру и привязка инженерно-геологических выработок и других точек наблюдений;

- геодезические работы при изучении опасных природных и техноприродных процессов (карст, склоновые процессы, переработка берегов рек, озер и водохранилищ, а также в случаях подрабатывания и подтопления территории);

- начальные геодезические наблюдения за деформациями оснований зданий и сооружений на земной поверхности;

- рекогносцировочное обследование вариантов трассы и мест расположения сооружений при необходимости визуальных осмотров с целью дополнительной проверки достоверности имеющихся материалов;

- создание планово-высотного съемочного обоснования и проведение топографической съемки участков в масштабах 1:5000 - 1:2000;

- проложение тахеометрических ходов с набором пикетных точек в характерных местах рельефа и ситуации.

Изыскания на стадии разработки проекта или проектной документации должны обеспечивать составление:

- уточненного ситуационного плана в масштабе 1:500 с указанием на нем существующих и проектируемых инженерных коммуникаций;

- проекта инженерной подготовки строительных площадок с указанием существующих и подлежащих сносу зданий и сооружений;

- чертежей генерального плана линии и вертикальной планировки территории;

- природоохранных мероприятий;

- материалов геодезического обеспечения строительства.



При изысканиях должны выполняться:

- сбор и анализ дополнительных топографо-геодезических материалов, включая материалы и данные изысканий прошлых лет;
- построение (развитие) опорной и планово-высотной съемочной геодезической сети;
- топографическая съемка в масштабе 1:500;
- составление и размножение инженерно-топографических планов;
- геодезическое обеспечение других видов инженерных изысканий, включая изучение опасных природных и техноприродных процессов;
- геодезические работы для изучения движения земной поверхности в районах развития современных разрывных тектонических смещений;
- камеральная обработка материалов и составление технического отчета.

Инженерно-геодезические изыскания на стадии разработки рабочей документации должны обеспечить получение дополнительных топографо-геодезических материалов и данных для доработки генерального плана трассы, уточнения и детализации проектных решений.

При этом выполняются:

- анализ и доработка материалов, выполненных на предшествующих стадиях проектирования;
- обследование участков трассы и сооружений;
- полевое трассирование (вынос трассы в натуру);
- планово-высотная привязка трассы к пунктам государственной (опорной) геодезической сети;
- топографическая съемка полосы местности вдоль трассы (съемка текущих изменений при наличии планов) в масштабах 1:1000 - 1:500, досъемка переходов, пересечений и вновь появившихся (после уточнений для разработки проекта) инженерных коммуникаций;
- составление и размножение инженерно-топографических планов;
- геодезическое обеспечение других видов изысканий.

## **5.3 Объемно-планировочные решения**

### **5.3.1 Общие требования**

5.3.1.1 Состав и порядок разработки, подготовки исходных данных, согласования, утверждения проекта планировки тоннелей определяются и уточняются планировочным зданием на разработку проекта.

5.3.1.2 Объемно-планировочные и конструктивно-технологические решения для тоннелей должны приниматься с учетом обеспечения максимальной сохранности расположенных поблизости зданий, сооружений и культурно-исторических памятников.

Архитектурный облик наземных сооружений тоннелей должен отвечать эстетическим требованиям и его следует решать в единой композиции с окружающим ландшафтом и архитектурными сооружениями (ансамблями), расположенными в зоне прилегающей улично-дорожной сети.

5.3.1.3 Противопожарные разрывы от наземных сооружений тоннеля (в том числе от порталов и порталных стен) до соседних с ними зданий и сооружений должны приниматься в соответствии с требованиями СП 42.13330.2011 и территориальных строительных норм, но не менее 15 м.

Примыкание железнодорожных тоннелей, общественных и торговых центров, автовокзалов, стадионов, железнодорожных объектов, объектов метрополитена и др. к порталам, шахтам воздухозабора (общеобменной вентиляции и вентиляции создания подпора воздуха) по трассе автодорожного тоннеля допускается только при

соответствующем технико-экономическом обосновании и разработке дополнительных мероприятий по обеспечению их пожарной безопасности

5.3.1.4 При проектировании тоннелей, располагаемых в непосредственной близости от жилых и общественных зданий, необходимо предусматривать на въездах и выездах из тоннелей специальные планировочные и конструктивные мероприятия, уменьшающие шум от проезжающих транспортных средств до допустимых уровней в соответствии со СНиП 23-03-2003.

5.3.1.5 В коротких тоннелях (тоннелях-путепроводах), состоящих из закрытой (тоннельной) части и двух открытых рамповых участков, места перехода от рампы к тоннелю следует назначать, как правило, из условия обеспечения беспрепятственного пропуска транспортных потоков и пешеходного движения над тоннелем. Длина закрытой части должна быть по возможности минимальной.

5.3.1.6 При проектировании протяженных тоннелей, сооружаемых двумя способами – открытым и закрытым, - границы участков разных способов работ должны определяться на основе технико-экономического сравнения вариантов с учетом градостроительной обстановки и инженерно-геологических условий строительства.

У мест сопряжения участков тоннелей, сооружаемых открытым и закрытым способом, следует предусматривать камеры разворота для обеспечения возможности движения транспортных средств в обратном направлении.

Камеры разворота должны предусматриваться также при строительстве тоннелей открытым способом, если длина их превышает 1000 м.

5.3.1.7 У въездов в тоннели следует предусматривать устройство систем, останавливающих въезд транспортных средств по полосам движения.

В разделительной полосе улицы (дороги) на подходах к тоннелю (тоннелям) на расстоянии не менее 500 м от порталов должны быть предусмотрены разрывы для возможности въезда пожарной техники в тоннель во встречном направлении, а также разворота автомобилей для движения в обратном направлении.

На выездах с рамповых участков тоннелей должны быть предусмотрены уширения проезжей части с правой стороны длиной 50-60 м для временного отстоя неисправных автомобилей.

5.3.1.8 Пешеходные переходы, зоны размещения торгово-сервисных объектов и рекреационные зоны, подземные гаражи и паркинги в составе объединенных конструкций с транспортными тоннелями следует проектировать с учетом требований [11],[13],[14].

5.3.1.9 На выездах с рамповых участков тоннелей должны быть предусмотрены уширения проезжей части с правой ее стороны длиной 50-60 м для временного отстоя неисправных автомобилей.

5.3.1.10 Вблизи порталов тоннелей протяженностью 500м и более за пределами рамповых участков должны быть предусмотрены площадки и помещения для стоянки машин-эвакуаторов, спецтехники городских служб (аварийно-спасательных, пожарных, милицейских, санитарных и др.) на случай пожара или другой чрезвычайной ситуации. Подъезды и проезды проектируются к ним по дорогам с твердым покрытием, шириной не менее 4,5 м, заканчивающимися площадками площадью не менее 150 м<sup>2</sup> для разворота спецтехники. Въезд на эти площадки следует оборудовать шлагбаумом, управляемым из диспетчерского пункта.

Аналогичные площадки должны предусматриваться, кроме того, вне зон опасного задымления в случае пожара у эвакуационных выходов и пожарных лифтов для рассредоточения эвакуируемых людей, а также у пунктов подключения пожарных машин к сухотрубам.

### **5.3.2 Поперечное сечение, продольный профиль и план**

5.3.2.1 Поперечное сечение строящихся и реконструируемых железнодорожных тоннелей должно приниматься в соответствии с габаритами приближения строений «С» и «А», приведенных в ГОСТ 9238 и отраслевой инструкции по его применению. Поперечное сечение должно выполняться с учетом принятых конструкций контактной сети, пути, водоотвода, размещения всех необходимых технологических устройств, а также с учетом строительных допусков на сооружение обделки тоннеля.

5.3.2.2 Продольный уклон пути в железнодорожном тоннеле должен соответствовать СП 119.13330.2011. При длине тоннеля до 400 м продольный уклон должен быть одного знака.

5.3.2.3 Коэффициенты смягчения руководящего уклона или уклона усиленной тяги должны приниматься по расчету в зависимости от длины тоннеля.

5.3.2.4 Смежные элементы продольного профиля железнодорожного и автомобильного тоннелей должны сопрягаться в вертикальной плоскости кривыми, величина радиуса которых определяется в зависимости от категории дороги.

5.3.2.5 Расположение железнодорожных тоннелей в плане должно удовлетворять требованиям, предъявляемым к открытым участкам железнодорожной линии, за исключением радиусов кривых, величина которых должна быть не менее 350 м.

5.3.2.6 Основные параметры поперечного сечения автомобильных тоннелей, габариты приближения строений и оборудования следует принимать в зависимости от категории автомобильной дороги и длины тоннеля по ГОСТ 24451.

5.3.2.7 Элементы плана и профиля автомобильных тоннелей должны назначаться исходя из условий обеспечения необходимой видимости при заданной расчетной скорости. Радиусы кривых в плане должны быть не менее 250 м.

5.3.2.8 Продольный профиль проезжей части автомобильных тоннелей длиной до 300 м должен быть с уклоном одного знака.

5.3.2.9 Продольный уклон в железнодорожных и автомобильных тоннелях должен быть не менее 3‰, за исключением участков переходных вертикальных кривых.

5.3.2.10 Максимальные продольные уклоны в автомобильных тоннелях не должны превышать 40‰, а в сложных топографических и инженерно-геологических условиях при длине тоннеля до 500 м - 60‰.

5.3.2.11 При расположении портала горного тоннеля или рампового участка подводного тоннеля у заливаемой поймы дно водоотводного лотка у портала или отметка верхней точки проезжей части ramпы должны быть не меньше чем на 1,0 м выше наивысшего уровня паводковых вод (наводнений) с вероятностью превышения 1:300 (0,33%) с учетом подпора, ледохода и высоты волны. При невозможности выполнения этого требования необходимо устраивать в тоннеле защитные устройства.

### **5.3.3 Расположение притоннельных сооружений**

5.3.3.1 В соответствии с объемно-планировочными решениями притоннельные сооружения, включающие помещения с непостоянным пребыванием людей, могут располагаться у порталов, на рамповых участках и по длине тоннеля.

5.3.3.2 При проектировании двух близкорасположенных тоннелей длиной свыше 300 м для отдельного движения транспорта в разных направлениях следует предусматривать соединение их проходами для прокладки коммуникаций, использования в качестве вентиляционных каналов и обеспечения возможности перехода людей в случае пожара или другой нештатной ситуации в соседний тоннель. Расстояние между проходами определяется расчетом.

При размещении между тоннелями трансформаторных подстанций, водоотливных установок и других эксплуатационно-технологических устройств места расположения



межтоннельных проходов следует совмещать с необходимыми для этих устройств притоннельными сооружениями.

5.3.3.3 При проектировании тоннеля, сооружаемого закрытым способом, следует рассматривать целесообразность сооружения в непосредственной близости от него сервисного тоннеля для размещения в нем коммуникаций систем жизнеобеспечения и использования его для эвакуации людей в случае пожара или другой чрезвычайной ситуации.

5.3.3.4 По условиям водоотвода все притоннельные сооружения, кроме камер водоотливных установок, должны располагаться выше лотковой части тоннеля.

5.3.3.5 Шахтные стволы, используемые для строительства протяженных тоннелей закрытым способом, а в дальнейшем для вентиляции тоннелей и размещения инженерных коммуникаций, должны проектироваться на незастроенных территориях с учетом необходимости последующего устройства в местах их расположения или в непосредственной близости от них вентиляционных киосков.

## **5.4 Строительные конструкции и материалы обделок**

### **5.4.1 Общие требования**

5.4.1.1 Ограждающие несущие конструкции (обделки) и внутренние несущие конструкции тоннельных сооружений должны отвечать требованиям прочности, эксплуатационной надежности, долговечности, огнестойкости и устойчивости к различным видам агрессивного воздействия внешней среды.

5.4.1.2 Обделки следует проектировать замкнутыми из монолитного железобетона, железобетонных элементов заводского изготовления, применяемыми, как правило, при щитовой проходке или из чугунных тубингов, исходя из назначения сооружения и глубины его заложения, инженерно-геологических условий, ожидаемых нагрузок и технологии производства строительно-монтажных работ.

Выбор наиболее рациональной конструкции обделки тоннеля следует производить на основе сравнения технико-экономических показателей различных вариантов строительства тоннеля.

5.4.1.3 Обделки по всему контуру должны иметь плотное примыкание к грунту. При проектировании обделок следует учитывать совместную их работу с окружающим грунтом и предусматривать меры, исключающие отрицательное влияние строительства на здания, коммуникации и другие сооружения и устройства городской инфраструктуры.

5.4.1.4 Тоннели и притоннельные сооружения с расположенными в них помещениями и эксплуатационными устройствами должны быть защищены от неблагоприятного воздействия поверхностных, грунтовых и других вод и жидкостей.

Способы защиты обделок от агрессивного воздействия внешней среды следует принимать в увязке с решениями по выбору их типа, возможности устройства гидроизоляции, плотности и коррозионной стойкости применяемых материалов, трещиностойкости конструкций на стадии строительства и эксплуатации, степени проницаемости стыков и соединений, а также с учетом условий эксплуатации сооружения.

Защита от коррозии обделок, а также металлоизоляции обделок, закладных деталей и всех видов креплений должна выполняться в соответствии с указаниями СП 28.13330.2010..

Технические меры по защите обделок и внутренних строительных конструкций от грунтовых вод, атмосферных воздействий, коррозии и других неблагоприятных воздействий должны обеспечивать нормальные условия эксплуатации тоннеля в течение не менее 80 лет.

5.4.1.5 Внутренние несущие конструкции тоннельных сооружений следует предусматривать, как правило, из железобетона.

5.4.1.6 Пределы огнестойкости несущих и других строительных конструкций следует принимать согласно разделу 5.12.3.

5.4.1.7 Минимальные пределы огнестойкости обделок тоннелей, притоннельных сооружений, внутренних несущих и других конструкций должны составлять, ч:

бетонные и железобетонные обделки тоннелей, притоннельных сооружений, конструкций порталов, внутренних бетонных и железобетонных несущих конструкций .....	1,5
чугунные обделки и стальные несущие конструкции .....	1,0
ненесущие стены и перегородки помещений с горючими материалами, перегородки и перекрытия тамбур-шлюзов.....	0,75
самозакрывающиеся противопожарные двери в стенах и перегородках с нормируемым пределом огнестойкости 0,75 ч и более, противопожарные люки .....	0,6
ненесущие стены и перегородки помещений с электрооборудованием (камеры тоннельной вентиляции, водоотливных установок, трансформаторов, электрощитовых и т.п.), самозакрывающиеся противопожарные двери в стенах и перегородках с нормируемым пределом огнестойкости менее 0,75ч.....	0,25

5.4.1.8 Выступающая из лобового откоса часть тоннеля должна быть оформлена в виде горизонтальной площадки длиной не менее 2,0 м, покрыта плотной засыпкой толщиной не менее 1,5 м и защищена от размыва жестким покрытием. Парапет портала, поддерживающий засыпку и обеспечивающий задержание осыпающегося грунта с лобового откоса, должен возвышаться над засыпкой не меньше чем на 1,10 м. Лобовые откосы, при необходимости, должны быть укреплены.

5.4.1.9 Раструбный участок во въездной зоне тоннелей должен быть длиной не менее 20 м с увеличением площади поперечного сечения не меньше чем на 50%.

5.4.1.10 Ширина эвакуационных проходов в сервисных штольнях, штольнях безопасности и соединительных выработках должна быть не менее 1800 мм, а высота - не менее 2200 мм.

5.4.1.11 Размеры камер и ниш в тоннелях должны быть не менее указанных в таблице 1.

5.4.1.12 Уровень чистого пола ниш и камер в железнодорожных тоннелях должен быть на одном уровне с подошвой ближайшего к ним рельса, а в автодорожных тоннелях - на одном уровне со служебным проходом или верхом защитной полосы.

5.4.1.13 Конструкции обделок тоннелей, порталов, сооружаемых в районах (зонах) сейсмичностью 7 баллов и более, должны удовлетворять требованиям СП 14.13330.2011.

5.4.1.14 Расстояние между антисейсмическими деформационными швами тоннельной обделки следует устанавливать расчетом и совмещать их с температурно-осадочными деформационными швами, расстояние между которыми в обделках из монолитного бетона и набрызг-бетона должно быть не более 20 м, а из монолитного железобетона - 40 м.

Таблица 1– Размеры камер и ниш

Устройства	Ширина, мм	Высота, мм(по середине камеры, ниши)	Глубина, мм
Камеры в тоннелях:			
железнодорожных	4000	2800	2500
автодорожных	2000	2500	2000
Ниши в тоннелях:			
железнодорожных	2000	2500	1000
автодорожных	2000	2500	500



5.4.1.15 При пересечении тоннелем тектонических трещин или контакта между грунтами различной крепости следует устраивать дополнительные деформационные швы, отсекающие приконтактный участок тоннеля.

5.4.1.16 Конструкции антисейсмических, температурно-осадочных и дополнительных деформационных швов должны обеспечивать водонепроницаемость обделки.

5.4.1.17 Толщину элементов обделки, порталов и рамп следует устанавливать расчетом. Элементы обделки и порталов должны иметь толщину не менее, мм:

своды и стены тоннельной обделки из монолитного бетона	
и железобетона .....	200
то же, из монолитного бетона на выпуклостях в крепких скальных грунтах при прочности, превышающей прочность бетона не менее чем в 1,5раза.....	100
обделки набрызг-бетонные:	
несущие.....	100
облицовочные или на выпуклостях в крепких скальных грунтах .....	50
блоки сплошного сечения сборной железобетонной обделки .....	200
ребра и спинки тубингов сборной железобетонной обделки .....	100
порталы, оголовки и стены рамп:	
железобетонные.....	150
бетонные.....	300
бутобетонные.....	500

5.4.1.18 Минимальную толщину защитного слоя бетона до рабочей арматуры для сборных и монолитных железобетонных (кроме набрызг-бетонных) обделок толщиной менее 300 мм следует принимать по СП 63.13330.2010. Толщину защитного слоя для обделок большей толщины и для набрызг-бетонных обделок следует принимать не менее величин, указанных в таблице 2.

Таблица 2 – Минимальная толщина защитного слоя бетона рабочей арматуры в тоннельных обделках

Обделка тоннеля	Толщина элементов, мм	Минимальная толщина защитного слоя, мм
Сборная и монолитная железобетонная Опускные секции	От 300 до 500	30
	Свыше 500	40
	До 1000	30
	Свыше 1000	60
Набрызг-бетонная	Для любой толщины	20

## 5.4.2 Материалы

5.4.2.1 Материалы для обделок и их гидроизоляции, для внутренних строительных конструкций, а также отделочные материалы должны отвечать требованиям прочности, долговечности, пожарной безопасности, устойчивости к химической агрессивности грунтовых вод, другим видам агрессивного воздействия внешней среды, в том числе воздействию микроорганизмов, не выделять токсичных соединений в условиях строительства и эксплуатации сооружений, соответствовать требованиям нормативных документов.

5.4.2.2 Бетонные и железобетонные несущие конструкции предусматривать из тяжелых бетонов по ГОСТ 26633.

5.4.2.3. Классы бетона по прочности на сжатие для обделок, их элементов и внутренних бетонных и железобетонных конструкций принимать не ниже, указанных в таблице 3.

Таблица 3 – Классы бетона по прочности на сжатие

Вид конструкции	Класс бетона
Высокоточные железобетонные блоки обделок из водонепроницаемого бетона для закрытого способа работ, предварительно напряженные железобетонные элементы конструкций	B40
Железобетонные элементы обделок для закрытого способа работ	B30
Железобетонные элементы обделок для открытого способа работ (включая опускные цельносекционные), закрытого способа работ, несущих конструкций «стен в грунте».	B25
Железобетонные и бетонные монолитные несущие «стены в грунте», бетонные монолитно-прессованные обделки	B20
Порталы, оголовки, набрызгбетонные обделки, «стены в грунте» для крепления котлованов, внутренние монолитные железобетонные конструкции, бетонные подготовки под гидроизоляцию	B15
Путевой бетонный слой верхнего строения пути, бетон внутренних конструкций	B5
Жесткое основание пути, бетонное основание под полы, бетон для водоотводящих и кабельных лотков	B7,5

5.4.2.4 Проектные марки бетона обделок и внутренних конструкций, а также конструкций рампы по морозостойкости в зонах знакопеременных температур должны быть не ниже F300, а для конструкций транспортных зон, находящихся в контакте с антиобледенителями – F300 в солях.

При отсутствии знакопеременных температур проектные марки бетона обделок по морозостойкости не должны быть ниже F100.

5.4.2.5 Проектную марку бетона обделок по водонепроницаемости принимать по таблице 4.

Т а б л и ц а 4 –Марка бетона обделок и внутренних конструкций по водонепроницаемости

Степень агрессивного воздействия среды	Категория требований к трещиностойкости (над чертой) и предельно допустимая ширина продолжительного раскрытия трещин, мм, (под чертой) конструкций, контактирующих с		Толщина защитного слоя со стороны контакта с грунтом **, мм	Марка бетона по водонепроницаемости, не менее	
	в зоне обводнения без гидроизоляции	в зоне обводнения с гидроизоляцией и в необводненной зоне*		в зоне обводнения без гидроизоляции	в зоне обводнения с гидроизоляцией и в необводненной зоне
Неагрессивная	1/-	3/0,20	30	W8	W6
Слабоагрессивная	1/-	3/0,15	30	W8	W6
Среднеагрессивная	1/-	3/0,10	35	W10	W8
Сильноагрессивная	1/-	2/0,10	35	W12	W8

\*Распространяется на конструкции с арматурной сталью 1-й группы СП 28.13330.2010.  
 \*\* При использовании набрызгбетона толщина защитного слоя может быть уменьшена на 10 мм.

5.4.2.6 Железобетонные обделки, возводимые в обводненных грунтах и не имеющие сплошной наружной или внутренней гидроизоляции должны проектироваться из водонепроницаемого бетона ( $W \geq 12$ ) с разработкой специального регламента на производство бетонных работ. Во всех остальных случаях бетоны для обделок должны иметь марку по водонепроницаемости не ниже W8.

5.4.2.7 Для армирования железобетонных конструкций используется горячекатаная сталь различных классов, механические характеристики которой принимаются согласно действующим нормативным документам. Допускается применение других арматурных сталей, имеющих соответствующие технические условия и сертификаты.

5.4.2.8 Прочностные характеристики чугуна тубинговых обделок из серого литейного чугуна должны соответствовать ГОСТ 1412, из высокопрочного чугуна - ГОСТ 7293.

5.4.2.9 Нормативные и расчетные сопротивления проката для стальных конструкций и отливок из серого чугуна разных марок принимать по СП 16.13330.2011.

5.4.2.10 Материалы для гидроизоляции обделок назначаются в соответствии с принятой системой водозащиты тоннельных сооружений, величины гидростатического давления грунтовых вод на обделку, их агрессивности, других особенностей их воздействия на обделку, возможного диапазона температурных изменений и других особенностей работы тоннельной обделки в процессе эксплуатации сооружения.



5.4.2.11 В качестве материалов для шумозащитных и светозащитных экранов, конструкций лестничных маршей, кронштейнов кабельных линий и трубопроводов, стоек указателей следует отдавать предпочтение применению долговечных коррозионностойких армированных полимерных композитов.

5.4.2.12 Материалы для водоотводных устройств должны обладать высокой коррозионной стойкостью в соответствии с нормами на материалы и изделия, применяемые в наружной хозяйственно-бытовой и ливневой канализации. Трубы, колена, отстойники и другую арматуру водоотводной системы рекомендуется предусматривать по сортаменту изделий, применяемых в наружной канализации и для водоотвода.

5.4.2.13 Материалы для отделки тоннелей, рамп и порталов помимо общих требований, указанных в п.8.2.1, должны быть удобными в эксплуатации, допускающими промывку водой при давлении струи до  $10 \text{ кг/см}^2$ , и не давать бликов.

5.4.2.14 В целях снижения электропотребления облицовку стен и потолков транспортных зон или их покрытия следует предусматривать светлыми матовыми материалами с коэффициентом отражения не менее 0,5.

5.4.2.15 Облицовку или покраску наружных поверхностей порталов и стен рамп предусматривать материалами черного матового цвета.

### 5.4.3 Общие конструктивные требования

5.4.3.1 Тоннели в зависимости от глубины заложения, инженерно-геологических условий, типа принятых конструкций обделки и способов сооружения могут приниматься однопутными либо двухпутными, кругового, подковообразного или прямоугольного очертания.

5.4.3.2 Однопутные или двухпутные тоннели прямоугольного очертания рекомендуется применять при открытом способе производства работ, однопутные тоннели кругового и подковообразного очертания - при закрытом способе. Очертания стен и сводов при наличии бокового давления, пучения грунтов или гидростатического давления должны определяться расчетом. Пустоты за обделкой заполнять твердеющими составами в соответствии с [9] или обеспечивать силовое прижатие монтируемых колец обделки к грунту.

5.4.3.3 Устройство однослойных обделок из набрызгбетона допускается в малообводненных скальных грунтах в сочетании с арматурной сеткой, анкерами, металлическими арками или при условии армирования набрызгбетона фибрами.

5.4.3.4 При раскрытии выработок в скальных грунтах по частям возможно применение обделок в виде свода переменной жесткости (с выносными пятнами) из монолитного бетона, опирающегося одновременно на облегченные стены и на грунт.

5.4.3.5 Сейсмическое воздействие на тоннельную обделку следует учитывать для сооружений, возводимых в районах сейсмичностью 7 баллов и более.

Проектирование подземных конструкций, расположенных в сейсмических районах, следует выполнять в соответствии с [10].

5.4.3.6 Расстояние между антисейсмическими деформационными швами тоннельной обделки следует устанавливать расчетом и, по возможности, совмещать их с температурно-осадочными деформационными швами, расстояние между которыми в обделках из монолитного бетона и набрызгбетона должно быть не более 20 м, а из монолитного железобетона - 40 м.

5.4.3.7 При пересечении тоннелем тектонических зон трещин или контакта между грунтами различной крепости следует устраивать дополнительные деформационные швы, разделяющие участки тоннеля залегающие в различных инженерно-геологических условиях.

5.4.3.8 Конструкции антисейсмических, температурно-осадочных и дополнительных деформационных швов должны соответствовать водонепроницаемости обделки.

5.4.3.9 Выступающая из лобового откоса часть тоннеля должна быть оформлена в виде горизонтальной площадки длиной не менее 2,0 м. При длине выступающей части 2,0 м должна быть покрыта плотной засыпкой толщиной не менее 1,5 м и защищена от размыва жестким покрытием, на участках превышающих 2,0 м толщина засыпки определяется расчетом.

При выносе портала за пределы зоны возможного падения скальных обломков засыпка может не предусматриваться.

Парапет портала, поддерживающий засыпку и обеспечивающий задержание осыпающегося грунта с лобового откоса, должен возвышаться над засыпкой не меньше чем на 1,10 м.

Лобовые откосы, при необходимости, должны быть укреплены.

#### **5.4.4 Конструкции обделок тоннелей, сооружаемых открытым и полузакрытым способами**

5.4.4.1 При открытом и полузакрытом способах работ применяются, как правило, обделки прямоугольного очертания. В зависимости от числа полос движения обделки проектируются в виде одно-двух-трех или многопролетных замкнутых рам, как правило, из монолитного железобетона. В обоснованных случаях допускается применение сборно-монолитных конструкций. Узлы сопряжений элементов таких конструкций должны быть жесткими, т.е. передающими силовые факторы от одного элемента к другому, и быть водонепроницаемыми.

Для достаточно заглубленных тоннелей при соответствующем обосновании допускается применение односводчатых конструкций.

5.4.4.2 В проектах производства бетонных работ следует предусматривать разбивку отдельных элементов конструкций на блоки бетонирования. Размеры блоков бетонирования следует устанавливать в технологических регламентах в зависимости от пространственного положения элемента конструкции (лотковая часть, стены, перекрытия), его массивности и принятой технологии бетонирования на основе теплофизических расчетов.

5.4.4.3 Обделки тоннелей при открытом способе работ следует предусматривать в виде одно-, двух-, трех- или многопролетных замкнутых рам либо в виде сводчатых конструкций из сборного, монолитного или сборно-монолитного железобетона.

5.4.4.4 Обделки тоннелей, сооружаемых открытым способом, должны иметь деформационные температурно-осадочные швы, расстояние между которыми следует принимать по расчету.

Конструкции швов должны предохранять гидроизоляцию от разрывов, обеспечивая водонепроницаемость обделки.

В местах резкого изменения конструкции, свойств грунтов в основании тоннеля или действующих на обделку нагрузок могут предусматриваться дополнительные деформационно-осадочные швы.

5.4.4.5 Элементы конструкций сборных железобетонных обделок должны отвечать требованиям удобства их изготовления, транспортирования и монтажа, надежности монтажных соединений и опираний. Изготавливаться они должны из бетона естественного твердения.

Стыки между отдельными блоками (вдоль оси тоннеля) следует располагать вразбежку. Совпадение стыков всех блоков допускается только в местах устройства деформационно-осадочных швов.

#### **5.4.5 Конструкции обделок тоннелей, сооружаемых закрытым способом**

5.4.5.1 При сооружении тоннелей закрытым способом применяют обделки сводчатого или кругового очертания. Такие обделки используются преимущественно для двух и трех полос движения. При необходимости иметь четыре или большее число полос



может рассматриваться целесообразность устройства двухсводчатой конструкции с общей средней опорой – стеной или системой колонн и прогонов.

5.4.5.2 Обделки сводчатого очертания применяются при сооружении тоннелей горным способом. Они могут быть как из монолитного железобетона, так и из сборных элементов.

Форма стен и лотковой части обделки сводчатого очертания принимается в зависимости от величины бокового давления грунта и гидростатического давления.

5.4.5.3 Обделки кругового очертания возводятся преимущественно из железобетонных блоков сплошного сечения при заводском их изготовлении.

Блоки изготавливаются по специальным техническим условиям.

Обделки из чугунных тубингов применяются при высоком гидростатическом давлении на обделку, а также при сооружении притоннельных объектов с монтажом обделок при помощи лебедок.

Остающиеся за монтируемыми кольцами пустоты заполняют твердеющими составами в соответствии с [9].

5.4.5.4 Элементы сборных обделок при герметизации стыков между ними быстросхватывающими составами должны иметь по контуру фальцы, образующие в собранной обделке чеканочные канавки. При герметизации стыков упругими резиновыми прокладками или упругими прокладками из других материалов для лучшего их закрепления на боковых поверхностях элементов необходимо предусматривать пазы.

#### **5.4.6 Гидроизоляция обделок и защита от коррозии**

5.4.6.1 Вид гидроизоляции для обделок разных типов определяется инженерно-геологическими условиями строительства, величиной гидростатического давления, наличием агрессивного воздействия внешней среды, возможностями обеспечения водонепроницаемости бетона при принятой технологии ведения строительных работ, другими производственными условиями.

5.4.6.2 Конструкции тоннелей, сооружаемых в водоносных грунтах открытым способом за исключением «стен в грунте» должны иметь сплошную наружную гидроизоляцию по всему контуру. Сплошность гидроизоляции не должна нарушаться в случае пропуска через конструкцию перекрытия коммуникаций.

При наличии естественного стока воды под тоннелем в качестве дополнительной защиты его от воды может использоваться пристенный дренаж. В случае недостаточной фильтрационной способности грунтов основания следует предусматривать устройство под лотковой частью тоннеля пластового дренажа с водоотводом.

При возведении стен сооружения методом «стена в грунте» допускается устройство внутренней металлоизоляции.

5.4.6.3 Оклеечную и наплавляемую гидроизоляцию из битумно-полимерных, а также гидроизоляцию из полимерных материалов при открытом способе работ необходимо предусматривать двухслойной или многослойной из рулонных биостойких материалов, удовлетворяющих требованиям, указанным в таблице 5. По требованию Заказчика и эксплуатирующей организации могут проводиться дополнительные определения относительного удлинения материала при разрыве в условиях отрицательной температуры.

Таблица 5 – Технические требования к рулонным материалам для гидроизоляции транспортных тоннелей

Наименование показателя	Показатели для материалов	
	битумно-полимерных (на полимерной основе)	Полимерных (безосновных)
Условная прочность, МПа, не менее	не нормируется	10,0
Разрывная сила при растяжении, Н, не менее	600	не нормируется
Водопоглощение в течение 24 час., % по массе, не более	1,0	1,0
Водонепроницаемость при гидростатическом давлении, МПа, не менее	0,2	0,3
Температура хрупкости вяжущего, °С, не выше	минус 25	Минус 50
Гибкость на брусе с закруглением радиусом 10,0±0,2 мм, не выше	минус 15	Минус 40
Теплостойкость, °С в течение 2 часов, не ниже	+85	+85
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	30-40	150-200
Адгезия к бетону, МПа, не менее	0,5	0,5
Химическая стойкость (снижение условной прочности и относительного удлинения или разрывной силы при воздействии солей, кислот, щелочей, бензина, минеральных масел и др.), % не более	10	10
Примечание – показатель химической стойкости дан для гидроизоляции тоннельных конструкций, подверженных воздействию агрессивных сред.		

5.4.6.4 В лотковой части гидроизоляция должна укладываться на бетонную подготовку (класс бетона не ниже В20) толщиной не менее 10 см.

В местах устройства деформационных швов для наружной гидроизоляции необходимо предусматривать компенсаторы, а в качестве дополнительной гарантии водонепроницаемости обделки – применение гидрошпонок. При обделках без наружной гидроизоляции гидрошпонки следует устанавливать также в рабочих швах бетонирования обделки без устройства наружной гидроизоляции.

5.4.6.5 При применении гидроизоляции, предварительно наносимой на наружную поверхность элементов сборной обделки, следует предусматривать надежные способы соединения гидроизоляции отдельных элементов в процессе их монтажа и защиты ее в процессе строительства от повреждений.

Предохранительные покрытия для лотковой части и перекрытия предусматриваются из мелкозернистого бетона (не ниже В15) толщиной 4-10 см. Защитный слой на перекрытии должен быть армирован металлической сеткой 100x100 или 150x150 мм.

Гидроизоляцию по стенам тоннеля следует защищать, как правило, защитно-дренирующими полимерными полотнами.

5.4.6.6 При использовании для гидроизоляции безосновных мастик адгезия их к бетону должна составлять не менее 0,5 МПа.

5.4.6.7 При устройстве мембранной изоляции следует предусматривать меры по отводу воды и конденсата полотнами нетканого дренирующего материала, закрепляемого на поверхности конструкции перед укладкой гидроизоляции.

5.4.6.8 При сооружении тоннелей из замкнутых секций методом продавливания или протаскивания допускается устройство внутренней металлоизоляции при толщине стальных листов не менее 6 мм.

5.4.6.9 В сборных железобетонных обделках из водонепроницаемых элементов и чугунных обделках тоннелей, сооружаемых щитовым способом, должна быть обеспечена герметизация швов между элементами обделки, болтовых отверстий и отверстий для нагнетания постановкой упругих уплотнителей или чеканкой в соответствии с [8].

5.4.6.10 Гидроизоляцию «стен в грунте», используемых в качестве несущих конструкций в обводненных грунтах, допускается осуществлять металлическими листами толщиной не менее 10 мм.

5.4.6.11 Гибкую гидроизоляцию, устраиваемую, при необходимости, с внутренней стороны обделки, следует защищать железобетонной «рубашкой», рассчитанной на восприятие ожидаемого гидростатического давления. При этом обеспечивать плотное прижатие внутренней железобетонной конструкции к гидроизоляции.

5.4.6.12 Антикоррозионную защиту стальных конструкций и металлоизоляции следует выполнять с учетом требований СП 28.13330.2010, СНиП 3.04.03 и [19]. При этом необходимо предусматривать подготовку металлической поверхности в соответствии с главой 2 СНиП 3.04.03-85. Подготовка поверхности должна отвечать 1-й степени очистки по обезжириванию и 2-й степени очистки по ГОСТ 9.402 от окислов (оксидов). Радиус закругления острых кромок следует принимать не менее 2 мм.

#### **5.4.7 Конструкции притоннельных сооружений**

5.4.7.1 Почти все тоннельные пересечения уличных магистралей и отдельных городских территорий имеют в своем составе въездные и выездные рамповые участки. Несущая ограждающая конструкция рампы выполняется в виде жесткой незамкнутой сверху рамы прямоугольного сечения и переменной высоты из монолитного или сборного железобетона. Выбор конструкции рампы: с выступающими в сторону грунта лотковой его частью и контрфорсами, применением грунтовых анкеров, с горизонтальными распорками, устанавливаемыми в верхней их части и т.п. – определяется глубиной заложения концевых участков тоннеля и инженерно-геологическими условиями строительства.

Конструкции порталов тоннелей решается как правило, в простых архитектурных формах, отвечающих облику окружающей градостроительной обстановки.

5.4.7.2 При заложении рампы в слабых водонасыщенных грунтах необходима проверка ее устойчивости против всплытия. При необходимости следует предусматривать утяжеление конструкции или заанкеривание ее в коренной грунт.

5.4.7.3 Конструкции рамповых стен должны позволять размещение на них фланцевых опор наружного освещения, а порталов, при необходимости, – установку солнцезащитных экранов.



При проветривании тоннеля по порталной схеме в состав конструкции портала может быть включена вентиляционная камера для размещения вентиляционной установки.

5.4.7.4 С внешней стороны парапета, ограждающего портал и рамповые участки тоннеля, следует предусматривать устройство служебного прохода шириной не менее 1 м.

5.4.7.5 Подземные притоннельные сооружения (помещения электроустановок, вентиляционные камеры, камеры водоотливных установок и др.) должны проектироваться с учетом возможности временного пребывания в них обслуживающего персонала в случае пожара или другой чрезвычайной ситуации в транспортной зоне тоннеля.

5.4.7.6 Конструкции шахтных стволов, проходов между смежными тоннелями, подземных путей эвакуации и других притоннельных сооружений следует выполнять в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

5.4.7.7 Полы в помещениях распределительных устройств, электрощитовых и других электропомещениях должны быть покрыты керамической плиткой или другими материалами, не выделяющими пыли и не поддерживающими горения.

Полы вентиляционных камер и насосных станций следует выполнять наливными или облицовывать напольной плиткой.

Стены насосных станций до высоты не менее 1,5 м следует облицовывать настенной керамической плиткой.

## **5.5 Нагрузки и воздействия**

### **5.5.1 Виды нагрузок и воздействий**

5.5.1.1 Нагрузки и воздействия по продолжительности их действия на обделки тоннелей следует подразделять согласно СП 20.13330.2011 на постоянные и временные (длительные, кратковременные и особые).

5.5.1.2 К постоянным нагрузкам следует относить:

- давление грунта;
- гидростатическое давление;
- собственный вес конструкций;
- вес зданий и сооружений, находящихся в зонах их воздействия на обделку тоннеля;
- сохраняющиеся усилия от предварительного напряжения конструкции и давления щитовых домкратов.

5.5.1.3 К длительным нагрузкам и воздействиям следует относить:

- силы морозного пучения грунта;
- вес стационарного оборудования;
- сезонные температурные воздействия, воздействия усадки и ползучести бетона и некоторые другие, указанные в СП 20.13330.2011.
- усилия от предварительного обжатия обделки.

5.5.1.4 К кратковременным нагрузкам следует относить:

- нагрузки и воздействия от внутритоннельного и наземного транспорта;
- нагрузки и воздействия в процессе сооружения тоннеля: от давления щитовых домкратов, от нагнетания раствора за обделку, от усилий, возникающих при подаче и монтаже элементов сборных конструкций, от воздействия веса проходческого и другого строительного оборудования, воздействие водного потока и волновое воздействие на опускающую секцию при транспортировке ее по воде и в процессе опускания, гидростатическое давление на свободный торец секции, сосредоточенную нагрузку от веса затонувшего судна (при условии судоходства по акватории), динамическую нагрузку от максимально возможного для данной акватории веса сбрасываемого корабельного якоря и некоторые другие, определяемые особенностями производства работ.

5.5.1.5К особым воздействиям и нагрузкам следует относить воздействия от деформаций грунтового массива, воздействия высокой температуры при пожаре и некоторые другие, указанные в СП 20.13330.2011, которые могут иметь отношение к проектируемому тоннелю.

### 5.5.2 Постоянные нагрузки

5.5.2.1 Вертикальные и горизонтальные нагрузки от давления грунта при закрытом способе работ или от других постоянных нагрузок, действующих в пределах всего пролета или всей высоты сооружения при расчетах тоннельных обделок допускается принимать равномерно распределенными.

5.5.2.2 Для тоннелей и других объектов, сооружаемых открытым способом, величину нормативной вертикальной нагрузки от насыпного грунта следует принимать в соответствии с давлением всей его толщи над сооружением с учетом веса наземных зданий и других сооружений, строительство которых предусмотрено над данным объектом или в пределах призмы обрушения грунта.

5.5.2.3 Величины вертикальных и горизонтальных нормативных нагрузок на обделку тоннелей, сооружаемых закрытым способом, следует определять на основании результатов инженерно-геологических изысканий и накопленных экспериментальных данных о нагрузках, полученных при измерениях в аналогичных условиях строительства, с учетом возможности образования в грунтах самонесущего свода (рисунок 1).

В особо сложных условиях строительства проектом должно быть предусмотрено проведение наблюдений за изменением напряженно-деформированного состояния обделки тоннеля (мониторинг) в процессе строительства, а при необходимости и начальный период его эксплуатации.

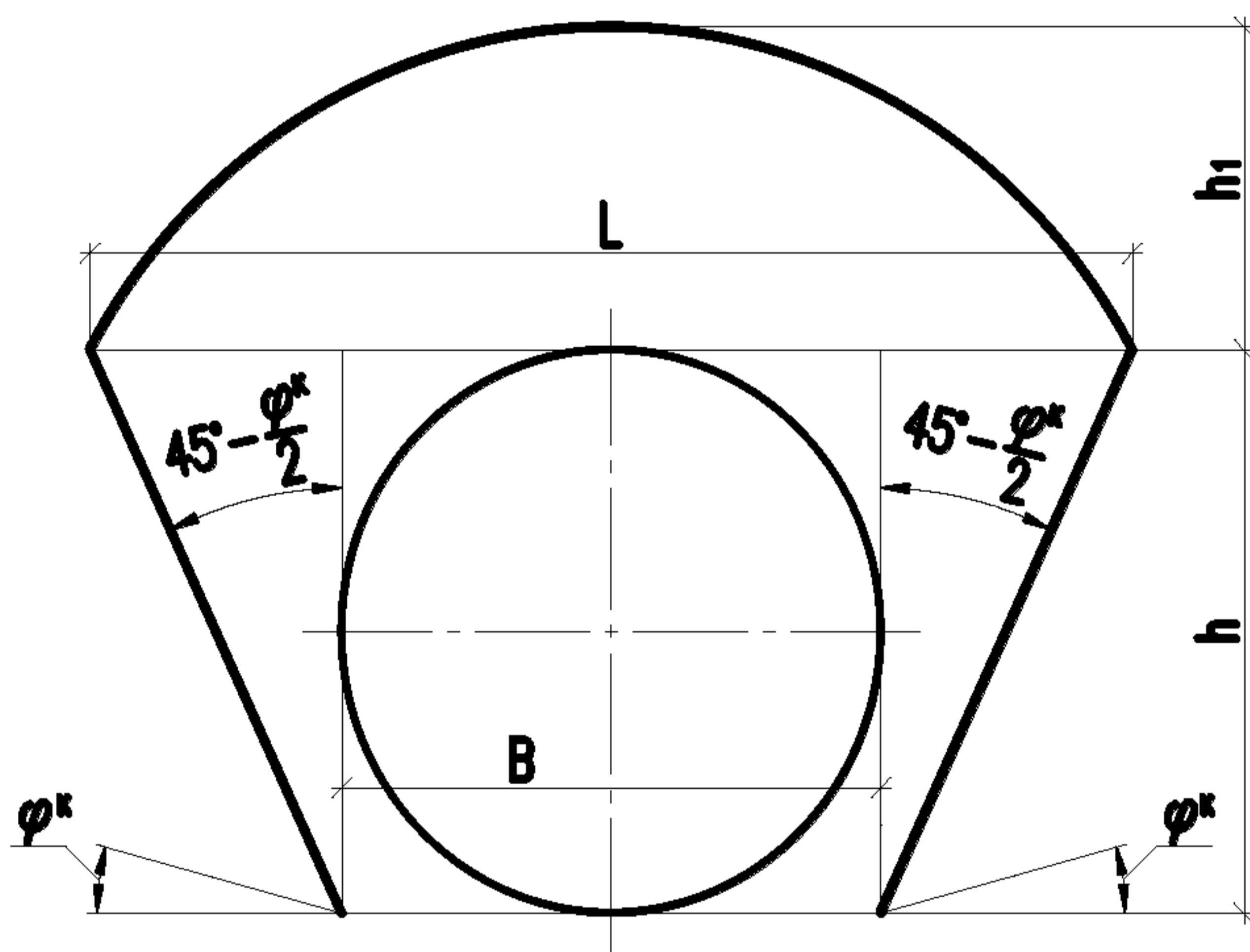


Рисунок 1 - Схема для расчета высоты свода обрушения

5.5.2.4В неустойчивых грунтах, в которых сводообразование невозможно (водонасыщенные несвязные и слабые глинистые грунты), нагрузки принимать с учетом давления всей толщи грунтов над тоннельным сооружением. Нормативную вертикальную и горизонтальную нагрузки  $q^H$  и  $P^H$ ,  $\text{кН/м}^2$ , определять в таких случаях по формулам:

$$q^H = \sum_{i=1}^n Y_i H_i ;$$

$$p^H = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot H_i \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \varphi^k / 2 \right)$$

где  $Y_i$  - нормативный удельный вес грунта соответствующего слоя напластования, кН/м<sup>3</sup>;

$H_i$  - толщина соответствующего слоя напластования, м;

$n$  - число слоев напластований;

$\varphi^k$  - кажущийся угол внутреннего трения грунтового массива в пределах сечения тоннельной обделки, градус, принимаемый по опытным данным или определяется по формуле  $\varphi^k = \arctg f$ , где  $f$  – коэффициент крепости.

Такие же нагрузки принимать и при наличии сводообразования, если расстояние от вершины свода обрушения до земной поверхности или до контакта с неустойчивыми грунтами меньше высоты свода обрушения.

5.5.2.5 Нормативные равномерно распределенные нагрузки: вертикальную -  $q^H$  и горизонтальную -  $p^H$ , кН/м<sup>2</sup>, в условиях сводообразования определять по формулам:

$$q^H = \gamma h_1;$$

$$p^H = \gamma \left( a_1 + 0,5h \right) \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \varphi^k / 2 \right),$$

где  $h_1$  - высота свода обрушения над верхней точкой обделки, м (рисунок 1);

$\gamma$  - нормативный удельный вес грунта, кН/м<sup>3</sup>;

$h$  - высота выработки, м;

$\varphi^k$  – кажущийся угол внутреннего трения грунтового массива в пределах сечения тоннельной обделки, градус, принимаемый по опытным данным или определяется по формуле  $\varphi^k = \arctg f$ , где  $f$  – коэффициент крепости.

5.5.2.6 Высоту свода обрушения  $h_1$  над верхней точкой обделки в условиях сводообразования (рисунок 1) для нескальных необводненных грунтов определять по формуле:

$$h_1 = \frac{L}{2f},$$

где  $L$  - величина пролета свода обрушения, определяемая по формуле

$$L = b + 2h \cdot \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \varphi^k / 2 \right);$$

$f$  - коэффициент крепости, принимаемый на основании геологических изысканий

$b$  - величина пролета выработки, м

а) высоту свода обрушения  $h_1$  над верхней точкой обделки для тоннелей, сооружаемых в глинистых грунтах на глубине более 45 м, принимать с коэффициентом  $K = H / 45$ , где  $H$  - глубина заложения тоннеля от поверхности земли до низа тоннельной обделки, м

б) при заложении тоннелей в глинистых грунтах, прочность которых уменьшается под влиянием поступающих подземных вод, высоту свода обрушения  $h_1$  увеличивать в пределах до 30%.

Коэффициенты, определенные по вариантам (а) и (б), не суммируются. В расчетах принимается большее из двух значений высоты свода обрушения  $h_1$ .

5.5.2.7 Высоту свода обрушения  $h_1$  над верхней точкой обделки в условиях сводообразования для скальных грунтов определять по формулам:

а) для скальных грунтов, оказывающих вертикальное и горизонтальное давление,



$$k_1 = \frac{L}{0,2R\alpha}$$

б) для скальных грунтов, оказывающих только вертикальное давление,

$$k_1 = \frac{b}{0,2R\alpha}$$

где  $R$  - предел прочности грунта на сжатие "в куске" (образце), МПа;

$\alpha$  - коэффициент, учитывающий влияние трещиноватости массива, принимаемый по таблице исходя из предела прочности грунта на сжатие "в куске" и категории массива по степени трещиноватости, которая определяется в зависимости от трещинной пустотности и густоты трещин (среднего расстояния между трещинами наиболее развитой их системы) по таблице 7 и дополнительных характеристик трещиноватости по [15].

Таблица 6

Категория массива скальных грунтов по степени трещиноватости	Коэффициент $\alpha$ при пределе прочности грунта «в куске» на сжатие, МПа				
	10	20	40	80	160
I - практически нетрещиноватые	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0
II - малотрещиноватые	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8
III - среднетрещиноватые	1,2	0,9	0,7	0,6	0,5
IV - сильнотрещиноватые	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3
V - раздробленные (разборная скала)	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1

Таблица 7

Трещинная пустотность, %	Категория грунтов при густоте трещин, м			
	очень редкой (более 1,0)	Редкой (1,0-0,3)	густой (0,3-0,1)	очень густой (менее 0,1)
Малая - менее 0,3	I	II	III	IV
Средняя - 0,3-1,0	II	III	IV	
Большая - 1,0-3,0	III	IV	V	V
Очень большая - более 3,0	IV	V	V	V

#### Примечания

1 При определении трещинной пустотности рыхлый или глиноподобный материал заполнения трещин не учитывается.

2 При большой и очень большой трещинной пустотности и одновременно хорошо выраженной расчлененности массива на блоки по степени трещиноватости его относить к V категории (раздробленным) вне зависимости от густоты трещин.

3 В условиях ожидаемого полного нарушения сплошности скальных грунтов в результате интенсивного их расслоения (кливаж) грунты относить к V категории.

4 При наличии поверхностей скольжения категорию грунта по степени трещиноватости повышать на одну ступень.

5 При трещинах, залеченных частично твердым (кристаллическим) материалом, категорию грунта по степени трещиноватости понижать на одну ступень, а при полностью залеченных трещинах - принимать по I категории.

Наличие горизонтального давления скального грунта устанавливается по опыту строительства в аналогичных условиях. При отсутствии аналогов расчет обделки выполнять в двух вариантах: при наличии горизонтального давления и без него.

5.5.2.8 Полученную по формулам п.5.5.2.7. высоту свода обрушения скальных грунтов корректировать умножением ее на коэффициенты, учитывающие влияние следующих факторов:

а) приток воды в выработку для случаев, когда трещины заполнены рыхлым или размокаемым глиноподобным материалом, - 1,2;

б) расположение трещин наиболее развитой их системы под углом к оси тоннеля менее  $45^\circ$  - 1,1;

в) проходка выработок без применения буровзрывных работ - 0,8.

5.5.2.9 В случаях, когда в грунтовом массиве возможно развитие неблагоприятных для обделки процессов (проявления тектонической напряженности, пучение, ползучесть грунтов, карстово-суффозионные явления) или предполагается значительное изменение свойств или состояния грунтов в результате применения специальных способов производства работ, величины нагрузок на обделку следует устанавливать на основании специальных исследований.

5.5.2.10 При высоте свода обрушения скального грунта менее  $1/6$  его пролета расчет подземных конструкций выполнять на воздействие вывалов. Вертикальную нагрузку интенсивностью, полученной из условия сводообразования, распределять по площади, соответствующей  $1/4$  пролета выработки в наиболее невыгодном для работы обделки положении.

5.5.2.11 Нормативное вертикальное горное давление в грунтах с  $f \leq 4$  при расстоянии от кровли выработки до дневной поверхности больше удвоенной высоты свода обрушения следует принимать равным весу грунтов в объеме, ограниченном сводом обрушения. При меньшем заглублении тоннеля горное давление принимается равным весу всей толщи грунта над ним.

5.5.2.12 Величину вертикальной нагрузки от горного давления на обделки параллельных близко расположенных тоннелей при возможности сводообразования определять в зависимости от размеров выработок, размеров и несущей способности целиков между ними, а также технологии производства работ:

а) при условии образования самостоятельного свода обрушения над каждой выработкой - для каждой выработки в отдельности;

б) при условии образования общего свода обрушения над выработками - как для выработки, пролет которой равен сумме пролетов всех выработок и ширины целиков между ними.

5.5.2.13 Значение нормативной нагрузки на обделку тоннеля в водонасыщенных несвязных грунтах, содержащих свободную воду, принимать в виде совместного действия гидростатического давления воды и давления грунта во взвешенном состоянии. При этом нормативный объемный вес взвешенного в воде грунта  $\gamma_{взв}$ ,  $\text{кН/м}^3$ , определять по формуле

$$\gamma_{взв} = \frac{1}{1 + \varepsilon} \cdot \gamma_s - \gamma_w$$

где  $\gamma_s$  - нормативный удельный вес частиц грунта, определяемый по данным лабораторных исследований,  $\text{кН/м}^3$ ;

$\gamma_w$  - объемный вес воды, принимаемый равным  $10 \text{ кН/м}^3$ ;

$\varepsilon$  - коэффициент пористости грунта, определяемое по опытным данным.

Величину гидростатического давления принимать с учетом максимального и минимального уровня, который установится после окончания строительства.

5.5.2.14 Величину нормативной горизонтальной нагрузки на обделки кругового очертания в глинистых грунтах текучей и пластичной консистенции, водонасыщенных грунтах, а также в грунтах, переходящих в условиях эксплуатации в разжиженное

состояние, следует принимать не более 0,75 величины нормативной вертикальной нагрузки, принимаемой в соответствии с весом вышележащей толщи грунтов.

5.5.2.15 Нагрузку от веса зданий, располагаемых над тоннельным сооружением, следует принимать в зависимости от их этажности, размеров в плане и конструктивных особенностей здания.

При отсутствии проектных решений зданий нормативную нагрузку от их веса допускается применять в зависимости от их предполагаемой этажности в размере 15 кН/м<sup>2</sup> на 1 этаж.

5.5.2.16 Значение нормативной вертикальной нагрузки от собственного веса конструкций следует определять, исходя из проектных размеров конструкций и удельного веса материалов.

Если собственный вес отделки составляет менее 5% вертикального давления, его можно не учитывать.

5.5.2.17 Коэффициенты надежности на постоянные нагрузки при расчетах конструкций отделок по потере несущей способности принимать по таблице 8.

Т а б л и ц а 8

Вид нагрузки	Коэффициент надежности
Вертикальная от давления грунта: от веса всей толщи грунта над тоннелем; а) в природном залегании б) насыпные	1,1 (0,9) 1,15 (0,9)
от горного давления при сводообразовании для грунтов: а) скальных б) глинистых в) песков и крупнообломочных	1,6 1,5 1,4
от давления грунта при вывалах	1,8
Горизонтальная - от давления грунта	1,2(0,8)
Гидростатическое давление	1,1(0,9)
Собственный вес конструкции: сборной железобетонной монолитной бетонной и железобетонной металлической изоляционных, выравнивающих, отделочных слоев	1,1(0,9) 1,2(0,8) 1,05 1,3
Сохраняющиеся усилия от предварительного обжатия отделки и давления щитовых домкратов	1,3
Длительные нагрузки: - вес стационарного оборудования - температурные климатические воздействия - силы морозного пучения в грунтах - вертикальная нагрузка от мостовых и подвесных кранов - воздействие усадки и ползучести бетона	1,05 1,1 1,5 1,1 1,1(0,9)

Окончание таблицы 8



**Примечания**

1 Коэффициенты надежности принимаются по каждой строке одинаковыми в пределах сооружения.

2 Коэффициент надежности в скобках принимать в случае, когда уменьшение нагрузки приводит к более невыгодному нагружению обделки.

При расчетах конструкций на прочность и устойчивость для стадии строительства коэффициенты надежности по постоянным нагрузкам принимать равными 1.

При расчетах конструкций на прочность и устойчивость для стадии строительства коэффициенты надежности по постоянным нагрузкам следует принимать равными 1 за исключением ограждений и анкерных креплений котлованов.

В расчетах обделок на всплытие следует принимать коэффициент устойчивости не менее 1,2.

5.5.2.18 Обделки тоннелей, заложенные ниже прогнозируемого уровня подземных вод, следует рассчитывать на всплытие на расчетные нагрузки по формуле

$$\frac{\sum G}{A h_w \gamma_w} \geq \gamma_f,$$

где  $\sum G$  - сумма всех постоянных вертикальных расчетных нагрузок с минимальными коэффициентами надежности по нагрузке, действующих на длину одного метра тоннеля;

$A$  - площадь подошвы тоннеля на длину одного метра;

$h_w$  - расстояние от уровня грунтовых вод до подошвы тоннеля (без учета бетонной подготовки);

$\gamma_w$  - объемный вес воды, принимаемый равным  $10 \text{ кН/м}^3$ ;

$\gamma_f$  - коэффициент надежности по нагрузке, принимаемый равным 1,2

5.5.2.19 Нормативные нагрузки от веса слоев дорожного покрытия и расположенных на перекрытии тоннелей мелкого заложения различных инженерных коммуникаций следует определять по проектным данным, суммируя давление от веса выравнивающего, гидроизоляционного, защитного и других слоев, а также дорожной одежды проезжей части и покрытия тротуаров.

При заложении тоннеля под путями линий железных дорог, наземных линий метрополитена или трамвая необходимо учитывать давление балласта и элементов верхнего строения пути.

### 5.5.3 Временные и особые нагрузки и воздействия

5.5.3.1 Нормативную временную вертикальную и горизонтальную нагрузки на обделки от наземного транспорта, коэффициенты надежности и коэффициенты динамичности следует принимать по СП 35.13330.2011 и [14].

Нормативные временные нагрузки от подвижного состава автомобильных дорог (АК-14, НК-176, НК-80), железных дорог (СК), наземных линий метрополитена и трамвая следует определять в соответствии с положениями СП 35.13330.2011, раздел 2.

Воздействие временных нагрузок от транспортных средств, проезжающих по тоннелю следует учитывать в случае объединения лотковой части тоннеля с остальными его элементами в единую рамную конструкцию или при расположении проезжей части на повышенном уровне с опиранием плиты перекрытия на стены тоннеля.

5.5.3.2 Временные нагрузки от автомобильных транспортных средств, движущихся над тоннелем мелкого заложения, следует рассматривать в соответствии с планировочной схемой и условиями движения на поверхности:

- непосредственно над перекрытием;
- на призмах обрушения;
- над перекрытием и на призмах обрушения.

Необходимо также учитывать возможность одностороннего (несимметричного) нагружения тоннеля (на части перекрытия или на одной призме обрушения) с учётом эпюры бокового отпора грунта.

5.5.3.3 Временную нагрузку от подвижного состава железных дорог следует принимать в виде объемлющих максимальных эквивалентных нагрузок (СП 35.13330.2011).

Нагрузку от железнодорожных поездов следует учитывать при загрузке тоннельной конструкции в соответствии со схемой расположения нагрузки над перекрытием и призмами обрушения и с учетом распределения её в грунте под углом  $26^\circ$  к вертикали, считая от концов шпал.

5.5.3.4 Нормативную временную нагрузку от подвижного состава метрополитена следует определять в соответствии с положениями [4].

5.5.3.5 При расположении над тоннелем трамвайных путей на обособленном полотне, заезд на которое автомобилей исключен, необходимо учитывать нагрузку от поездов трамвая (СП 35.13330.2011). Если трамвайные пути располагаются на необособленном полотне, то в качестве подвижной нагрузки следует принимать автомобильную АК, совмещая оси полос нагрузки с осями трамвайных путей.

5.5.3.6 При расчете конструкций тоннелей мелкого заложения, имеющих засыпку над ними менее 0,7 м, наряду с вертикальной временной нагрузкой необходимо учитывать горизонтальные нагрузки от ударов подвижного состава, от центробежной силы (если улица или дорога над тоннелем расположены на кривой в плане), а также от торможения и силы тяги транспортных средств в соответствии с положениями СП 35.13330.2011, пп.2.19,2.20.

5.5.3.7 Для тоннелей, заложенных под улицами и дорогами на глубине 1,0 м и более, а также под рельсовыми путями при толщине балласта и засыпки (считая от подошвы рельса) 1 м и более динамический коэффициент следует принимать равным 1,0.

5.5.3.8 Нормативные воздействия от натяжения арматуры предварительно напряженных железобетонных конструкций определяют в соответствии с установленными в проекте максимальными значениями усилий натяжения с учетом нормативных величин потерь, на соответствующих стадиях работы. В железобетонных конструкциях, помимо технологических потерь, связанных с натяжением арматуры и регулированием усилий, следует учитывать потери, вызванные усадкой и ползучестью бетона в соответствии с [6] и [7].

5.5.3.9 Действия сезонного колебания температуры следует учитывать при расчете внешне статически неопределимых бетонных, железобетонных и металлических тоннельных конструкций. Температурные воздействия надлежит определять в зависимости от температуры воздуха и грунтового массива с учетом формы тоннельной обделки и теплофизических свойств материалов.

Нормативные значения температуры можно определять по изотермам, соответствующим месту расположения тоннеля, глубине его заложения и степени доступности теплого и холодного воздуха.

5.5.3.10 Нормативное воздействие усадки и ползучести бетона надлежит принимать в виде относительных деформаций и учитывать при определении перемещений и усилий в конструкциях. Ползучесть бетона должна определяться только от действия постоянных нагрузок.

Величины нормативных деформаций усадки и ползучести бетона следует определять в соответствии с указаниями СП 35.13330.2011, п.3 и 5.

5.5.3.11 Воздействие сил морозного пучения грунтов на обделку в зонах знакопеременных температур учитывать при заложении тоннеля в увлажненных песках мелких и пылеватых, в глинистых или крупнообломочных грунтах с глинистым заполнителем, в грунтах с показателем консистенции  $I > 0$  по СП 25.13330.2010 в зависимости от степени морозной пучинистости при сезонном промерзании приконтурного слоя грунта за обделкой на глубину более 0,5 м. Консистенцию

глинистых грунтов принимать с учетом прогноза ее изменения в стадии эксплуатации тоннеля.

Нормативную нагрузку от сил морозного пучения грунтов  $q_{п}$ , МПа, возникающих на контакте тоннельной обделки с промерзающим грунтом, определять по формуле

$$q_{п} = q_0 \left( 1 + \frac{l}{4F} k_m \right),$$

где  $q_0$  - равномерно распределенная нагрузка от нормальных сил морозного пучения, МПа, определяемая экспериментально и соответствующая нагрузке, которую следует приложить к поверхности пучинистого грунта для полного подавления деформаций пучения данного грунта;

$l$  - периметр обделки по наружной поверхности, м;

$F$  - площадь поперечного сечения выработки, м<sup>2</sup>;

$k_m$  - расчетная глубина слоя сезонного промерзания грунта за обделкой тоннеля, м.

Коэффициент надежности по нагрузке при определении нагрузки от сил морозного пучения принимать как для нагрузки от горного давления при сводообразовании по таблице 8.

5.5.3.12 Коэффициенты надежности к временной нагрузке для других временных нагрузок или воздействий, которые следует учитывать при проектировании строительных конструкций или по условиям производства работ (вес стационарного оборудования, нагрузка от подвесного кранового оборудования, воздействие усадки и ползучести бетона и др.) принимать по СП 20.13330.2011.

5.5.3.13 Сейсмическое воздействие на тоннельную обделку для сооружений, возводимых в районах (зонах) сейсмичностью 7 баллов и более, учитывать по 14.13330.2011 и [10].

## 5.6 Расчет конструкций подземных сооружений

5.6.1 Расчетные схемы конструкций должны в максимальной степени соответствовать условиям работы сооружений и особенностям взаимодействия элементов проектируемой конструкции между собой и грунтом.

5.6.2 Расчеты подземных конструкций следует вести в соответствии с основными положениями ГОСТ Р 54257 с учетом возможных для отдельных элементов или всего сооружения в целом неблагоприятных сочетаний нагрузок и воздействий, которые могут действовать одновременно при строительстве или при эксплуатации. При этом следует рассматривать:

- основные сочетания нагрузок, составляемые из постоянных и временных (длительных и кратковременных) нагрузок и воздействий;
- особые сочетания нагрузок, составляемые из постоянных нагрузок, наиболее вероятных временных и одной из особых нагрузок или воздействий.

Одновременно действующие временные нагрузки должны учитываться в соответствии с указаниями СП 20.13330.2011.

При расчетах несущих конструкций и оснований тоннельных сооружений коэффициент надежности по ответственности согласно ГОСТ Р 54257 следует принимать равным 1, что соответствует 1-му уровню ответственности сооружения.

5.6.3 Конструкции следует рассчитывать по предельным состояниям первой и второй группы.

5.6.4 Расчеты по предельным состояниям первой группы обязательны для всех конструкций. Их следует производить на основные и особые сочетания нагрузок с применением коэффициентов надежности, коэффициентов сочетаний нагрузок в соответствии с указаниями СП 20.13330.2011, коэффициентов условий работы конструкций и расчетных значений прочностных характеристик их материалов, а при необходимости, и динамических коэффициентов.



Расчеты тоннельных обделок закрытого способа работ на выносливость не производятся, а обделок открытого способа - только при засыпке над перекрытием менее 0,8 м и наличии больших пролетов - 20 м и более.

5.6.5 Расчеты конструкций по предельным состояниям первой группы следует производить с учетом особенностей их работы:

- для монолитных бетонных и железобетонных обделок в необводненных грунтах или при наличии гидроизоляции - возможности неупругих деформаций бетона и арматуры и наличия допускаемых нормами трещин (по СНиП 52-01);
- для чугунных и сборных железобетонных обделок со связями растяжения - расположения и величины начальных зазоров в стыках и податливости стыков;
- для сборных железобетонных обделок с перевязкой швов - взаимодействия между смежными кольцами.

При расчетах бетонных и железобетонных обделок необходимо применять дополнительные коэффициенты условий работы конструкций: 0,9 для монолитных обделок, отражающий неточность в назначении расчетной схемы, и 0,8 для сборных обделок, отражающий деформативность стыков при условии устройства гидроизоляции.

5.6.6 Расчеты обделок по предельным состояниям второй группы следует производить на основные сочетания нагрузок, принимая коэффициенты надежности и условий работы конструкции равными 1 и используя нормативные значения нагрузок и прочностных характеристик материалов.

При расчетах обделок открытого способа работ должны учитываться следующие требования:

- для железобетонных элементов перекрытий определять величины вертикальных прогибов и раскрытия трещин, при этом величина прогиба от воздействия постоянной и временной вертикальной нагрузок в пределах пролета не должна превышать  $1/200 L$  ( $L$  - длина расчетного пролета) при предельной величине длительного раскрытия отдельных трещин до 0,2 мм, кратковременного - до 0,3 мм;
- для железобетонных элементов стен определять величину горизонтальных прогибов и раскрытия трещин, при этом величина прогиба от воздействия постоянной и временной нагрузок для стен подземных сооружений не должна превышать  $1/300 H$ , для стен рамп -  $1/200 H$  ( $H$  - расчетная высота стены) при предельной величине длительного раскрытия отдельных трещин до 0,3, кратковременного до 0,4 мм.

Тоннельные обделки на выносливость не проверяются, за исключением обделок большого пролета более 9 метров с минимальной засыпкой над перекрытием менее 1 м, расчет которых ведется по мостовой схеме.

5.6.7 Железобетонные элементы сборных обделок тоннелей, сооружаемых закрытым способом в обводненных грунтах, без устройства сплошной гидроизоляции, следует рассчитывать на нагрузки с учетом соответствующих коэффициентов надежности в соответствии с таблицей 8, исходя из условия недопущения образования трещин на всех стадиях их работы (изготовление, складирование, транспортирование, монтаж и эксплуатация).

В обделках тоннелей, сооружаемых в необводненных грунтах, а также в обделках с гидроизоляцией по всему их контуру, допускается величина длительного раскрытия трещин не более 0,2 мм.

5.6.8 Статические расчеты обделок всех видов для тоннелей, сооружаемых открытым и закрытым способом, на заданные нагрузки выполняются методами строительной механики.

Расчеты обделок тоннелей, сооружаемых закрытым способом, производятся с учетом отпора грунтового массива, кроме обделок, проектируемых для слабых грунтов (типа пльвунов или илистых грунтов), которые следует рассчитывать без учета отпора.

5.6.9 Деформационные характеристики грунтового массива (модуль деформации, коэффициент поперечной деформации, коэффициент упругого отпора) определять на основании данных инженерно-геологических изысканий, натуральных и лабораторных исследований, а также данных, полученных при строительстве тоннелей в аналогичных инженерно-геологических условиях. При отсутствии опытных данных коэффициент отпора допускается принимать по таблице 9.

Таблица 9

Грунты в сечении выработки	Коэффициент отпора, Н/см <sup>3</sup> (кгс/см <sup>3</sup> )	
	при удельном давлении на грунт до 0,4 МПа (4 кгс/см <sup>2</sup> )	при удельном давлении на грунт свыше 0,4 МПа (4 кгс/см <sup>2</sup> )
Скальные средней прочности (временное сопротивление водонасыщенному состоянию 25-40 МПа (250-400 кгс/см <sup>2</sup> ):		
слаботрещиноватые	1000-1500 (100-150)	1000-1500 (100-150)
сильнотрещиноватые	400-600 (40-60)	400-600 (40-60)
Скальные средней прочности и малопрочные (временное сопротивление одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии 8-25 МПа (80-250 кгс/см <sup>2</sup> ):		
слаботрещиноватые	700-1000 (70-100)	700-1000 (70-100)
сильнотрещиноватые	200-400 (20-40)	200-400 (20-40)
Глины твердые ненарушенные	150-250 (15-25)	80-150 (8-15)
Глины полутвердые или твердые нарушенные	100-200 (10-20)	50-100 (5-10)
Крупнообломочные, пески плотные	70-100 (7-10)	50-70 (5-7)

5.6.10 При расчетах обделок, обжимаемых в грунт, в основном сочетании нагрузок на стадии их монтажа учитывать полное усилие обжатия и временные строительные нагрузки. Для стадии эксплуатации обделок остаточное усилие обжатия учитывать в случае, если оно превышает нормальную силу от горного давления. В противном случае расчет ведется так же, как для необжатых обделок.

5.6.11 Стыки бетонных и железобетонных блоков и тюбингов рассчитывать на прочность и трещиностойкость при наиболее неблагоприятном возможном распределении контактных усилий в стыке.

Предельную нормальную силу в цилиндрическом стыке (несущую способность стыка)  $N_H$ , МПа, определять по формуле:

$$N_H = 0,75 R_B b h_3 \left(1 - \frac{2e}{h_3}\right),$$

где  $R_B$  - расчетное сопротивление бетона осевому сжатию, МПа;

$b$  - ширина блока или тюбинга, м;

$h_3$  - высота поперечного сечения элемента, м;

$e$  - возможный эксцентриситет в стыке (при отсутствии данных принимается равным  $h_3/30$ ), м.

5.6.12 Бетонные и железобетонные конструкции тоннелей по предельным состояниям и их конструирование следует производить в соответствии с требованиями СП 35.13330.2011 и [14].

Расчет конструкций чугунных тоннельных обделок по предельным состояниям следует производить по СП 16.13330.2011.

5.6.13 При реконструкции тоннеля с полной заменой обделки нормативную нагрузку от горного давления на тоннель необходимо увеличить в 1,3 раза.

5.6.14 Силы трения и сцепления между тоннельной обделкой и грунтом следует

учитывать, кроме случаев заложения тоннеля в слабых грунтах. При этом величины передаваемых на грунт касательных напряжений не должны превышать величин предельных сдвигающих напряжений для грунта.

5.6.15 Расчет железобетонных конструкций подземных сооружений, подверженных воздействию агрессивных сред, выполнять с учетом требований к трещиностойкости и предельно допустимой ширине продолжительного раскрытия трещин по таблице 4.

5.6.16 Ребра элементов сборной обделки, стягиваемые болтами, необходимо рассчитывать на прочность и трещиностойкость при предельных усилиях в болтах. Эти усилия следует вычислять по нормативному сопротивлению болтовой стали с коэффициентом 1,25.

5.6.17 Конструкции плит проезжей части и других конструкций, которые непосредственно воспринимают нагрузку от транспортных средств, следует проектировать в соответствии со СП 35.13330.2011 и [14].

## **5.7 Сооружение тоннелей**

### **5.7.1 Организации строительства тоннелей**

5.7.1.1 Проект организации строительства (ПОС) следует разрабатывать в соответствии с требованиями СП 48.13330.2011 с учетом требований технических условий и регламентов, разработанных применительно к строительству данного тоннеля и утвержденных в установленном порядке.

Для строительства объектов, сооружение которых осуществляется различными генподрядными организациями, следует разрабатывать отдельные ПОС.

5.7.1.2 При проектировании организации строительства транспортных тоннелей необходимо учитывать сложные инженерно-геологические условия строительства, обусловленные их изменчивостью, наличием многочисленных погребенных речных размывов и высокой степенью обводненности грунтов, агрессивностью водовоздушной среды, в том числе и техногенной, а также сложные градостроительно-планировочные условия, особенно в центральной части города, густую сеть подземных коммуникаций, интенсивное движение транспорта и массовость пешеходного движения. Это приводит во многих случаях к необходимости использования при строительстве одного объекта разных технологий, применения специальных методов работ, освоения новых для отечественного тоннелестроения методов строительства, получивших распространение за рубежом.

5.7.1.3 На участках малозастроенных территорий и в местах пересечения транспортных магистралей тоннели целесообразно прокладывать при мелком их заложении открытым или полузакрытым, а в отдельных случаях - для преодоления высотных препятствий - закрытым способом. В центральной и других плотно застроенных частях города при пересечении трассой территорий с высокой градостроительной ценностью, заповедных зон, водных преград строительство протяженных тоннелей целесообразно вести закрытым способом.

5.7.1.4 В ПОС должны быть приведены следующие материалы:

- общая схема расположения тоннеля и притоннельных сооружений на ситуационном плане местности с указанием участков, сооружаемых разными способами и мест расположения строительных площадок;

- планы строительных площадок с расположением на них временных зданий, сооружений, дорог и коммуникаций;

- проектные решения, определяющие способы и средства производства СМР по участкам, расстановку основных машин и оборудования, необходимых для производства подготовительных и основных, в том числе специальных работ, графики их работы и объемы выполняемых работ;



- проектные решения по обеспечению сохранности наземных и подземных сооружений и коммуникаций, по пересечениям городских дорог, согласованные с эксплуатирующими организациями;

- проектные решения, определяющие основные положения раздела «Промышленная техническая безопасность» (для участков, сооружаемых закрытым способом);

- план расположения временных подземных выработок, необходимых для выполнения основных проходческих работ, подземного водоотлива и вентиляции (при строительстве закрытым способом);

- проект (схему) организации движения транспорта на время строительства;

- выполнение научно-исследовательских и экспериментальных работ (при необходимости);

- схема плановой и высотной геодезической и маркшейдерской основы для обеспечения строительства с основными требованиями к точности создания на поверхности геодезической сети и маркшейдерской сети, а также основные положения геодезического и маркшейдерского обеспечения горнопроходческих и строительномонтажных работ;

- общий график производства подготовительных и основных строительномонтажных работ с указанием объемов и способов выполнения этих работ, порядка и сроков выполнения их по участкам с указанием потребности в основных строительных машинах и проходческом оборудовании, энергоресурсах, баланса перемещаемых грунтовых масс;

- схема расстановки механизмов, используемых для обслуживающих процессов, графики работы механизмов по участкам с указанием сроков эксплуатации и режимов работы, а также ведомость подсчета объемов работ по участкам;

- пояснительная записка, включающая обоснование принятых способов работ, скоростей проходки подземных выработок (при строительстве закрытым способом) и применения специальных способов работ, а также перечень сооружений, которые по условиям монтажа постоянного технологического оборудования требуют создания необходимого температурно-влажностного режима, с указанием основных параметров этого режима.

5.7.1.5 Проектирование ПОС должно осуществляться на основе принципов системного анализа и логистических подходов, позволяющих обеспечить принятие оптимальных организационно-технических и технологических решений, в наибольшей степени отвечающих требованиям надежности и долговечности сооружений при высоком качестве тоннельных конструкций, сокращении сроков и стоимости строительства, сбережении материальных ресурсов и минимизации эксплуатационных затрат.

В процессе проектирования следует по возможности максимально использовать элементы автоматизированного проектирования на основе сертифицированных программных комплексов, компьютерной графики и пр.

5.7.1.6 При разработке ПОС, следует ориентироваться на применение гибких и адаптивных технологий, комплекса высокопроизводительных специализированных машин, механизмов и оборудования, обеспечивая мониторинг состояния окружающей среды в целях оценки ее изменения в процессе производства работ.

Выбор наиболее эффективной технологии и тоннелестроительного оборудования производится путем технико-экономического сопоставления конкурентоспособных альтернативных решений в соответствии с длиной и размерами поперечного сечения тоннеля, глубиной его заложения, конкретными градостроительными и инженерно-геологическими условиями, а также финансово-экономическими и экологическими требованиями минимального нарушения грунтового массива и состояния поверхности в районе строительства.

5.7.1.7 Принятые в проекте ПОС технологии должны обеспечивать безопасное и безаварийное строительство. С этой целью необходимо оценивать степень риска и его возможные последствия на всех этапах изысканий, проектирования и строительства, обеспечивать систематический контроль качества тоннелестроительных работ, а в сложных условиях – и научное сопровождение строительства.

### **5.7.2 Сооружение тоннелей открытым и полужакрытым способом**

5.7.2.1 При строительстве тоннелей открытым способом ограждающие конструкции стен котлованов выполняются из погружных стальных трубчатых или профильных свай с промежуточной затяжкой, шпунта, буронабивных железобетонных, винтовых, буроинъекционных или грунтоцементных свай или в виде траншейных «стен в грунте» и др.

В зависимости от размеров котлована и местных условий ограждающие конструкции усиливаются распорной крепью, если она не препятствует производству последующих работ, или анкерной крепью.

Для возведения «стен в грунте» следует использовать специализированные буро-фрезерные или грейферные траншеекопатели, стандартное оборудование для приготовления, циркуляции и регенерации глинистого раствора, бетононасосы для напорного бетонирования или оборудование для бетонирования по технологии вертикально поднимаемой трубы.

Применение забивных свай или шпунта в условиях городской территории, застроенной жилыми и производственными зданиями, не допускается.

При соответствующем технико-экономическом обосновании возможно устройство ограждающих конструкций из грунта, стабилизированного методом искусственного замораживания, химического закрепления, струйной цементации или нагельной крепью из стальных или полимерных армирующих стержней, объединенных с ограждающими плитами или слоем набрызгбетона.

При проектировании и устройстве нагельного крепления следует руководствоваться требованиями [20].

5.7.2.2 Применяя открытый способ работ в местах расположения городских магистралей в целях обеспечения непрерывного движения транспорта и пешеходов через котлован или вдоль него следует рассмотреть целесообразность использования временных мостов-перекрытий и сборно-разборных эстакад. Конструкции мостов-перекрытий и сборно-разборных эстакад надлежит устраивать инвентарными, многократно оборачиваемыми из стальных элементов плитно-балочного типа, опирающихся на ограждение стен котлована или столбчатые опоры. Наряду со стационарными могут использоваться передвижные мосты-перекрытия.

В условиях плотной городской застройки и интенсивного уличного движения следует рассматривать также целесообразность сооружения тоннеля полужакрытым способом. При этом способе предусматривается возведение стен тоннеля из буровых свай или по технологии «стена в грунте» с последующим опиранием на них плоского или сводчатого перекрытия, под защитой которого ведутся все последующие работы.

5.7.2.3 В процессе проектирования проводится санитарно-экологическое обследование почв и грунтов.

При строительстве необходимо уточнять объемы и состав разрабатываемых грунтов, пригодных для вторичного использования, в том числе для обратной засыпки сооружений и обеспечивать их отдельное складирование на предусмотренных проектом местах.

### **5.7.3 Сооружение тоннелей закрытым способом**

5.7.3.1 Способы сооружения участков тоннелей глубокого заложения, которые могут иметь место при строительстве тоннелей большой протяженности (более 1 км), должны назначаться в зависимости от длины этих участков, инженерно-геологических

условий строительства и других факторов, определяющих возможности механизации проходческих работ.

Применение тоннелепроходческих машин (ТПМ) роторного типа экономически целесообразно обычно при проходке участков тоннелей длиной более 1-1,5 км. Использование ТПМ с рабочим органом избирательного действия целесообразно для более коротких тоннелей.

5.7.3.2 Вкарбонной толще горных пород возможно использование горных способов работ с раскрытием больших выработок сразу на полный профиль и разработкой грунта буровзрывным способом.

Использование буровзрывных работ в городских условиях допускается только при соответствующем обосновании и с рядом ограничений (малая величина заходки, мелкошпуровые заряды и пр.). При этом следует организовать систематический мониторинг сейсмического воздействия взрывных работ на грунтовый массив, здания и инженерные коммуникации, а в случае необходимости и их инженерную защиту.

#### **5.7.4 Сооружение тоннелей щитовым методом**

5.7.4.1 При разработке ПОС протяженных тоннелей следует рассматривать целесообразность применения щитового способа работ. В зависимости от конкретных инженерно-геологических условий надлежит применять механизированные щиты (МЩ) различных систем:

- в устойчивых грунтах – с рабочим органом роторного действия;
- в слабоустойчивых грунтах – с рабочим органом роторного или экскаваторного действия;
- в неустойчивых водонасыщенных грунтах – с пригрузочными камерами, заполненными под давлением сжатым воздухом, водой, глинистым (бентонитовым) раствором, шламом, грунтом или пеногрунтом со специальными устройствами для удаления валунов и герметизации строительного зазора и пригрузочной камеры;
- в смешанных грунтах – «миксощиты», пригрузочные камеры которых в зависимости от изменения свойств пересекаемых грунтов заполняют различными стабилизирующими составами на основе бентонита.

5.7.4.2 При разработке технологических схем щитовой проходки следует ориентироваться на применение наряду с традиционными видами оборудования современных систем конвейерного, трубопроводного и контейнерного транспортирования грунта, роботизированных установок для монтажа сборных обделок, автоматизированных систем управления работой всех агрегатов и навигационных устройств ведения щита по трассе тоннеля.

При проходке в сложных инженерно-геологических условиях МЩ должны быть оснащены георадарами для обнаружения и определения месторасположения различных неоднородностей, нарушенных зон, а также для оценки свойств грунтов. При проходке в неустойчивых грунтах МЩ закрытого типа должны быть оснащены системами определения веса или объема вынимаемого грунта для контроля перебора тоннельного сечения. МЩ с пригрузочной камерой должны быть оснащены датчиками давления для контроля рекомендуемого пригруза в камере.

#### **5.7.5 Сооружение тоннелей мелкого заложения**

5.7.5.1 При строительстве транспортных тоннелей мелкого заложения под различными искусственными или естественными препятствиями целесообразно использовать технологию продавливания. Крупногабаритные тоннельные секции могут возводиться непосредственно перед пересекаемым препятствием или монтироваться из отдельных блоков заводского изготовления.

В зависимости от конкретных условий строительства могут быть реализованы различные технологические схемы производства работ:



- одностороннее или встречное продавливание или “протаскивание” секций через тело насыпи;
- «телескопическое» продавливание с перемещением секций меньших размеров поперечного сечения через секции больших размеров;
- поочередное продавливание отдельных элементов тоннельной конструкции;
- продавливание под защитой экранов из труб.

Во всех случаях должна обеспечиваться надежная герметичность стыков секций.

5.7.5.2 Участки транспортных тоннелей мелкого заложения под дорогами, улицами, подземными сооружениями и коммуникациями при соответствующем технико-экономическом обосновании могут быть сооружены под защитой опережающей крепи из стальных, железобетонных или асбоцементных труб, устраиваемых из вспомогательных выработок (траншей, галерей, штолен), располагая их вдоль или поперек оси будущего тоннеля. В первом случае трубы располагают по перекрытию или по перекрытию и стенам тоннеля, а во втором – только по перекрытию.

Трубы диаметром от 85 до 1500 мм и более могут продавливаться в грунт, проталкиваться в пробуренные скважины или устраиваться с применением микротоннельной щитовой технологии.

Проходку тоннеля под экраном из труб ведут по технологии горного способа, подкрепляя экран рамной или арочной крепью, с последующим возведением капитальной обделки конструктивно не связанной с временной крепью.

5.7.5.3 При разработке ПОС тоннелей или их участков под зданиями другими сооружениями или в непосредственной близости от них необходимо предусматривать меры их инженерной защиты, которые могут быть конструктивными (например, закрепление грунтов) и технологическими (опережающая временная крепь при горных способах, механизированные щиты с ограждением лба забоя и уплотнением строительного зазора, технология «стена в грунте» при открытых способах, стабилизация грунтового массива и др.).

В некоторых случаях до начала строительства тоннеля по результатам обследования зданий может потребоваться усиление их несущих конструкций, устройство ограждающих стен между фундаментами зданий и строящимся тоннелем, возведение опорно-разгружающих конструкций над тоннелем или другие мероприятия. До начала и в процессе строительства в таких случаях надлежит вести мониторинг напряженно-деформированного состояния грунтового массива, крепи тоннеля и конструкций зданий.

### **5.7.6 Специальные способы работ**

5.7.6.1 Строительство транспортных тоннелей мелкого заложения в слабых неустойчивых водонасыщенных грунтах при расположении уровня грунтовых вод выше подошвы выработки может потребовать применения специальных способов осушения и закрепления грунтового массива: водопонижения, замораживания, химического закрепления, струйной цементации и др.

Водопонижение целесообразно при строительстве тоннелей открытым или полуоткрытым способами в несвязных грунтах с коэффициентом фильтрации от 0,3 до 100 м/сут.

Искусственное рассольное и безрассольное (низкотемпературное) замораживание следует применять при наличии разнородных пластов водоносных грунтов с коэффициентами фильтрации не более 10 м/сут., а также в трещиноватых скальных грунтах, залегающих над толщей неустойчивых водоносных грунтов, с притоком подземных вод более 50 м<sup>3</sup>/сут.

При строительстве тоннелей мелкого заложения в открытых котлованах искусственное замораживание может быть использовано также для создания водонепроницаемого ограждения стен в сочетании со свайной крепью, либо выполнять функции самостоятельной крепи.

Необходимость в закреплении неустойчивых грунтов (цементация, силикатизация, смолизация) возникает при строительстве тоннелей вблизи фундаментов зданий, инженерных коммуникаций или рядом с другими подземными сооружениями, а также для создания надежного основания котлованов.

При строительстве тоннелей в слабоустойчивых песчаных, песчано-гравелистых, суглинистых и глинистых грунтах, содержащих каменные включения размером не более 150 мм, для закрепления массива может быть использован метод струйной цементации. Этим методом можно устраивать грунтоцементные сваи или «стены в грунте», противофильтрационные завесы, опережающие экраны из стабилизированного грунта по контуру тоннеля.

5.7.6.2 Применяя те или иные специальные методы осушения и закрепления грунтового массива, необходимо в процессе строительства тоннеля вести систематические наблюдения за соответствием фактических геотехнических условий проектным данным.

В случае необходимости должны быть приняты технические меры инженерной защиты территории над строящимся тоннелем: компенсационный долив воды в грунт при водопонижении, искусственное оттаивание грунта при замораживании, предотвращение загрязнения подземных и поверхностных вод вредными веществами при химическом закреплении грунтов, уплотнительное или компенсационное нагнетание в грунт стабилизирующих составов и другие меры.

5.7.6.3 Отдельные участки тоннелей, а также притоннельные подземные сооружения (шахтные стволы, вентиляционные и дренажные камеры и другие), имеющие ограниченные размеры в плане и запроектированные под свободной городской территорией, могут быть возведены опускным способом.

Наиболее эффективна технология опускания тонкостенных облегченных конструкций в тиксотропной рубашке. Ее можно применять практически в любых нескальных грунтах. Площадь поперечного сечения опускных сооружений может достигать 500 м<sup>2</sup>, а глубина погружения – 30 м и более.

В процессе опускания сооружения во избежание прорыва глинистого раствора под ножевую часть необходимо устройство глиняного замка из мятой глины или уплотнительной манжеты. Соответствующие меры должны быть приняты для устранения возможных кренов и зависаний оболочек.

Опускание участков тоннельных конструкций или камер в слабых водонасыщенных грунтах может оказаться целесообразным в сочетании с применением водопонижения, искусственного замораживания или сжатого воздуха.

5.7.6.4 Для сооружения железнодорожных тоннелей под протяженными водными преградами эффективно применение строительства с помощью опускных секций. Его возможно применять при глубине воды в водотоке (водоеме) от 6 до 40 м при наличии в основании грунтов, способных обеспечить устойчивость откосов и дна подводного котлована. Эффективность способа повышается при строительстве протяженных многополосных тоннелей, а также при наличии в районе строительства тоннеля доков или стапелей, на которых могут быть изготовлены тоннельные секции.

С использованием способа опускных секций могут быть построены подводные тоннели, заглубленные в дно водотока, а также тоннели на искусственных дамбах, на опорах типа мостовых (тоннели-мосты) и плавающие тоннели, заякоренные в дно водотока или удерживаемые на понтонах.

Сооружение подводных тоннелей способом опускных секций предусматривает выполнение комплекса сложных и трудоемких технологических операций по изготовлению, транспортированию, опусканию и подводной стыковке тоннельных секций, а также по вскрытию подводного котлована, подготовке основания под секции, их обратной засыпке и устройства сопряжения подводного участка из опускных секций с береговыми участками тоннеля.

### 5.7.7 Транспортирование грунта и материалов

5.7.7.1 Транспортирование грунта и материалов при сооружении стволов, горизонтальных и наклонных тоннелей должно производиться без перегрузок. Работы по погрузке и разгрузке клетей, откатке вагонеток на поверхности и в околоствольном дворе должны быть механизированы.

5.7.7.2 Выдача грунта на дневную поверхность должна производиться при проходке ствола на всю его глубину и околоствольного двора на длину до 10 м с помощью бадьевого подъема. При последующей проходке тоннелей для выдачи грунта должен использоваться постоянный шахтный подъемник.

Выдача грунта по наклонным тоннелям должна производиться скипами, а при наличии передовой штольни спуск грунта следует осуществлять по лотку, оборудованному для транспортирования грунта.

Вертикальное транспортирование грунта и материалов при проходке тоннелей в разных горизонтах следует осуществлять с помощью вспомогательных грузовых подъемников, для которых допускается применение электрических редукторных лебедок.

5.7.7.3 При строительстве тоннелей закрытым способом следует использовать рельсовый и самоходный безрельсовый транспорт.

При сооружении горизонтальных и наклонных транспортных тоннелей закрытым способом следует использовать преимущественно рельсовый транспорт (узкоколейный).

Транспортирование грунта в горизонтальных тоннелях должно производиться в вагонетках емкостью не менее  $1,5 \text{ м}^3$ . Сухая цементная смесь для нагнетания за обделку должна доставляться в тоннель в контейнерах. Элементы сборной обделки должны перевозиться на специальных платформах. Длинномерные материалы должны доставляться в специальных вагонах.

Доставка бетонной смеси в тоннель (к бетоноукладчикам, пневмонагнетателям, месту укладки) должна осуществляться с помощью вагонеток при использовании рельсового транспорта для строительства тоннелей и автобетоносмесителями и автобетоновозами при безрельсовом транспорте. В последнем случае допускается доставка бетонной смеси автосамосвалами.

5.7.7.4 На рельсовых путях с уклоном более  $10\text{‰}$  должны предусматриваться устройства, исключающие возможность самокатного движения подвижного состава.

5.7.7.5 В качестве основного тягового средства для перемещения составов следует применять контактные и аккумуляторные электровозы постоянного тока. Для перемещения составов на расстояние до 100 м допускается применять лебедки, толкатели и др.

5.7.7.6 В горизонтальных выработках следует укладывать два узкоколейных пути с устройством через 200 — 300 м односторонних или перекрестных съездов.

В выработках протяженностью свыше 500 м допускается укладка одного пути с устройством разъездов через 200 — 300 м и при укладке двух путей вблизи околоствольного двора и в зоне забоя.

5.7.7.7 Величина радиуса закругления кривых рельсового пути должна быть не менее 7-кратной длины наибольшей жесткой базы подвижного состава при скорости движения 1,5 м/с и 10-кратной длины жесткой базы при скорости более 1,5 м/с и при углах поворота более  $90^\circ$ .

5.7.7.8 Величина уширения колеи на участках кривых радиусом 8 — 10 м должна быть: при жесткой базе 600 мм — 10 мм; то же, 800 — 810 мм — 15 мм; и 1100 мм — 20 — 25 мм.

Величина превышения наружного рельса пути на участках кривых радиусом 8 м должна быть 20 мм при скорости движения 1,5 м/с и 35 мм при скорости движения 2 м/с, а на участках кривых радиусом 10 м должна быть 15 мм при скорости движения 1,5 м/с и 25 мм при скорости движения 2 м/с.



5.7.7.9 Для устройства рельсового пути при электровозной тяге надлежит использовать преимущественно рельсы Р-24. Выбор типа рельсов в зависимости от применяемого горнопроходческого оборудования должен определяться проектом производства работ.

5.7.7.10 Рельсовый путь в тоннеле следует укладывать собранными звеньями на заранее подготовленное основание. Рельсы узкоколейного пути должны укладываться со стыками на весу.

5.7.7.11 Безрельсовый транспорт с двигателями внутреннего сгорания допускается применять при сооружении тоннелей горным способом и тоннелей метрополитенов мелкого заложения.

5.7.7.12 Подошва подземных выработок, по которым происходит движение автотранспорта, должна уплотняться щебенистым или другим аналогичным неразмокающим грунтом, полученным при разработке забоя.

В гидротехнических тоннелях, а также в подходных и временных транспортных выработках гидроузлов для движения автотранспорта следует, как правило, бетонировать лоток.

### **5.7.8 Требования промышленной (технической) безопасности и охраняемые мероприятия при производстве тоннельных работ**

5.7.8.1 Работы по строительству подземных сооружений в соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности производственных объектов» от 21.07.97 № 116-ФЗ относятся к категории опасных, поэтому проект организации строительства тоннелей или их участков, сооружаемых подземным способом, должен включать раздел «Промышленная безопасность».

5.7.8.2 Раздел «Промышленная (техническая) безопасность» составляется с учетом требований Временных методических указаний по разработке раздела «Техническая безопасность» в проектной документации на строительство тоннелей и подземных сооружений, утвержденных Госгортехнадзором России 30.07.99 г. В разделе должны найти отражение проектные решения, направленные на обеспечение технической безопасности при строительстве тоннеля или отдельных его участков закрытым способом.

5.7.8.3 В разделе должен быть приведен перечень работ, выполнение которых связано с повышенной опасностью. При строительстве особо сложных и уникальных объектов, а также с применением нестандартного оборудования или технологий проектная организация должна разработать дополнительные мероприятия, обеспечивающие техническую безопасность строительства.

5.7.8.4 При строительстве тоннелей в особо сложных инженерно-геологических условиях, а также под руслами рек и водоемами, должны быть определены границы возможного прорыва в выработки воды или плывунов и разработаны меры по их предупреждению (уменьшение длины заходки, увеличение несущей способности временной крепи, возведение постоянной обделки без отставания от забоя, закрепление грунтов и т.п.).

5.7.8.5 При строительстве тоннелей закрытым способом на основе прогноза ожидаемых деформаций земной поверхности должны разрабатываться проекты наблюдательных станций для фиксации осадок земной поверхности и расположенных в зоне возможного влияния проходки зданий, сооружений, коммуникаций и других объектов, повреждение которых может привести к аварийной ситуации.

Проекты наблюдательных станций должны разрабатываться в соответствии с требованиями Инструкции по наблюдениям за сдвижением земной поверхности и расположенными на ней объектами при строительстве подземных сооружений.

5.7.8.6 Строительно-монтажные работы в охранной зоне действующих линий электропередачи, железных и автомобильных дорог, нефтегазопроводов, подземных коммуникаций должны выполняться в соответствии с проектами производства

работ при наличии письменного разрешения эксплуатирующей организации, наряда-допуска и под непосредственным руководством лица технического надзора.

5.7.8.7 Проектирование работ, связанных с использованием взрывчатых материалов должно осуществляться в соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах.

5.7.8.8 Для каждого тоннеля, сооружаемого закрытым способом, в проектах производства работ должен быть разработан и утвержден первым руководителем подрядной организации план ликвидации аварий в соответствии с [21, приложение 1].

5.7.8.9 Содержание токсичных веществ в вентиляционных выбросах не должно превышать значений предельно допустимых по каждому его ингредиенту в соответствии с нормами, установленными органами Санэпиднадзора.

Содержание вредных и опасных веществ в составе воздуха подземных выработок и дренажных вод не должно превышать предельно допустимых концентраций, установленных действующими нормативными документами.

5.7.8.10 Горнопроходческие, строительные, грузоподъемные, транспортные машины, механизмы и оборудование должны соответствовать требованиям действующих государственных стандартов, правил устройства и безопасности эксплуатации, а также инструкций заводов-изготовителей. Использование технических устройств разрешается при наличии у организации-изготовителя сертификата качества изделия и разрешения Ростехнадзора на применение.

Все эксплуатируемое оборудование должно проходить техническое освидетельствование в соответствии с регламентом завода-изготовителя с составлением актов установленной формы.

5.7.8.11 Приемка в эксплуатацию вновь смонтированных горнопроходческих комплексов, подъемных, главных вентиляционных и водоотливных установок, электровозной откатки должна проводиться комиссией, назначенной руководителем строительной организации с участием представителей Ростехнадзора и представителей других заинтересованных органов государственного надзора.

До проведения комиссионной приемки технологического оборудования проводятся контрольные испытания его готовности к эксплуатации с составлением актов, а также протоколов специализированной лаборатории по определению параметров освещенности, шума и вибрации в местах производства работ, соблюдения установленных норм электробезопасности при эксплуатации оборудования.

5.7.8.12 Экспериментальное и опытное применение новых образцов горношахтного оборудования и электротехнических устройств должно осуществляться в порядке, установленном Ростехнадзором.

5.7.8.13 При производстве тоннельных работ должны выполняться предусматриваемые проектом мероприятия по обеспечению сохранности зданий и сооружений, находящихся в зоне возможных деформаций поверхности под влиянием проходческих работ, производства водопонижения, замораживания, забивки свай, шпунтовых ограждений, буровых скважин и др.

5.7.8.14 Выполнение работ по обеспечению сохранности наземных и подземных сооружений, инженерных сетей и коммуникаций, не подлежащих сносу или перекладке, должно быть предусмотрено в общем графике подготовительных и основных работ, разрабатываемом в составе проекта производства работ.

5.7.8.15 До начала работ по сооружению тоннелей здания и сооружения, находящиеся в зоне возможной деформации поверхности, должны обследоваться представителями генподрядчика с участием представителей проектной организации, заказчика и заинтересованных организаций для проведения в процессе указанных работ систематических наблюдений за состоянием этих зданий и сооружений и принятия мер к обеспечению их сохранности. По результатам обследования составляется акт.



5.7.8.16 Работы по сооружению тоннелей в сложных геологических и гидрогеологических условиях с подходом забоев к существующим наземным и подземным сооружениям и коммуникациям, не подлежащим сносу, а также в случае проходки тоннелей под указанными сооружениями следует производить только после уточнения натуральных геологических условий. В необходимых случаях надлежит производить разведочное бурение из забоя с опережением его на длину не менее 5 м. По уточненным данным, при необходимости следует принимать меры к предотвращению опасных осадок этих сооружений и коммуникаций.

5.7.8.17 Все вспомогательные подземные выработки, использовавшиеся при сооружении метрополитенов, следует тщательно забучивать.

Решения по ликвидации или оставлению вспомогательных выработок, использовавшихся при строительстве автодорожных и железнодорожных тоннелей, предусматриваются проектом.

5.7.8.18 Работы по проходке тоннеля должны быть остановлены в случае увеличения осадок и появления опасных деформаций наземных зданий и сооружений, действующих линий метрополитена или подземных коммуникации, находящихся в зоне влияния тоннельных работ. Строительная организация немедленно должна принять меры к укреплению зданий и сооружений, обеспечивающие их нормальную эксплуатацию.

Пройденные выработки должны быть при необходимости закреплены дополнительно.

За деформациями зданий и сооружений должен быть установлен ежедневный маркшейдерский контроль.

Примечание – Возобновление тоннельных работ допускается только по разрешению заказчика и проектной организации.

5.7.8.19 Для предотвращения влияния деформаций грунта при сооружении тоннелей под зданиями и наземными инженерными сооружениями или вблизи их, надлежит:

а) при закрытом способе работ:

сооружать тоннель преимущественно с применением тоннельной обделки, уменьшающей или исключаящей осадки поверхности над тоннелями (монолитно-прессованной, обжатой в породе, сооружаемой методом продавливания);

ликвидировать строительный зазор между обделкой и грунтом непосредственно у забоя путем непрерывного нагнетания раствора за первое от забоя кольцо обделки;

оборудовать щиты устройствами, уменьшающими деформацию кольца обделки при сходе его с оболочки щита;

укреплять предварительно конструкции зданий и сооружений, для обеспечения их сохранности при возможных осадках поверхности, путем усиления конструкций, подводки фундаментов, искусственной стабилизации грунтов;

б) при открытом способе работ:

сносить, как правило, здания, расположенные непосредственно в зоне работ;

применять металлический шпунт или сплошное железобетонное крепление котлованов, исключаящее возможные выпуски или разуплотнение грунта за пределами котлована, или возводить конструкцию обделки методом «стена в грунте». В отдельных случаях при необходимости сохранить здания и сооружения, расположенные в зоне открытого способа работ, допускается применение траншейного способа: сооружение тоннеля по частям в траншеях или в колодцах.

5.7.8.20 Подземные коммуникации, пересекающие проектируемые тоннели или проходящие в зоне осадок, следует заключать в стальные футляры, входящие в колодцы за пределами тоннелей. При невозможности обеспечить сохранность коммуникаций допускается перекладывать их с выносом за пределы зоны возможных осадок. Решения по обеспечению сохранности пересекаемых коммуникаций должны предусматриваться проектом.

## **5.8 Геодезическо-маркшейдерское обеспечение**



5.8.1 Геодезическая разбивочная основа должна создаваться на поверхности вдоль трассы строящегося тоннеля. При этом выносятся и закрепляются на местности основные оси стволов, порталов, штолен и наземных сооружений.

В процессе производства геодезическо-маркшейдерских разбивочных работ по выносу проекта тоннеля в натуру должны производиться ориентирование подземных выработок и передача в них с поверхности координат и отметок от геодезической разбивочной основы, а также должна создаваться подземная маркшейдерская основа.

5.8.2 Тоннельная триангуляция, выполненная в составе геодезической разбивочной основы, должна отвечать требованиям, установленным в таблице 10.

Т а б л и ц а 10

Общая длина тоннеля, $L$ км	Разряд триангуляции	Длина сторон триангуляции, км	Средняя квадратическая погрешность измеренного угла, подсчитанная по невязкам в треугольниках	Допустимая невязка треугольника	Относительная погрешность измерения длины базиса	Средняя относительная погрешность выходной стороны	Допустимое увеличение базисной сети ромбического вида	Относительная погрешность опрелеления длины наиболее слабой стороны сети	Средняя погрешность измерения дирекционного угла более слабой стороны сети
Более 8	I—Т	4—	$\pm 0,7''$	$\pm 3''$	1:800000	1:400000	2,5	1:200000	$\pm 1,5''$
От 5 до 8	II—Т	2—7	$\pm 1''$	$\pm 4''$	1:500000	1:300000	2,5	1:150000	$\pm 2''$
От 2 до 5	III—Т	1,5—5	$\pm 1,5''$	$\pm 6''$	1:400000	1:200000	3	1:120000	$\pm 3''$
От 1 до 2	IV—Т	1—	$\pm 2''$	$\pm 8''$	1:300000	1:150000	3	1:70000	$\pm 4''$

Примечание – В таблице длина  $L$  учитывает случай сооружения тоннеля из двух крайних его точек. При наличии промежуточных стволов или штолен необходимо определять величину  $L_{\text{ЭКВ}}$  по формуле:  $L_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{L \cdot l}$ , где  $L$  — общая длина тоннеля;  $l$  — среднее расстояние между смежными точками открытия фронта тоннельных работ.

При строительстве комплекса из двух и более тоннелей разряд тоннельной триангуляции следует определять, исходя из длины наибольшего по протяженности тоннеля.

Все угловые и линейные измерения при построении тоннельной триангуляции должны выполняться дважды с интервалом во времени не менее месяца.

Пункты тоннельной триангуляции следует располагать не реже, чем через 3 км вдоль трассы тоннеля и не далее 2 км от нее.

5.8.3 В случаях, когда вместо тоннельной триангуляции в составе геодезической разбивочной основы прокладывается тоннельная полигонометрия, ее точность должна соответствовать требованиям, установленным в таблице 11.

Таблица 11

Длина тоннеля, км	Разряд тоннельной полигонометрии	Длина стороны, км	Средняя квадратическая погрешность измеренного угла поворота		Средняя относительная погрешность измерения стороны		Допустимые относительные погрешности хода		
			по оценке на станции	оценка, по многократным измерениям и невязкам фигур	для криволинейного тоннеля	для прямолинейного тоннеля	для криволинейного тоннеля	для прямолинейного тоннеля	
								по поперечному сдвигу	по продольному сдвигу
Более 8	I—Т	3—10	+0,4"	+0,7"	1:300000	1:150000	1:200000	1:200000	1:100000
От 5 до 8	II—Т	2—7	±0,7"	—1"	1:200000	1:100000	1:150000	1:150000	1:70000
От 2 до 5	III—Т	1,5—5	+1"	+1,5"	1150000	1:70000	1:120000	1:120000	1:60000
От 1 до 2	IV—Т	1—3	±1,5"	±2"	1:100000	1:50000	1:70000	1:70000	1:40000

5.8.4 На поверхности вдоль трассы тоннеля в составе геодезической разбивочной основы должна прокладываться основная полигонометрия в виде системы замкнутых полигонов или одиночных ходов, расположенных между пунктами тоннельной триангуляции и тоннельной полигонометрии.

Основную полигонометрию допускается использовать в качестве самостоятельной геодезической разбивочной основы для строительства тоннелей, длина которых не превышает 1 км.

Основная полигонометрия должна удовлетворять следующим требованиям:

длины сторон следует принимать от 100 до 300 м;

относительная невязка в периметре хода не должна превышать: 1:35000 — для тоннелей длиной более 0,5 км и 1:20000 — для тоннелей длиной менее 0,5 км;

величина средней квадратической погрешности измеренного угла не должна превышать  $\pm 3''$ ;

при измерении линий коэффициент случайного влияния  $\mu$  не должен превышать 0,0003, а коэффициент систематического влияния  $\lambda$  — 0,00001.

Измерения углов и линий следует проводить дважды с интервалом по времени не менее суток.

5.8.5 Вместо основной полигонометрии на открытой пересеченной местности надлежит строить аналитические сети в виде цепей или сетей треугольников, опирающихся на пункты тоннельной триангуляции. Допускается также вставка одиночных пунктов аналитической сети для передачи координат через порталы, стволы, боковые штольни.

Длины сторон аналитической сети должны приниматься от 300 до 600 м, величины угловых невязок в треугольниках не должны быть более  $\pm 10''$ .

5.8.6 Систему реперов, входящих в состав геодезической разбивочной основы, следует создавать путем нивелирования I и II классов; при этом расстояние между реперами, отметки которых определены нивелированием II класса, должно быть не более 2 км.

Последующее сгущение системы реперов следует осуществлять путем нивелирования III и IV классов, опирающегося на реперы высших классов, из расчета обеспечения каждого ствола, портала или штольни — не менее чем тремя реперами.

В ходах III класса предельные невязки не должны быть более  $\pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}$ , а в ходах IV класса —  $\pm 20 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}$  (где  $L$  — длина хода в км).

В ходах IV класса, насчитывающих свыше 16 станций на 1 км хода, допускается невязка в  $\pm 5 \text{ мм} \cdot \sqrt{n}$  (где  $n$  — число станций в ходе).

5.8.7 Для обеспечения исходными данными ориентирования подземных выработок, а также для производства разбивочных работ на строительных площадках на поверхности в составе геодезической разбивочной основы прокладывается подходная полигонометрия в виде системы ходов или замкнутых полигонов со сторонами длиной от 30 до 70 м и общей длиной не более 300 м. Подходная полигонометрия должна опираться на пункты и стороны основной или тоннельной полигонометрии.

При измерении углов подходной полигонометрии расхождение их значений, полученных из разных приемов, допускается не более  $\pm 15''$ . Относительная погрешность при измерении длин сторон подходной полигонометрии, полученная по результатам двойных измерений, не должна превышать 1:20000, а по абсолютной величине должна быть не более  $\pm 3$  мм.

5.7.8. Знаки геодезической разбивочной основы должны закладываться с учетом обеспечения их сохранности, прямой видимости на ближайшие стволы, порталы, штольни, а также возможности осуществления удобных и надежных примыканий полигонометрических ходов.

5.8.9 Заказчик обязан создать геодезическую разбивочную основу для строительства тоннелей и метрополитенов и не менее чем за 10 дней до начала строительного-монтажных работ передать подрядчику следующую техническую документацию на нее и на закрепленные на площадке строительства пункты и знаки этой основы:

каталоги координат и отметок на все знаки и реперы и основные точки выхода сооружения на поверхность (порталов, стволов, штолен), а также длин и дирекционных углов сторон наземной геодезической разбивочной основы;

схему расположения пунктов этой основы, их привязки (кроки) к местным предметам, а в необходимых случаях — адреса и описания расположения этих пунктов;

технический отчет о проведенных геодезических работах по созданию наземной геодезической разбивочной основы с указанием сроков и последовательности их выполнения, примененной методики и использованных инструментов с оценкой достигнутой точности.

5.8.10 Ориентирование подземных выработок и передачу дирекционного угла и координат с пунктов геодезической разбивочной основы на знаки подземной маркшейдерской основы следует производить следующими способами:

- а) способом гироскопического ориентирования;
- б) через одну вертикальную шахту по отвесам;
- в) через порталы, горизонтальные и наклонные выработки путем непосредственной передачи дирекционного угла;
- г) через две вертикальные шахты или скважины по отвесам.

В зависимости от местных условий может применяться сочетание этих способов ориентирования.

Ориентирование, указанное в подпунктах «б», «в» настоящего пункта, производится не менее трех раз: первый — когда забой находится от ствола (портала) на расстоянии 50 — 60 м; второй — когда проходка по основной трассе достигнет 100 — 150 м; третий — когда длина проходки по трассе глухим забоем достигнет 500 м.

Гироскопическое ориентирование следует повторять не реже, чем через каждые 300 м проходки.

Величина расхождений в значениях дирекционного угла, полученных при ориентированиях, должна быть не более  $20''$ .

Отметки следует передавать не менее трех раз с разных исходных реперов на поверхности. Разница в отметках подземного репера, полученных по разным передачам, должна быть не более 7 мм.

5.8.11 Подземная маркшейдерская основа должна создаваться в виде подземной полигонометрии следующих видов:



рабочей полигонометрии со сторонами длиной от 20 до 60 м;  
основной полигонометрии со сторонами длиной от 40 до 120 м.

Схема построения как рабочей, так и основной подземной полигонометрии преимущественно должна представлять собой цепочку вытянутых треугольников, в которых измеряются все углы и все стороны; при этом каждая вторая точка рабочей полигонометрии включается в ход основной полигонометрии.

Знаки рабочей полигонометрии следует закладывать по двум сторонам тоннелей; при этом знаки основной полигонометрии на криволинейных участках следует располагать по наружной стороне кривой.

В тоннелях метрополитенов знаки основной полигонометрии на прямолинейных участках надлежит располагать со стороны, противоположной контактному рельсу.

В тоннелях, имеющих круговые или овальные внутренние очертания, где предусмотрена укладка постоянного железнодорожного пути, знаки подземной полигонометрии следует закладывать на уровне головки рельсов. В аналогичных тоннелях с прямоугольным внутренним очертанием — на уровне верха путевого бетона или верха балластной призмы.

Знаки и точки подземной полигонометрии одновременно должны служить и реперами сети подземного никелирования.

5.8.12 Абсолютные величины погрешностей в измеренных длинах сторон подземной полигонометрии по разностям двойных измерений не должны превышать:

- 2 мм — для линий до 25 м;
- 3 мм — для линий от 25 до 50 м;
- 4 мм — для линий от 50 до 80 м.

В линиях, длина которых превышает 80 м, относительная разность между значениями измерений в прямом и обратном направлениях не должна быть больше 1:20000.

5.8.13 Углы подземных полигонометрических ходов следует измерять оптическими теодолитами, при этом для рабочей полигонометрии делают 2 — 3 круговых приема, а для основной — 4 — 6 приемов. Колебания направлений, приведенных к нулю на одной станции из разных приемов, не должны превышать 15" для рабочей полигонометрии и 10" — для основной. Угловые невязки в треугольниках основной полигонометрии не должны превышать 8", а в треугольниках рабочей полигонометрии — 12".

Угловые измерения следует периодически повторять для выявления и устранения влияния возможных деформаций знаков основной подземной полигонометрии. Окончательные наблюдения и увязку подземной полигонометрии производят после сбоек выработок.

5.8.14 Отметки знаков подземной полигонометрии следует определять способом геометрического нивелирования. Допустимые невязки в нивелирных полигонах вычисляются по формуле

$$f_{\text{дон}} = \pm 2 \text{ мм} \sqrt{n},$$

где  $n$  — число станций в полигоне.

Нивелирование следует повторять не менее трех раз за весь период строительства. Окончательная нивелировка и увязка отметок знаков основной подземной полигонометрии производится после сбоек встречных выработок.

5.8.15 Знаки и точки подземной маркшейдерской основы в зависимости от характера подземной выработки и типа тоннельной обделки следует закреплять:

металлическими стержнями со сферической головкой, в которой высверлено и зачеканено медью, бронзой или латуной отверстие диаметром в 2 — 3 мм, при этом стержни закладываются в бетонный монолит в лотковой части сооружения или привариваются к обнаженной арматуре тоннельной обделки и обмазываются цементно-песчаным раствором;

в виде точек, высверленных на площадке, запиленных на ребре жесткости или борте чугунного тубинга тоннельной обделки. Точки при этом зачеканиваются вышеуказанным способом.

Закреплять знаки в бетонном монолите лотковой части тоннеля, где будет уложен постоянный рельсовый путь, следует за пределами концов шпал железнодорожного пути.

5.8.16 Разбивочные работы в процессе строительства (проходки, возведения обделок, устройства пути и др.) должны выполняться с точностью, обеспечивающей вынос в натуру от знаков геодезической разбивочной основы и подземной маркшейдерской основы осей и отметок, определяющих положение сооружения и отдельных его частей и конструктивных элементов в плане и по высоте с соблюдением установленных настоящей главой допусков и установленных, соответствующими ГОСТами и нормами проектирования (СНиП) габаритов.

5.8.17 До производства геодезическо-маркшейдерских разбивочных работ должны быть подготовлены геодезические разбивочные данные. Проект (чертежи, схема, таблицы и др.), используемый для подготовки разбивочных данных, должен быть оформлен в соответствии с установленным порядком выдачи документации к производству работ.

Все разбивки надлежит выполнять не менее двух раз, преимущественно различными способами.

5.8.18 В процессе строительства тоннелей следует производить ежемесячные контрольные измерения объемов основных горнопроходческих работ (длины проходки горных выработок, м, собранных колец тоннельной обделки, расчеканки швов и др.).

5.8.19 В процессе строительства подземных сооружений должны осуществляться наблюдения за деформациями земной поверхности и наблюдения за перемещениями, сдвигами и кренами:

существующих наземных сооружений и объектов, расположенных в зоне возможных деформаций поверхности;

строящихся подземных и наземных объектов и сооружений;

существующих эксплуатируемых подземных сооружений, расположенных в зоне подземного строительства (по согласованию с эксплуатирующей организацией).

5.8.20 Все построенные (в том числе и ликвидированные) подземные сооружения или выработки должны быть показаны в исполнительных чертежах.

Исходным материалом для составления этих исполнительных графических документов являются рабочие чертежи, данные исполнительных съемок и контрольных геодезическо-маркшейдерских измерений, которые производятся и систематизируются в течение всего периода строительства.

5.8.21 Исполнительные чертежи должны содержать следующие данные о построенных объектах:

а) характеристику (в координатах и абсолютных отметках) фактического пространственного расположения построенных сооружений и их взаимную связь;

б) фактические геометрические размеры сооружений, их основных элементов и отклонения этих размеров от проектных;

в) графическую характеристику материалов, из которых выполнена обделка сооружений, и фактическую геологическую структуру грунтов;

г) исполнительную схему основной подземной полигонометрии и ее примыканий к пунктам наземной геодезической разбивочной основы в районе порталов, постоянных стволов, а также каталоги координат, дирекционных углов и отметок основной подземной полигонометрии.

Графическая информация о построенных объектах, перечисленная в подпунктах «а», «б», наносится на исполнительные планы, профили, продольные разрезы, поперечные сечения и виды, а также группируется в сводные таблицы и каталоги фактических размеров и отметок.

Исполнительные чертежи должны быть выполнены с учетом длительного хранения и пользования ими.

## **5.9 Устройства и системы, обеспечивающие строительство тоннелей**

### **5.9.1 Водоотлив**

5.9.1.1 Отвод воды из выработки при проходке тоннеля на подъем следует производить по лотку самотеком. При проходке под уклон удаление воды из выработки надлежит производить с помощью размещаемых у забоя специальных насосов и промежуточных водоотливных установок.

Уклон открытых водоотводящих устройств должен быть не менее 3<sup>0</sup>/100. В зимних условиях или при наличии вечномерзлых грунтов временные водоотводные лотки должны быть защищены от промерзания

Для технического водоснабжения строящихся тоннелей следует использовать грунтовые воды, если величина притока их обеспечивает потребность воды для этих целей

5.9.1.2 Главная водоотливная установка должна располагаться вблизи ствола.

Число насосов главного водоотлива следует принимать не менее трех из расчета: один — в работе, второй — в резерве и третий — в ремонте.

При необходимости одновременной работы нескольких насосов суммарное число насосов в резерве и ремонте должно быть равно числу работающих насосов.

Суточная производительность находящихся в работе насосов должна превышать на 20% максимальный ожидаемый суточный приток воды.

5.9.1.3 При одном рабочем насосе число напорных ставов труб главного водоотлива должно быть 2, а при двух и более работающих насосах — 3.

Напорные ставы должны монтироваться так, чтобы каждый насос мог работать на любой став, при этом на насосы не должна передаваться нагрузка от собственного веса напорных ставов труб, находящейся в них воды, а также динамические нагрузки.

В напорных ставах труб должны быть установлены задвижки и обратные клапаны.

5.9.1.4 Каждая насосная установка главного водоотлива должна быть оборудована контрольно-измерительной аппаратурой.

5.9.1.5 Пол насосной камеры главного водоотлива должен быть выше уровня откаточных путей на 0,5 м.

5.9.1.6 Емкость водосборника насосной камеры главного водоотлива должна быть не менее 150 м<sup>3</sup> при притоке воды до 300 м<sup>3</sup>/ч, а при притоке воды свыше 300 м<sup>3</sup>/ч должна устанавливаться проектом.

5.9.1.7 Водоотлив при проходке ствола с притоком воды в забой более 5 м<sup>3</sup>/ч должен осуществляться насосами. Удаление воды из ствола при притоке до 5 м<sup>3</sup>/ч следует производить с помощью бадьевого подъема, используемого при проходке ствола.

5.9.1.8 Насосные установки промежуточного водоотлива следует размещать в тоннеле или в специально устраиваемых камерах. Камеры устраивают в выработках, предусмотренных для нужд эксплуатации. Емкость и конструкцию водоприемника надлежит определять проектом производства работ.

5.9.1.9 В насосных установках промежуточного водоотлива должно быть не менее двух насосов: один рабочий, другой резервный. Работа всех насосных установок должна осуществляться в автоматическом режиме.

### **5.9.2 Электроснабжение**



5.9.2.1 При устройстве линий электроснабжения строительства и монтаже электротехнических устройств должны соблюдаться правила производства и приемки работ по СНиП III-41-76.

5.9.2.2 Электроснабжение строительства тоннелей следует выполнять в соответствии с [21] и [26].

5.9.2.3 Категория надежности внешнего электроснабжения строительства тоннелей должна быть не ниже II согласно [26].

5.9.2.4 Внешнее электроснабжение строительства железнодорожных тоннелей должно выполняться по двум взаимно резервируемым кабельным или воздушным линиям напряжением 6 или 10 кВ от энергетических систем, электрических станций, линий продольного электроснабжения электрифицированных железных дорог. При невозможности обеспечения требуемой категоричности допускается применять передвижные автономные источники – дизельные электростанции (ДЭС)

5.9.2.5 Электроснабжение строительных площадок должно выполняться от сетей с глухозаземленной нейтралью по системе TN-C. Электроснабжение в подземных выработках должно выполняться от сетей с изолированной нейтралью по системе IT

5.9.2.6 Электроприемники в части обеспечения надежности электроснабжения согласно [26] следует относить к категориям, представленным в таблице 12:

Т а б л и ц а 12

Объект, технологический процесс	Категории
Поверхность, строительная площадка	
Здания производственно-бытового назначения с количеством одновременно находящихся в них людей до 50	III
Душкомбинаты <sup>1</sup>	III
Компрессорные (кроме кессонных работ)	II
Насосные	II
Котельные, калориферные	II
Механизация работ	III
Водопонижение	II
Водоотлив	II
Замораживание грунтов	III
Кессонные работы	I
Центральная вентиляционная установка (на поверхности)	I
Подъемная машина	II
Скиповой подъем	III
Наружное освещение	III
Подземные выработки	
Центральный водоотлив <sup>2</sup>	I-II
Электровозная откатка	II
Механизация работ	II
Местный водоотлив	II
Вентиляция в подземных выработках, в т.ч. передвижные	II
Освещение рабочее	II
Освещение аварийное	I

Окончание таблицы 12

**Примечания**

1 Кроме аварийного освещения.

2 При соответствии емкости водосборника часовому притоку допускается II категория.

5.9.2.7 При построении схем электроснабжения при строительстве тоннелей для трансформаторных подстанций необходимо принимать следующие коэффициенты загрузки:

0,65-0,7 – при преобладании нагрузок I категории;

0,7-0,8 – при преобладании нагрузок II категории;

0,9-0,95 - при преобладании нагрузок III категории.

5.8.2.8 Схема электроснабжения должна строиться таким образом, чтобы все её элементы постоянно находились под нагрузкой, а при аварии на одном из них оставшиеся в работе элементы могли принять на себя его нагрузку.

5.9.2.9 Трансформаторные подстанции на строительных площадках должны размещаться с наибольшим приближением к центру питаемой ими нагрузки.

5.9.2.10 Шахтные трансформаторные подстанции и распределительные пункты в подземных выработках следует размещать в начале питаемых ими участков сети таким образом, чтобы не создавались обратные перетоки электроэнергии.

**5.9.3 Электрооборудование и электроосвещение**

5.9.3.1 Степень защиты применяемого электрооборудования должна приниматься согласно [21].

5.9.3.2 Расчет нагрузок при строительстве тоннелей следует выполнять на основе данных технического плана строительства с учетом различия режимов работы оборудования, неравномерности загрузки оборудования в течение рабочей смены, неполного использования установленной мощности электродвигателей режущего органа проходческих комплексов и т.д.

5.9.3.3 Расчетные величины  $\cos \varphi$  при проектировании следует применять согласно заводской документации. При отсутствии данных завода-изготовителя необходимо применять величины приведенные в таблице 13:

Таблица 13

Потребители	Коэффициенты спроса	$\cos \varphi / \text{tg} \varphi$
Проходческие щиты и комплексы	0,6	0,75 / 0,87
Укладчики обделок	0,5	0,7 / 1,02
Породопогрузочные машины	0,2	0,7 / 1,02
Агрегаты буровые	0,3	0,7 / 1,02
Транспортеры	0,5	0,7 / 1,02
Трансформаторы сварочные	0,3	0,4 / 2,29
Освещение лампами накаливания	1,0	1,0 / -
Освещение люминесцентными лампами	1,0	0,85 / 0,62
Вентиляция	0,7	0,8 / 0,75

*Окончание таблицы 13*

Насосы	0,75	0,85 /0,62
Выпрямители электровозной откатки	0,95-0,65	0,9 /0,48
Механизация рудничного двора	0,15	0,7 /1,02
Механизация горного комплекса	0,2	0,65 /1,17
Мелкие нагревательные приборы	0,7	1,0 /-
Подъемники	0,3	0,5 /1,73
Переносной электроинструмент	0,1	0,5 /1,73
Краны, тельферы при ПВ = 40 %	0,2	0,5 /1,73
Компрессоры, насосы водяные	0,8	0,8 /0,75
Экскаваторы с электроприводом	0,5	0,5 /1,73
Конвейеры	0,5	0,7 /1,02
Питатели, толкатели и др.	0,4	0,6 /1,33
Механические мастерские	0,2	0,6 /1,33
Душкомбинаты	0,9	0,9 /0,48
Деревообрабатывающие мастерские	0,2	0,6 /1,33
Растворные узлы	0,5	0,5 /1,73

5.9.3.4 Основным определяющим фактором при расчете электрических сетей на поверхности является допустимый нагрев, для подземных сетей – допустимая потеря напряжения и величина распределенной емкости кабельной сети.

5.9.3.5 Суммарная собственная распределенная емкость кабельной сети, для исключения ложных срабатываний реле контроля изоляции типов УАКИ и АЗАК, не должна превышать 1,5 мкФ на фазу. При развитии кабельной сети по мере сооружения тоннеля, с целью снижения собственной распределенной емкости кабельной сети, протяженные сети необходимо делить разделяющими трансформаторами на гальванически не связанные участки.

5.9.3.6 Участок сети после разделяющего трансформатора должен иметь собственное устройство автоматического непрерывного контроля изоляции.

5.9.3.7 Собственная распределенная емкость  $C$  в основном определяется кабельными сетями и зависит от сечения жилы, номинального напряжения и длины кабельной сети.

Исходные данные для расчета распределенной емкости кабельной сети приведены в таблице 14:

Таблица 14



Сечение жилы, мм <sup>2</sup>	Распределенная емкость кабельной сети С, мкФ/км, при номинальном напряжении кабеля, кВ			
	До 1	3	6	10
16	0,33	0,21	0,18	0,15
25	0,36	0,24	0,2	0,18
35	0,45	0,3	0,24	0,2
50	0,53	0,35	0,28	0,21
70	0,58	0,37	0,33	0,22
95	0,63	0,42	0,37	0,23
120	0,67	0,45	0,4	0,27
150	0,7	0,5	0,44	0,29
185	0,78	0,6	0,47	0,32
240	0,85	0,65	0,52	0,36

5.9.3.8 Распределенная емкость кабельной сети по отношению к земле рассчитывается по формуле:

$$C=C1*L1+ C2*L2+...+ CN*LN,$$

где С1, С2,СN – собственные распределенные емкости одной фазы трехжильного кабеля в соответствии с таблицей, мкФ/км

L1,L2,LN – суммарные длины участков кабельной сети одного сечения, км.

5.9.3.10В осветительных сетях тоннелей сооружаемых из сборной железобетонной обделки при отсутствии повышенной влажности допускается применение светильников на напряжение 220В, при этом должны быть соблюдены меры по автоматическому контролю изоляции с действием на отключение поврежденной сети. В осветительных сетях подземных выработок на напряжение 220В должны применяться энергоэкономичные источники света: газоразрядные лампы, светодиоды и т.д.

5.9.3.11 Потери напряжения в сетях до 1 кВ в подземных выработках от шин подстанций до наиболее удаленных электроприемников должны составлять: в нормальном режиме не более 10%, в аварийном – не более 12%.

#### 5.9.4 Заземление и зануление

5.9.4.1 На строительных площадках защита персонала от поражения электрическим током должна осуществляться выполнением защитного зануления. В подземных выработках должно применяться защитное заземление и непрерывный автоматический контроль изоляции сетей с действием на отключение поврежденной сети. Контроль изоляции сетей с действием на сигнализацию допускается для главных водоотливной и вентиляторной установок, людской и грузолудской подъёмных установок.

5.9.4.2 Магистральные заземляющие проводники должны размещаться по обеим сторонам подземных выработок в местах установки конструкций для прокладки кабелей. К магистральным заземляющим проводникам должны быть присоединены открытые проводящие части электрооборудования, а также сторонние проводящие части нормально не находящиеся под напряжением.

5.9.4.3 Магистральные заземляющие проводники, устанавливаемые в подземных выработках, должны быть присоединены к внешнему заземляющему устройству, размещаемому на портале. В качестве внешнего заземляющего устройства может быть использован внешний контур заземления трансформаторной подстанции, размещаемой на портале.

#### 5.9.5 Вентиляция

5.9.5.1 Искусственную вентиляцию подземных выработок следует применять на всех стадиях тоннельных и строительно-монтажных работ, а также в период временного перерыва в процессе проходческих работ. При проектировании искусственной вентиляции должна учитываться естественная тяга.

Система вентиляции должна обеспечивать реверсирование воздушной струи.

Объем воздуха, проходящего по выработкам в реверсивном режиме проветривания, должен составлять не менее 60% объема воздуха, проходящего по ним в нормальном режиме.

Схемы вентиляции для всех стадий сооружения тоннеля определяются проектом. В случае поступления в выработку вредных газов, не обнаруженных в процессе изысканий, изменение схем вентиляции производится проектной организацией.

5.9.5.2 Содержание вредных и ядовитых газов и пыли в воздухе подземных выработок (в местах, где находятся или могут находиться люди) не должно превышать предельно допустимых величин для рабочей зоны, установленных соответствующими правилами и нормами безопасного ведения работ.

5.9.5.3 В камерах и помещениях, законченных строительством и сданных под монтаж оборудования, температурно-влажностный режим на весь период монтажа до сдачи оборудования в эксплуатацию должен отвечать требованиям, предусмотренным проектом на период эксплуатации тоннеля.

5.9.5.4 Вентиляция подземных сооружений метрополитенов в период производства строительно-монтажных работ в тоннелях преимущественно должна осуществляться с использованием вентиляционных установок, предназначенных для постоянной эксплуатации.

5.9.5.5 Вентиляторные агрегаты, воздуховоды и другие элементы временных вентиляционных систем следует принимать с учетом их использования в течение всего периода строительства.

5.9.5.6 Порталы выработок в зимнее время должны оборудоваться устройствами (воздушно-тепловыми завесами, шлюзами, воротами и др.), препятствующими проникновению холодного воздуха в тоннель и снижению температуры в забое. Тип и конструкции этих устройств устанавливаются проектом.

5.9.5.7 Вентиляция тоннельных выработок в вечномерзлых грунтах должна осуществляться по температурному режиму, установленному проектом организации строительства в зависимости от принятого принципа сохранения вечномерзлого состояния грунтов или их оттаивания при проходке тоннелей а также с учетом предотвращения образования наледей

5.9.5.8 Загрязненный воздух следует удалять непосредственно на поверхность либо в исходящую струю главного вентилятора.

5.9.5.9 При расчете выброса воздуха из вентиляционных систем в атмосферу должны соблюдаться предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов, установленные Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий.

5.9.5.10 Главная вентиляционная установка на поверхности должна располагаться на расстоянии не менее 15 м от воздухоподающего ствола шахты.

Главная вентиляционная установка должна оборудоваться глушителями шума, если уровень шума от вентиляторов превышает величины, установленные Санитарными нормами по проектированию промышленных предприятий.

## **5.10 Монтаж оборудования в транспортных тоннелях**

5.10.1 Работы по монтажу запроектированного постоянного оборудования, устройств автоматики, телемеханики, связи и громкоговорящего оповещения, контактных сетей, наружных и внутренних коммуникаций, санитарно технических устройств в тоннелях должны осуществляться в соответствии с требованиями СНиП на указанные работы и требованиями настоящего раздела.

5.10.2 Готовность отдельных сооружений или участков тоннелей к производству монтажных работ устанавливается комиссией в составе представителей заказчика, генподрядной и монтажной организации и фиксируется актом готовности объекта строительства к производству монтажных работ.

5.10.3 Монтаж электротехнических устройств, устройств СЦБ, связи, громкоговорящего оповещения, электрочасов и санитарно-технического оборудования надлежит производить в законченном строительством сооружениях при отсутствии в них капежа и при влажности воздуха не выше 80 %.

5.10.4 При установке оборудования для железнодорожных тоннелей надлежит соблюдать габарит приближения строений по ГОСТ 9238 и габарит приближения оборудования, установленный нормами проектирования.

Электрооборудование и металлические конструкции, за исключением корпусов дросселей СЦБ, а также оболочки и броня кабелей должны быть заземлены в соответствии с проектом.

5.10.5 На период монтажа, наладки и регулировки устройств в релейных шкафах следует включать освещение для обогрева и предупреждения коррозии токоведущих частей.

5.10.6 Монтажные работы считаются законченными после выполнения их в полном соответствии с рабочими чертежами, постановки под напряжение и проведения индивидуальных испытаний всех устройств электроснабжения, СЦБ, связи, громкоговорящего оповещения.

После окончания монтажных работ должны быть выполнены регулировочные и наладочные работы и уточнена исполнительная документация.

## **5.11 Контроль качества и приемка работ**

5.11.1 Организация производственного контроля качества работ по сооружению тоннелей должна осуществляться согласно требованиям главы СНиП по организации строительства.

5.11.2 Качество выполненных работ надлежит оценивать при приемке скрытых работ, выполненных этапов работ и промежуточной приемке: обделок, внутренних сборных железобетонных конструкций и отдельных конструкций наземных сооружений (вестибюлей, вентиляционных киосков и др.), а также предпортальных подпорных стен.

5.11.3 Результаты производственного контроля за качеством работ должны фиксироваться в журналах производства работ. Показатели оценки качества выполненных работ должны отражаться в соответствующих актах их приемки.

5.11.4 Пространственное расположение подземных и наземных сооружений, а также их геометрические размеры должны систематически контролироваться маркшейдерской службой в процессе строительства.

5.11.5 Правильность сборки колец тоннельных обделок следует систематически проверять путем измерения горизонтального и вертикального диаметров каждого кольца, а также двух диаметров под углом 45° к горизонту,

Допускаемые отклонения фактических размеров сборных обделок тоннелей от их проектного положения не должны превышать нормативных величин (в мм).

5.11.6 Суммарные величины отклонений внутренних фактических размеров обделок транспортных тоннелей от их проектного положения не должны нарушать габарита приближения строений.



5.11.7. Приемку с составлением акта освидетельствования скрытых работ надлежит производить по выполнении следующих работ:

- нагнетания раствора за обделку (первичного и контрольного);
- установки арматуры монолитных железобетонных обделок;
- гидроизоляции сборных и монолитных обделок;
- сварной металлической гидроизоляции;
- подготовки поверхности тубингов перед закрытием их зонтом;
- укрепительной цементации грунта за обделкой;
- забутовки временных выработок.

Примечание – При участии представителей, осуществляющих авторский надзор проектных организаций в приемке и составлении актов освидетельствования скрытых работ, они включаются в состав комиссии.

5.11.8 При строительстве тоннелей встречными забоями допускается расхождение осей в пределах  $\pm 100$  мм.

5.11.9 При сдаче (приемке) выполненных этапов работ по возведению конструкций тоннелей следует производить осмотр сдаваемых работ в натуре, проверяя соответствие этих работ проекту, требованиям настоящей главы и стандартов.

Подрядчик при сдаче этих работ должен представить заказчику следующую документацию:

рабочие чертежи с надписями о соответствии выполненных в натуре работ этим чертежам или внесенным в них изменениям, сделанными лицами, ответственными за производство строительно-монтажных работ, или исполнительные чертежи;

документы, удостоверяющие качество примененных материалов, конструкций и деталей;

акты освидетельствования скрытых работ;

журналы производства работ и авторского надзора;

5.11.10 При приемке сборной обделки тоннелей с составлением акта промежуточной приемки должно устанавливаться соответствие рабочим чертежам внутренних размеров уложенных колец, расположения колец в плане и профиле, согласно п. 5.10.5, их числа, перевязки швов, ширины зазора между кольцами, а также наличие болтов, выполнение антикоррозионной защиты, заполнение заобделочных пустот раствором. Кроме того, надлежит установить отсутствие течей, капежа, трещин, уступов между блоками, сколов и деформированных блоков.

5.11.11 При промежуточной приемке сборной обделки тоннелей должны быть предъявлены следующие документы: исполнительные чертежи на укладку колец обделки и сборных конструкций тоннелей при открытом способе работ, паспорта на сборные конструкции, данные маркшейдерских измерений, сведения о геометрии и отклонениях уложенных колец от проекта и журналы производства работ по: нагнетанию за обделку раствора, производству чеканочных работ, устройству оклеечной гидроизоляции и протоколы лабораторного анализа химического состава грунтовых вод.

5.11.12 При приемке выполненных работ по гидроизоляции сборной обделки тоннелей, сооружаемых закрытым способом, должна производиться проверка:

чистоты поверхности обделки, качества заполнения чеканочных швов, болтовых и других отверстий, исправления мелких дефектов обделки;

отсутствия течей, капежа и сырых пятен. При проверке качества гидроизоляции должны предъявляться журналы нагнетания раствора и чеканки швов.

5.11.13 Приемку выполненных работ по устройству оклеечной гидроизоляции в тоннелях надлежит осуществлять согласно требованиям главы СНиП по устройству кровли, гидроизоляции, пароизоляции и теплоизоляции. При этом должен предъявляться журнал производства работ по устройству оклеечной изоляции.

5.11.14 При приемке монолитных бетонных и железобетонных обделок тоннелей с составлением акта промежуточной приемки подрядчик должен представить заказчику следующую документацию:

- исполнительные чертежи на выполненную монолитную бетонную или железобетонную обделку с зафиксированными данными по результатам маркшейдерских измерений;
- сертификаты и паспорта, удостоверяющие качество примененных материалов;
- журналы производства бетонных или железобетонных работ;
- журналы нагнетания раствора за обделку;
- акты на скрытые работы;
- протоколы лабораторного анализа химического состава грунтовых вод;
- акты испытания обделок гидротехнических тоннелей.

5.11.15 Обделка подводящих напорных гидротехнических тоннелей гидроэлектростанции при приемке должна испытываться на внутреннее давление воды.

Обделка подходящих безнапорных гидротехнических тоннелей гидроэлектростанций должна испытываться при приемке путем наполнения тоннелей водой до расчетного горизонта.

В каждом из указанных испытаний величина давления и допускаемые утечки воды через обделку устанавливаются проектом. Утечка воды через обделку гидротехнических тоннелей, сооружаемых в грунтах с просадочными свойствами, не допускается.

5.11.16 Для учета работ, входящих в номенклатуру обслуживающих процессов, должны вестись журналы учета работы механизмов и обслуживающих дежурных рабочих. Форма журнала устанавливается строительной организацией по согласованию с заказчиком.

5.11.17 Приемка выполненных работ по устройству систем вентиляции, отопления, водоотлива, водоснабжения и канализации тоннелей должна производиться в соответствии с требованиями главы СНиП по устройству санитарно-технического оборудования зданий и сооружений, главы СНиП по устройству наружных сетей и сооружений водоснабжения, канализации и теплоснабжения, главы СНиП по монтажу технологического оборудования, а также дополнительными требованиями настоящего раздела.

5.11.18 Напорные воздуховоды вытяжной системы вентиляции аккумуляторных помещений должны испытываться давлением, превышающим в 2 раза рабочее. При испытании в течение 1 ч допускается снижение давления не более чем на 10%.

5.11.19 Сети хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения, а также напорные сети фекальной канализации и водоотлива, выполненные из стальных труб с чугунной арматурой, должны испытываться давлением  $1,25 P_{\text{раб}}$ , но не менее  $P_{\text{раб}} + 5 \text{ кгс/см}^2$ . Продолжительность испытаний должна быть не менее 10 мин, в течение которых давление не должно снижаться более чем на  $0,5 \text{ кгс/см}^2$ .

5.11.20 Установки шахт тоннельной вентиляции могут быть допущены к приемке в эксплуатацию после проведения предпусковых испытаний и регулировки их монтажной организацией, а также проверки путем непрерывной работы вентиляторов в течение 24 ч.

Насосное оборудование и установки общеобменной вентиляции могут быть допущены к приемке в эксплуатацию после проверки их путем непрерывной и исправной работы в течение 24 ч.

5.11.21 Приемку выполненных работ по устройству верхнего строения пути в железнодорожных тоннелях и метрополитенах следует осуществлять в соответствии со СП 119.13330.2011, а по устройству дорожных одежд в автодорожных тоннелях – СП 34.13330.2011.

Отклонения рельсовых ниток от проектного положения в плане и профиле на участке длиной 5 м должны быть не более  $\pm 2 \text{ мм}$ .

Надежность верхнего строения пути должна проверяться пропуском подвижного состава (пробных поездов) при скоростях движения, устанавливаемых государственной приемочной комиссией путем наращивания их до пределов, определенных проектом.

5.11.22 Проверка соблюдения габаритов приближения строений, оборудования и конструкций в транспортных тоннелях должна осуществляться с помощью габаритной тележки (шаблона).

5.11.23 При приемке электротехнических устройств, устройств СЦБ, связи, контактных сетей, громкоговорящего оповещения и электрочасов следует производить проверку соответствия их проекту, требованиям глав СНиП по: электротехническим устройствам, контактным сетям электрифицированного транспорта, а также утвержденным в установленном порядке правилам технической эксплуатации железных дорог.

5.11.24 Приемка в эксплуатацию законченных строительством тоннелей должна осуществляться в соответствии с требованиями СНиП 3.01.04-87 по приемке в эксплуатацию законченных строительством предприятий, зданий и сооружений и СП 34.13330.2011 по устройству автомобильных дорог, а также в соответствии с правилами приемки в эксплуатацию законченных строительством предприятий, объектов и цехов.

5.11.25 Допускается до ввода в постоянную эксплуатацию использование железнодорожных и автодорожных тоннелей для пропуска рабочих поездов со строительными грузами, предназначенными для сооружения последующих участков дороги. При этом техническое состояние обделки тоннеля и путевых устройств должно обеспечивать безопасность движения при установленном ограничении нагрузок и скоростей, а также должна быть обеспечена возможность производства работ по завершению строительства тоннеля.

Организация рабочего движения поездов должна осуществляться согласно правилам, установленным СП 119.13330.2011.

## **5.12 Противопожарная защита**

### **5.12.1 Общие требования**

5.12.1.1 Система противопожарной защиты должна включать как профилактические меры, предотвращающие возможность возникновения пожара в тоннеле, так и меры по скорейшей локализации и тушению возникшего пожара, эффективному дымоудалению и безопасной эвакуации людей из тоннеля, а при необходимости и спасения людей.

Проектные решения разрабатываются с учетом протяженности и глубины заложения тоннеля, конструктивных его особенностей, характера застройки территории месте расположения тоннеля, интенсивности движения, наличия ограничений на проезд по тоннелю отдельных видов транспорта.

5.12.1.2 При проектировании противопожарной защиты и определении требуемой огнестойкости строительных конструкций тоннелей следует исходить из аварии с расчетной тепловой мощностью пожара, принимая условный пожар (при наличии двух смежных тоннелей в одном из них).

5.12.1.3 В проекте противопожарной защиты всех тоннелей должна быть предусмотрена возможность локализации и тушения пожара подразделениями ГПС с использованием передвижной пожарной техники и внутреннего противопожарного водопровода или пожарных гидрантов сети городского водопровода.

5.12.1.4 Тоннели протяженностью 300 м и более должны оборудоваться в общем случае следующими системами противопожарной защиты:

- автоматического обнаружения и извещения о пожаре;
- телефонной связи сообщения о пожаре;
- оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;



- комплексной противодымной защитой;
- внутреннего противопожарного водопровода с пожарными кранами и сухотрубами для питания пожарных кранов и насосной станции от передвижной техники;
- автоматического пожаротушения кабельных коллекторов;
- пожаротушения подполий РТП и ТП.

5.12.1.5 Тоннели, протяженностью 500 м и более, должны иметь дополнительные выходы в зоны безопасности (смежный тоннель, эвакуационную галерею, лестничные клетки, ведущие на поверхность, другие притоннельные сооружения, являющиеся зонами безопасности), а также обеспеченные пути доступа аварийно-спасательных служб.

5.12.1.6 Управление системами противопожарной защиты тоннелей должно осуществляться дистанционно из диспетчерского помещения или пункта управления системой противопожарной защиты, входящего в состав центрального диспетчерского пункта (ЦДП).

ДП или ЦДП должны иметь мнемосхемы систем противопожарной защиты тоннеля.

5.12.1.7 Для каждого тоннеля эксплуатирующей организацией должен быть разработан план противопожарных мероприятий и распределения обязанностей, согласованный с органами, ответственными за противопожарную защиту. В плане должны быть отражены данные о тоннеле со схемой всех эксплуатационных устройств и систем, указан орган, ответственный за противопожарную защиту, приведены сведения о средствах пожаротушения, о системе водоснабжения, местах нахождения огнетушителей, указаны правила провоза по тоннелю огне- и взрывоопасных грузов, а также меры по безопасной эвакуации людей при пожаре.

5.12.1.8 Взаимное расположение тоннелей и подземных объектов другого назначения не должно увеличивать пожарной опасности каждого из них. При комплексном использовании подземного пространства (тоннели, гаражи стоянки, складские помещения и др.) система противопожарной защиты разрабатывается независимо для каждого объекта.

5.12.1.9 Кабельные коллекторы по всей длине через каждые 150 м должны разделяться на отсеки противопожарными перегородками.

5.12.1.10 Приборы и оборудование инженерных систем противопожарной защиты должны быть адаптированы к условиям эксплуатации транспортных тоннелей (низкие температуры, высокая степень загазованности среды и пр.).

## **5.12.2 Ситуационный и генеральный планы**

5.12.2.1 Проектирование верхнего строения пути тоннеля, притоннельных сооружений, служебно-технических и вспомогательных помещений должно быть увязано с существующей и перспективной планировкой верхнего строения пути.

5.12.2.2 Взаимное расположение подземных объектов тоннеля при проектировании и строительстве, их пересечение или соединение не должны увеличивать пожарную опасность каждого из них в отдельности.

5.12.2.3 При размещении вдоль железнодорожного полотна предприятий по производству, переработке или хранению пожароопасных веществ и материалов 1-5 классов по ГОСТ 19433, проектом должны быть предусмотрены мероприятия по предотвращению в случае возникновения на них аварийных ситуаций возможного воздействия указанных веществ и материалов или продуктов их горения на людей, а также несущие и ограждающие конструкции железнодорожного тоннеля и связанных с ним наземных и подземных сооружений.

5.12.2.4 Расстояние от газопроводов и нефтепроводов до наружных стен тоннеля должно соответствовать требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

5.12.2.5 При пересечении трасс тоннеля газопроводами среднего давления должны разрабатываться специальные технические условия.

5.12.2.6 Противопожарные разрывы от наземных сооружений тоннеля (в том числе от порталов и порталных стен) до соседних с ними зданий и сооружений должны приниматься в соответствии с требованиями нормативных документов территориальных строительных норм, но не менее 10 м.

5.12.2.7 Железнодорожный тоннель должен иметь камеры и ниши. Камеры следует устраивать с каждой стороны тоннеля не более чем через 300 м, располагая их в шахматном порядке. Ниши следует располагать между камерами через 60 м в шахматном порядке.

5.12.2.8 Шахты дымоудаления следует размещать на расстоянии не менее 25 м от эвакуационных выходов, воздухозаборных устройств, порталов, площадок рассредоточения эвакуируемых людей и размещения специальной техники аварийно-спасательных служб. При этом следует учитывать розу ветров и рельеф местности.

5.12.2.9 Площадки для размещения специальной техники аварийно-спасательных служб должны проектироваться у эвакуационных выходов, пожарных лестниц, пунктов подключения пожарных машин к сухотрубам. Подъезды и проезды проектируются к ним по дорогам с твердым покрытием, шириной не менее 3,5 м, заканчивающимся площадками размером не менее 12х12 м для разворота техники.

Площадки для рассредоточения эвакуируемых людей должны располагаться у эвакуационных выходов и пожарных лестниц.

5.12.2.10 Эвакуационные выходы, места доступа аварийно-спасательных служб, пожарные лестницы, пункты подключения пожарных машин к сухотрубам, площадки для размещения специальной техники аварийно-спасательных служб оборудуются световыми указателями и табло.

5.12.2.11 Перед порталами железнодорожного тоннеля необходимо устройство световых информационных табло «ПОЖАР». Управление световыми информационными табло должно осуществляться в ручном и автоматическом режимах.

5.12.2.12 Перед порталами железнодорожного тоннеля должны предусматриваться съезды и площадки для разворота транспортных средств на случай аварийной ситуации.

5.12.2.13 Проектирование пожарных гидрантов для целей наружного пожаротушения рекомендуется вдоль железнодорожного полотна. Расход воды для целей пожаротушения следует предусматривать не менее 10 л/с. Максимальное расстояние от железнодорожного полотна, порталов тоннеля, эвакуационных выходов, выведенных наружу патрубков (для питания систем противопожарной защиты тоннеля от передвижной спецтехники) до пожарных гидрантов или ёмкостей с водой не должно превышать 150 м.

### **5.12.3 Огнестойкость строительных конструкций**

5.12.3.1 Класс конструктивной пожарной опасности тоннелей и подземных притоннельных сооружений, включая зоны безопасности и тамбур-шлюзы, должен приниматься не ниже СО, а классы пожарной опасности отдельных строительных конструкций – не ниже КО по СНиП 21-01-97.

5.12.3.2 Пределы огнестойкости несущих и других конструкций тоннелей и притоннельных сооружений следует определять расчетом, но принимать не менее:

- обделка транспортного тоннеля R180;
- обделки сервисных тоннелей, межтоннельных проходов, лифтовых шахт и других притоннельных сооружений R120;
- ограждающие конструкции тамбур-шлюзов REI 90;
- марши лестничных выходов и лестничные площадки R60;
- противопожарные преграды кабельных коллекторов и электроподстанций REI 60.
- перекрытие для устройства проезжей части, продольная стена,

разделяющая тоннель на две транспортные зоны, другие внутренние несущие конструкции или противопожарные преграды в объеме тоннеля REI 150

5.12.3.3 Пределы огнестойкости перекрытий, отделяющих тоннель от объектов, расположенных над тоннелем или под тоннелем, следует определять расчетом в зависимости от функционального назначения этих объектов, но принимать не менее REI 180 для перекрытий, отделяющих тоннель от вышерасположенных объектов, и не менее REI 150 для перекрытий, отделяющих тоннель от нижерасположенных объектов.

5.12.3.4 Конструкции, отделяющие транспортные зоны тоннелей от других объемов внутритоннельного пространства, должны проектироваться в дымогазонепроницаемом исполнении.

5.12.3.5 Кабельные коллекторы по всей длине через каждые 150 м должны разделяться на отсеки противопожарными перегородками.

5.12.3.6 Двери в тамбур-шлюзах выполняются противопожарными в дымогазонепроницаемом исполнении с пределами огнестойкости: входных - не менее EI 90, а выходных - не менее EI 60.

5.12.3.7 Для огнезащиты строительных конструкций тоннелей, воздуховодов и кабельных коллекторов следует использовать преимущественно плитные материалы, обладающие повышенной механической прочностью, влагостойкостью и стойкостью к выхлопным газам, а также улучшенными защитно-декоративными свойствами.

5.12.3.8 Проемы в конструкциях с нормируемыми пределами огнестойкости, предназначенные для пропуска инженерных коммуникаций (кабельных линий, воздуховодов, трубопроводов и др.), не должны локально снижать установленные пределы огнестойкости, для чего следует предусматривать устройство соответствующих заделок на толщину пересекаемых конструкций.

5.12.3.9 Отделка элементов конструкций тоннеля, подземных притоннельных сооружений и зон безопасности должна приниматься не ниже КО.

5.12.3.10 Пределы огнестойкости конструкций наземных служебно-технических и вспомогательных сооружений следует назначать согласно СНиП 21-01-97.

#### **5.12.4 Система обнаружения и извещения о пожаре**

5.12.4.1 Для транспортных зон тоннелей следует предусматривать дублированные средства обнаружения и извещения о пожаре: дистанционные, визуальные и автоматические.

Система обнаружения и оповещения о пожаре, применяемая аппаратура должны соответствовать действующим нормативным документам по пожарной безопасности и учитывать функциональное назначение частей тоннеля, структуру систем вентиляции и дымоудаления.

5.12.4.2 Дистанционные каналы извещения о пожаре должны базироваться, преимущественно, на средствах связи. В качестве их элементов следует использовать ручные пожарные извещатели (пожарные кнопки) в соответствующем климатическом исполнении, которые должны быть установлены около шкафов пожарных кранов и заблокированы со световой или звуковой сигнализацией в помещении диспетчерской.

Ручные пожарные извещатели должны быть установлены также у входов в зоны безопасности и лестничные клетки, в притоннельных сооружениях, служебно-технических помещениях, а также в каждом пожарном отсеке кабельных коллекторов.

Места установки кнопок ручных пожарных извещателей должны быть обозначены световыми указателями.

5.12.4.3 В качестве визуальных средств обнаружения пожара использовать телевизионные камеры, предназначенные для общего контроля обстановки в тоннеле.

5.12.4.4 Транспортные зоны тоннелей должны быть оснащены автоматической системой обнаружения извещения о пожаре с использованием максимально-



дифференциальной линейной системы, позволяющей определять скорость возрастания температуры и/или появление максимальной температуры.

5.12.4.5 Систему автоматического обнаружения и извещения о пожаре следует предусматривать интегрированную, адресную, приемно-контрольные приборы которой должны обеспечивать прием сигналов от пожарных извещателей, других приемно-контрольных приборов, преобразование сигналов, выдачу, регистрацию и дальнейшую передачу во внешние цепи исполнительным устройствам.

Емкость приемно-контрольных приборов следует принять с учетом 20% резерва.

5.12.4.6 Приемно-контрольные приборы системы автоматического обнаружения и извещения о пожаре должны позволять подключение к ПЭВМ (графическое отображение состояния охраняемого объекта, управление системой). Кроме того, они, должны быть сброкированы с радиоустройством, обеспечивающим автоматическую передачу сигнала о пожаре.

5.12.4.7 При срабатывании одного автоматического пожарного извещателя или включении ручного пожарного извещателя в ДП или ЦДП должен выдаваться сигнал «Тревога» и включаться система видеозаписи обстановки в защищаемой зоне, где сработал извещатель.

При срабатывании двух пожарных извещателей в одной защищаемой зоне в ДП или ЦДП должны поступать сигнал «Пожар» и формироваться импульсы (команды) на автоматическое включение следующих систем в соответствии с алгоритмом и программным обеспечением:

- системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей;
- эвакуационного освещения;
- заградительной сигнализации при въезде в аварийный тоннель (светофора перераспределения автотранспортных потоков, опускание шлагбаума, табло «Пожар»);
- системы комплексной противодымной защиты;
- пожарных насосов внутреннего водяного пожаротушения;
- автоматических установок пожаротушения (если это предусмотрено проектом).

5.12.4.8 Речевое оповещение должно включаться из диспетчерского пункта после проверки полученного сообщения о пожаре и подтверждения необходимости эвакуации людей из тоннеля.

5.12.4.9 Системой автоматического обнаружения и оповещения о пожаре, помимо транспортных зон, должны быть оборудованы также все отсеки кабельных коллекторов, другие притоннельные сооружения, служебно-технические и вспомогательные помещения. В этих помещениях следует предусматривать адресную систему обнаружения и извещения о пожаре с тепловыми и дымовыми пожарными извещателями.

5.12.4.10 Система автоматического обнаружения и извещения о пожаре должна предусматривать программные и аппаратные средства защиты от ложных срабатываний.

5.12.4.11 Кабели пожарной сигнализации во всех зонах следует прокладывать в трубах.

### **5.12.5 Пути эвакуации и эвакуационные выходы**

5.11.5.1 Для обеспечения безопасной эвакуации людей тоннель, подземные притоннельные сооружения, служебно-технические и вспомогательные помещения, эвакуационные межтоннельные переходы, сервисные тоннели, эвакуационные галереи, галереи доступа аварийно-спасательных служб, кабельные коллекторы - должны быть обеспечены эвакуационными путями и выходами, галереи доступа аварийно-спасательных служб, ведущие непосредственно наружу, межтоннельные переходы, сервисные тоннели, эвакуационные галереи и галереи доступа аварийно-спасательных служб - следует считать зонами безопасности тоннеля.

5.12.5.2 В качестве путей эвакуации из железнодорожного тоннеля следует предусматривать: пешеходные дорожки в тоннеле, эвакуационные лестницы, сервисные

тоннели (штольни), эвакуационные галереи, межтоннельные переходы (сбойки), смежный тоннель (при наличии двух тоннелей).

5.12.5.3 Эвакуационные выходы из объема тоннеля должны предусматриваться по всей длине тоннеля на расстоянии не более 200 м друг от друга.

Расчетное время эвакуации людей из тоннеля определяется в соответствии с ГОСТ 12.1.004.

5.12.5.4 Эвакуационными выходами из тоннеля считаются выходы, которые ведут:

- а) непосредственно наружу,
- б) в штольню через сбойку и далее наружу,
- в) в соседний тоннель через сбойку и далее наружу,
- г) на лестницу 1-го типа, которая ведет наружу,
- д) в смежный транспортный отсек который имеет выход наружу.

5.12.5.5 Ширину эвакуационных выходов из тоннелей, ширину эвакуационных галерей, других путей эвакуации, входов в лестничные клетки, лестничных маршей следует принимать по расчету, но не менее 1,5 м, а их высоту – не менее 2,1 м.

5.12.5.6 При большой длине тоннелей эвакуационные галереи, выделенные в объеме транспортного или сервисного тоннеля должны быть оборудованы эвакуационными лестницами, имеющими выходы непосредственно наружу.

Расстояние между эвакуационными лестницами должно быть не более 500 мм.

5.12.5.7 В железнодорожном и автодорожном тоннеле следует предусматривать не менее одного эвакуационного прохода вдоль всего тоннеля, шириной не менее 0,9 м.

5.12.5.8 Двери эвакуационных выходов из объемов тоннеля должны открываться по направлению движения людей при эвакуации, оборудованы автоматическими устройствами для их закрывания при пожаре, уплотнениями в притворах и замками «антипаника» в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Двери должны быть выполнены из коррозионностойких материалов и покрытий, обеспечивающих их исправное функционирование в условиях агрессивной среды тоннелей и механической мойки в течение сроков службы не менее 10 лет.

5.12.5.9 Ширину марша лестниц следует принимать по расчету, но не менее 1,2 м.

5.12.5.10 Притоннельные технические сооружения (электроподстанции, щитовые, венткамеры, насосные) должны иметь выходы наружу, или в штольню, эвакуационную сбойку.

5.12.5.11 На протяжении всего пути эвакуации людей должно быть предусмотрено аварийное освещение.

5.12.5.12 Эвакуационные выходы и направление движения должны обозначаться световыми указателями.

5.12.5.13 Указатели направления движения должны устанавливаться на расстоянии 1,3 м от уровня пола на путях эвакуации и на расстоянии не более 25 м друг от друга.

5.12.5.14 Светильники аварийного (эвакуационного) освещения, световые указатели направления движения и указатели «Выход» должны быть подключены к сети эвакуационного освещения, рассчитанными на 3-х часовой режим работы.

### **5.13 Инженерно-технические мероприятия по предупреждению чрезвычайной ситуации**

5.13.1 В составе проектной документации должен быть выполнен раздел «Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне и предупреждению чрезвычайных ситуаций» (раздел «ИТМ ГОЧС»). Раздел выполняется в соответствии с нормами и правилами в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

5.13.2 Содержание раздела «ИТМ ГОЧС» должно отвечать требованиям Градостроительного кодекса РФ и [3]. В качестве источников ЧС должны рассматриваться как проектные, так и запроектные внутренние (непосредственно в тоннеле) и внешние аварии на потенциально опасных объектах, на автотрассе или на земной поверхности над тоннелем.

5.13.3 Раздел «ИТМ ГОЧС» должен включать оценку возможных последствий воздействия поражающих факторов техногенных и природных источников ЧС и проектные решения по предупреждению ЧС в проектируемом тоннеле.

5.13.4 Раздел «ИТМ ГОЧС» должен состоять из пояснительной записки и графической части.

Раздел подлежит экспертизе в органах ГОЧС.

#### **5.14 Охрана окружающей среды**

5.14.1 Строительство тоннеля и его последующая эксплуатация должны осуществляться с учетом разработанного и получившего, как составная часть проектной документации, положительное заключение ФГУ «Главгосэкспертиза» проекта «Мероприятий по охране окружающей среды». При этом:

- концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе за пределами строительных площадок и за пределами санитарных разрывов не должны превышать предельно-допустимые.

- производственные, хозяйственно-бытовые и поверхностные сточные воды, образующиеся на строительной площадке и в тоннеле, подлежат очистке, степень которой определяется в соответствии с санитарными нормами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения. Следует предусматривать отдельное отведение нормативно чистых и загрязненных производственных сточных вод.

- отходы, образующиеся при строительстве и эксплуатации тоннелей подлежат обязательному учёту и оценке. Объёмы образующихся отходов определяют по специальным методикам. Классификацию и токсичность отходов определяют в соответствии с «Федеральным классификационным каталогом отходов», а при оценке их воздействия на окружающую природную среду используют «Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды».

Класс опасности отходов устанавливается по степени возможного вредного воздействия на ОПС при непосредственном или опосредованном воздействии опасного отхода на нее в соответствии с критериями таблицы 15.



№ пп	Степень вредного отхода воздействия опасных отходов на ОПС	Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для ОПС	Класс опасности для ОПС
1.	Очень высокая	Экологическая система необратимо нарушена. Период восстановления отсутствует	I класс чрезвычайно опасные
2.	Высокая	Экологическая система сильно нарушена. Период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия	II класс высоко опасные
3.	Средняя	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника	III класс умеренно опасные
4.	Низкая	Экологическая система нарушена. Период самовосстановления не менее трех лет	IV класс малоопасные
5.	Очень низкая	Экологическая система практически не нарушена	V класс практически неопасные

Токсичные промышленные отходы 1 - 3 классов опасности подлежат утилизации на специализированных полигонах токсичных отходов. Твердые промышленные отходы 4-5 классов опасности по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической и коммунальной служб вывозятся на полигоны складирования городских бытовых отходов.

5.14.2 Для этапа строительства тоннеля обязательным является разработка и согласование:

- технологического регламента по обращению с отходами.
- проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР).
- проекта нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ).
- паспортов опасных отходов.
- проекта организации санитарно-защитной зоны (СЗЗ).
- проекта рекультивации, вырубок и благоустройства территорий.

5.14.3 Глубина бурения скважин для отбора проб на участках, предназначенных для организации стройплощадок на порталах тоннелей, и в местах предполагаемого расположения устьев вентиляционных стволов и штолен должна соответствовать требованиям [1]. Глубина скважин для отбора проб пород по трассе тоннелей должна соответствовать расстояниям от поверхности земли до профиля трассы.

5.14.4 Рекогносцировочное обследование территории следует выполнять согласно требованиям [1, п.4.8] вдоль трассы тоннеля и на прилегающей территории в полосе 300-500 м для составления схемы расположения промышленных предприятий, свалок, отстойников, нефтехранилищ, АЗС и других объектов повышенной опасности и источников загрязнения окружающей среды, а также объектов историко-культурного наследия и повышенной уязвимости (исторической застройки, медицинских, научно-исследовательских и детских учреждений, скверов, парков и зон отдыха).

5.14.5 При пересечении тоннелями водных объектов и расположении тоннелей в водоохранных зонах следует руководствоваться указаниями ГОСТ 17.1.3.13.

Расположение тоннелей и притоннельных сооружений не должно нарушать систему питания рек, прудов и озер. Расчетные характеристики водного объекта следует принимать согласно[5].

5.14.6 Тоннели, заложенные в толще водоносных грунтов, должны в минимальной степени нарушать естественный режим и уровень подземных вод.

5.14.7 Опробование и оценка качества воды, используемой как источник водоснабжения для хозяйственно-питьевых и коммунально-бытовых нужд и других целей, производится в соответствии с установленными санитарными нормами и государственными стандартами качества воды применительно к видам водопользования.

5.14.8 Геоэкологическое опробование и оценка загрязнения грунтовых вод, не используемых для водоснабжения, при экологической оценке территории в зоне влияния проектируемого тоннеля и вспомогательных сооружений производится согласно[1, пп. 4.37, 4.38]. Число проб устанавливается в программе изысканий в соответствии со спецификой гидрогеологических условий, протяженностью тоннеля и влиянием техногенных факторов.

5.14.9 Оценка радиационной обстановки при производстве изысканий должна осуществляться согласно НРБ-99./2009, ОСПОРПБ 99/2010 с учетом [1].

Радиационно-экологические исследования должны включать:

- оценку гамма-фона на территории строительства;
- оценку радиоактивности грунтов в приповерхностной зоне и в интервалах глубин прохождения тоннеля;
- определение радиационных характеристик водоносных горизонтов, вскрываемых при проходке тоннеля;
- оценку радоноопасности территории.
- оценку мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения по глубине следует выполнять путем гамма-каротажа в скважинах, проходка которых осуществляется в ходе инженерно-геологических изысканий.
- радоноопасность территории строительства тоннеля определяется плотностью потока радона с поверхности грунта и содержанием радона в воздухе сооружаемого тоннеля.

5.14.10 Сточные воды, сбрасываемые в систему городской ливневой канализации, при необходимости должны быть предварительно очищены с помощью очистных сооружений.

Состав очистных сооружений и степень очистки должны соответствовать требованиям СП 32.13330.2010. При этом степень очистки должна составлять, мг/л:

- по взвешенным веществам - до 3-5;
- по нефтепродуктам - до 0,3-1,0.

5.14.11 В процессе строительства и эксплуатации тоннелей не должны нарушаться условия развития растительного и животного мира, вырубке лесов и кустарников, деградации болот, изменению гидрологического режима водных объектов, ухудшению путей миграции животных, уменьшению размеров популяций, вымиранию видов.

5.14.12 Оценка состояния растительного покрова проводится при маршрутном обследовании трассы проектируемого тоннеля и прилегающей территории и сопровождается отбором проб зеленых насаждений (трав, кустарников, листьев деревьев) для определения степени их деградации и химического загрязнения в городской среде. Для проведения геоботанических исследований следует привлекать специализированные организации или квалифицированных специалистов в области городского лесопаркового хозяйства, имеющих лицензии и личные сертификаты соответствия на право проведения подобных работ.

5.14.13 В процессе строительства тоннелей должна обеспечиваться:

- сохранность особо охраняемых природных территорий и ценных объектов окружающей среды при выборе участка строительства;
- снижение землеемкости проектируемого объекта;
- предупреждение территориального разобщения земель, образования локализованных участков и нарушения межхозяйственных и внутрихозяйственных связей других землепользователей;
- максимальное снижение размеров и интенсивности выбросов (сбросов) загрязняющих веществ на территорию объекта и прилегающие земли;
- рациональное использование земель при складировании промышленных отходов, размещении свалок и полигонов для хранения твердых бытовых отходов;
- своевременную рекультивацию земель, нарушенных при строительстве и эксплуатации объекта;
- снятие и использование почвенного слоя для рекультивации нарушенных земель или землевания малопродуктивных сельхозугодий.

5.14.14 После окончания строительства тоннеля необходимо восстановить почвенный и растительный покров, закрепить и одерновать образовавшиеся откосы, выработанные карьеры и отвалы.

5.14.15 Принимаемые проектные решения по строительству тоннеля должны быть увязаны с общим улучшением градостроительной обстановки и благоустройством территории строительства. Размер зоны благоустройства должен охватывать территорию по 100 м в обе стороны от оси трассы тоннеля.

5.14.16 Проекты очистных устройств следует разрабатывать в увязке с видом водопользования водных объектов, в которые намечается осуществлять сбросы из тоннелей и припортальных помещений.

5.14.17 При проходке тоннелей под ответственными зданиями и сооружениями проектом должно предусматриваться устройство наблюдательных станций, обеспечивающих непрерывный мониторинг состояния этих сооружений.

В случае необходимости должны быть предусмотрены профилактические конструктивные защитные меры по обеспечению безопасной эксплуатации зданий и сооружений, включающие усиление несущей конструкции фундаментов, устройство защитных экранов над тоннелем, ограждающих стен рядом со зданиями или опорно-ограждающих конструкций.

5.14.18 Городские здания и сооружения, расположенные вблизи объектов строительства, следует защищать от вибраций и шума, возникающих при проведении строительных работ и прогнозируемых от движения транспортных средств в процессе эксплуатации тоннеля.

5.14.19 В помещениях жилых и общественных зданий, а также производственных зданий с постоянным пребыванием людей уровни вибрации не должны превышать значений, регламентируемых [17], а уровни шума – [16] и [18].

5.14.20 Оценку ожидаемых вибраций и шума в зданиях и сооружениях, находящихся вблизи транспортных тоннелей, следует проводить на основе расчетов.

Критерии вибрационной безопасности принимаются по ГОСТ 12.1.012 и ГОСТ ИСО 8041. При превышении допустимых уровней шума и вибрации необходимо предусматривать шумо- и виброзащитные мероприятия.

5.14.21 Для снижения уровня шума в тоннеле и притоннельных сооружениях следует применять звукоизолирующие и звукопоглощающие ограждения.

В вентиляционных системах следует предусматривать установку глушителей шума на всасывании и на выхлопе.

5.14.22 При сооружении железнодорожных тоннелей в жилой или промышленной зоне в необходимых случаях следует предусматривать мероприятия по гашению вибрации, создаваемой движением поездов, с таким расчетом, чтобы уровень вибрации в жилых и общественных зданиях не превышал допустимых значений, установленных



санитарными нормами, а в производственных зданиях - не превышал соответствующих требований для конкретного производства.

5.14.23 Необходимо обеспечить защиту тоннелей от проникания в них опасных для здоровья людей вредных веществ от производств, находящихся вблизи тоннеля.

## **БУСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ЭКСПЛУАТАЦИЮ АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ**

### **6.1 Конструкции дорожной одежды**

6.1.1 Материалы и конструкции дорожной одежды в тоннелях и на рамповых участках должны соответствовать требованиям СП 34.13330.2010 для опасных условий движения на открытых участках автомобильных дорог. Конструкции должны быть капитального типа, долговечными, соответствовать требуемой пропускной способности тоннелей и обеспечивать отвод воды.

6.1.2 Дорожная одежда на лотковой части обделки (участки тоннелей, сооружаемые открытым способом) или на перекрытии для проезжей части (участки тоннелей сооружаемых щитовым способом) состоит из гидроизоляции, защитного слоя по ней и покрытия.

6.1.3 Гидроизоляция на лотковой части обделки или на перекрытии для проезжей части должна проектироваться на всю ширину проезжей части с заводкой ее на банкетки или на стены на высоту не менее 15 см.

6.1.4 Для гидроизоляции следует применять материалы, в соответствии с требованиями [14, п. 9.4].

6.1.5 Вид покрытия дорожной одежды (асфальтобетонное или цементобетонное) следует принимать исходя из транспортно-эксплуатационных требований и длины тоннеля с учетом перспективной интенсивности движения, состава транспортных средств, а также принятой проектной аварии.

Для коротких тоннелей из условия идентичности производства работ на закрытых и открытых участках трассы более предпочтительным является применение асфальтобетонного покрытия.

При протяженных тоннелях по условиям пожарной безопасности рациональным может оказаться цементобетонное покрытие (увеличение дымообразования при асфальтобетонном покрытии в случае возгорания разлитой легковоспламеняющейся жидкости).

6.1.6 Асфальтобетонным покрытие дорожной одежды следует предусматривать двухслойным (6+6 см) с повышенными светоотражающими свойствами. Нижний слой – из плотного асфальтобетона по ГОСТ 9128 на гранитном щебне фракции 5-20 мм. Верхний слой – из высокоплотного асфальтобетона по ГОСТ 9128 на фракционированном (фракции 5-10 мм и 10-15 мм) щебне. Поверхность покрытия должна быть устойчивой против износа и шлифуемости под воздействием движения.

Перед въездным порталом на длине около 100 м должно использоваться темное дорожное покрытие.

6.1.7 Для тоннелей протяженностью более 125 м в целях лучшей зрительной адаптации водителей и снижения электропотребления на освещение тоннеля рекомендуется перед въездным порталом на длине около 100 м использовать темное дорожное покрытие, а на начальном участке тоннеля длиной не менее 150 м – осветленное дорожное покрытие.

6.1.8 На рамповом участке коэффициент сцепления шин автомобилей с поверхностью покрытия следует принимать равным не менее 0,6.

6.1.9 На проезжей части тоннелей должна быть выполнена разметка по ГОСТ Р 51256 с использованием световозвращающих маркировочных материалов.

## **6.2 Эксплуатационные устройства и оборудование автодорожных тоннелей**

### **6.2.1 Общие требования**

6.2.1.1 Состав эксплуатационно-технического оборудования определяется на стадии обоснования инвестиций согласно перечню, передаваемого заказчику, и уточняется при проектировании.

6.2.1.2 Размещаемые в тоннелях приборы и оборудование должны иметь необходимую степень защиты от воздействия агрессивных факторов воздушной среды тоннелей, повышенной влажности, перепада температур, а также от повреждений при механизированной мойке стеновых конструкций или попытках их умышленной порчи.

6.2.1.3 Прокладку инженерных коммуникаций, за исключением распределительных сетей, подходящих к оборудованию, установленному непосредственно в зонах проезжих участков тоннелей, следует предусматривать, как правило, в технических проходных коллекторах, обеспечивая высокую степень их защиты, особенно в режимах чрезвычайных ситуаций.

6.2.1.4 Проектом должен быть предусмотрен технологический резерв основного оборудования, влияющего на жизнеобеспечение тоннеля (силовые трансформаторы, вентиляторы тоннельной вентиляции, насосы водоотливных установок). Резервные агрегаты должны быть установлены рядом с рабочими агрегатами так, чтобы ввод их в рабочее состояние был возможен путем оперативных переключений.

Проектом должны быть предусмотрены также запасные части к основному эксплуатационному оборудованию тоннелей, предоставляемые эксплуатирующей организацией при приемке тоннелей в эксплуатацию.

6.2.1.5 Срок службы основных эксплуатационных устройств, устанавливаемых в тоннеле и на подходах к нему должен быть не менее 10 лет.

### **6.2.2 Электроснабжение и электроустановки**

6.2.2.1 Питание электроустановок тоннелей предусматривают от городских или собственных трансформаторных подстанций.

Необходимость применения собственных трансформаторных подстанций следует обосновывать расчетом.

При длине тоннеля более 3000 м следует предусматривать собственный резервный источник электроснабжения необходимой мощности на случай возникновения чрезвычайной ситуации на питающих центрах ЕЭС.

6.2.2.2 Электроснабжение силовых, осветительных и других технологических потребителей предусматривается напряжением 380/220 В переменного тока частотой 50 Гц, как правило, от общих трансформаторов с глухозаземленной нейтралью по системе TN-C-S. При техническом обосновании в электроустановках возможно применение других уровней напряжения.

6.2.2.3 Электроснабжение трансформаторных подстанций следует обеспечивать напряжением 10 кВ не менее, чем от двух независимых источников энергосистемы города.

На трансформаторных подстанциях необходимо предусматривать распределительные устройства (РУ) 10 кВ, состоящие из двух секций шин.

Количество и мощность трансформаторов определяется расчетом.

Применение маслонаполненного оборудования на подземных подстанциях не допускается.

6.2.2.4 Электроустановки автотранспортных тоннелей должны отвечать требованиям [26].

6.2.2.5 Электроприемники в части обеспечения надежности электроснабжения согласно ПУЭ следует относить к следующим категориям:

особая группа электроприемников I категории – установки всех систем обеспечения организации и безопасности движения и эксплуатации тоннеля (систем диспетчеризации, дистанционного управления электроустановками, электросвязи, теленаблюдения заградительной и оповестительной сигнализации, контроля газового состава воздуха), систем автоматической пожарной сигнализации, громкоговорящего оповещения и управления эвакуацией, системы эвакуационного освещения;

электроприемники I категории – вентиляционные установки дымоудаления эвакуационных путей, водоотливные установки, установки пожаротушения;

электроприемники II категории – системы рабочего освещения и освещения безопасности тоннеля;

электроприемники III категории – другие электроустановки.

Электроприемники I категории и особой группы I категории должны иметь питание от двух секций РУ 380/220 В трансформаторной подстанции, представляющих собой два независимых взаиморезервируемых источника питания, с устройством АВР у потребителей электроэнергии.

Особая группа электроприемников I категории должна дополнительно получать питание от третьего независимого источника, в качестве которого могут использоваться агрегаты бесперебойного питания и аккумуляторные батареи.

Электроприемники II категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух секций РУ 380/220 В трансформаторной подстанции, представляющих собой два независимых взаиморезервируемых источника питания. При нарушении питания от одного из источников, допустимы перерывы на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного (оперативного) персонала. Для повышения надежности электроснабжения электроприемников II категории они могут быть разделены на две части, каждая из которых получает питание от разных секций РУ 380/220 В.

Электроприемники III категории подключаются к одной из секций РУ 380/220 В при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, как правило, не превышает одних суток.

6.2.2.6 Все электроприемники должны иметь местное управление. Вентиляционные системы, насосные установки, автоматические установки пожаротушения и системы рабочего освещения должны иметь также дистанционное управление из диспетчерского пункта и сигнализацию их состояния.

В насосных установках следует предусматривать автоматическое управление работой насосов в зависимости от уровня воды в водосборниках.

6.2.2.7 Степень защиты электрооборудования расположенного в транспортных зонах тоннелей должна быть не менее IP 66, а в других зонах тоннелей и притоннельных сооружениях – не менее IP 43.

Для освещения транспортных зон тоннелей следует применять световые приборы со степенью защиты не менее IP65.

6.2.2.8 Электроприемники с автономными источниками питания должны проходить периодическую проверку их работоспособности.

6.2.2.9 Для обеспечения ремонтных работ в транспортной зоне необходимо предусматривать электрическую сеть напряжением 380/220В и ремонтные ящики.

В ремонтных ящиках, размещаемых в транспортных зонах, следует предусматривать напряжение 380В, 50 Гц (3 фазы) и 220В, 50 Гц. Для питания низковольтных (12 или 36 В), потребителей необходимо предусмотреть несколько переносных трансформаторов безопасности.

Ремонтные ящики для выполнения работ в транспортных зонах рекомендуется размещать через 120 м по той их стороне, по которой прокладывается кабель их питания. Для предотвращения повреждения ящиков они должны помещаться в нишах, а при наличии межтоннельных проходов также в начальной части последних.



Установку ящиков следует предусматривать на высоте 0,5-0,7 м от уровня служебных проходов или защитных полос.

Для выполнения работ по другой стороне транспортной зоны, при невозможности перекрытия движения в тоннеле, и в качестве резервного источника питания в проектах тоннелей длиной свыше 500 м необходимо предусматривать трехфазный генератор 380/220В мощностью до 30 кВт, перевозимый в кузове грузового автомобиля.

6.2.2.10 Все применяемые электрические провода и кабели должны иметь медные токопроводящие жилы. Кабели должны быть не распространяющими горение (класс ПРГП I по [23]) типа нг-LS или нг-НФ. Запрещается прокладывать кабели, если объем их полимерных материалов, составляет более 7 л на погонный метр прокладки. Применение кабелей при прокладке более 7 л объема их полимерных материалов на погонный метр должно быть технически обосновано. Запрещается прокладка изолированных проводов без защитной оболочки. Для питания электроприемников систем противопожарной защиты (пожарная сигнализация, СОУЭ, аварийное и эвакуационное освещение, установки пожаротушения, установки дымоудаления и подпора воздуха и т.п.) должны быть использованы пожаростойкие (огнестойкие) кабели «FR» (класс ППСТ1 по [23]). Ответительные коробки должны быть выполнены из материалов, стойких к воздействию накаливаемых элементов и пламени по ГОСТ 27483 и ГОСТ 27484, устанавливаемые во влажные места клеммные соединения должны быть трекингоустойчивыми по ГОСТ 27473.

6.2.2.11 Прокладку основной части кабелей внутренних электрических сетей надлежит предусматривать в кабельном коллекторе или отсеке: силовых кабелей – по одной стороне, контрольных и электросвязи – по другой стороне коллектора или отсека.

Прокладка кабелей на одной стороне кабельного коллектора допускается в тоннелях длиной до 300 м с соблюдением правил [26] к расстояниям между силовыми и кабелями сигнализации и управления с разделением их негорючими горизонтальными перегородками с пределом огнестойкости не менее EI 45.

Прокладываемые взаиморезервирующие линии электроснабжения, а также электропроводки эвакуационного и рабочего освещения должны быть изолированы в противопожарном отношении.

В подсводовом отсеке тоннеля допускается прокладка только электропроводки распределительных сетей освещения и кабелей управления дымовыми клапанами.

По стенам тоннеля допускается прокладка распределительных сетей только для установок, размещаемых непосредственно в тоннеле.

6.2.2.12 В местах прохода кабелей и проводов через строительные конструкции должны быть установлены кабельные проходки с пределом огнестойкости не менее предела огнестойкости пересекаемой конструкции. Предел огнестойкости кабельных проходок определяется в соответствии с [22].

6.2.2.13 Прокладка кабелей городских электрических сетей в кабельном отсеке тоннеля не допускается.

6.2.2.14 Размещение электрооборудования в трансформаторных подстанциях и в других электроустановках, а также заземление электроустановок и защиту людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции следует предусматривать в соответствии с требованиями [26].

6.2.2.15 В силовых и осветительных сетях должна обеспечиваться их автоматическая защита по токам утечки с помощью устройства защитного отключения (УЗО).

Установка УЗО в сетях питания противопожарного оборудования, аварийного и эвакуационного освещения и т.п. не допускается.

6.2.2.16 Пожарная безопасность электрических изделий должна быть подтверждена сертификатами, протоколами испытаний, расчетами. Выбор огнезащитных составов для элементов электроустановок должен быть технически обоснован.

6.2.2.17 Прокладка в помещениях РУ и электрощитовых трубопроводов отопления допускается при условии применения цельных сварных труб без фланцев, вентиля и другой арматуры, а вентиляционных сварных коробов – без люков, задвижек и других подобных устройств. При транзитной прокладке трубопроводов они должны заключаться в сплошные водонепроницаемые кожухи.

### 6.2.3 Электроосвещение

6.2.3.1 Транспортная зона, служебно-технические и вспомогательные помещения тоннеля, а также притоннельные сооружения должны иметь искусственное стационарное рабочее и аварийное освещение, включающее освещение безопасности и эвакуационное освещение.

6.2.3.2 Рабочее освещение в транспортной зоне должно создавать в дневное и ночное время такие условия видимости окружающей обстановки, при которых обеспечивается требуемая степень безопасности и зрительной комфортности водителя при проезде по тоннелю с установленной скоростью.

Рабочее освещение транспортной зоны должно предусматривать дневной и ночной режимы.

6.2.3.3 При определении необходимости дневного режима и требуемого уровня освещения в коротких (длиной не более 125 м) тоннелях следует руководствоваться данными таблицы 16.

Таблиц а 16– Освещение коротких тоннелей в дневном режиме

Длина тоннеля, м	Радиус кривой въездного участка в плане	Освещение в дневном режиме
до 25	любой	не требуется
от 25 до 75	350 м и более	
	менее 350 м	50 % уровень
от 75 до 125	350 м и более	в полном объеме
	менее 350 м	
более 125	любой	

6.2.3.4 В зависимости от характера движения (одностороннее или двустороннее) и интенсивности транспортного потока тоннели подразделяются на три класса по освещению в соответствии с таблицей 17.

Таблица 17– Классификация тоннелей по освещению

Движение	Одностороннее			Двустороннее		
	<500	500-1500	> 1500	<100	100-400	>400
Интенсивность движения, на одну полосу, ед./час.						
Класс тоннеля	1	2	3	1	2	3
Примечание– При наличии факторов, ухудшающих условия безопасности или комфортности движения в тоннеле, например, боковых въездов и выездов, класс тоннеля может быть повышен на одну ступень за исключением класса 3.						

6.2.3.5 В дневном режиме следует выделять четыре яркостные зоны тоннеля: пороговую, переходную, внутреннюю и выездную.

6.2.3.6 Длину пороговой зоны следует принимать равной расстоянию безопасного торможения (РБТ), определяемому дистанцией останова.

В тоннелях, имеющих при въезде участки с открытыми проемами в стенах или перед въездным порталом солнцезащитные экраны, пороговая зона отсчитывается от начала этих участков. В этом случае распределение яркости в пороговой зоне определяется с учетом действия дневного света и должно иметь характер такой же, как и при искусственном освещении.

6.2.3.7 Отношение средней яркости дорожного покрытия  $L_{th}$  в первой половине

пороговой зоны к яркости адаптации  $L_{20}$ , определяемой в соответствии с п.2 Приложения В, должно быть не менее величин, указанных в таблице 15. Средняя яркость дорожного покрытия  $L_{th}$ , на первой половине пороговой зоны должна оставаться постоянной, а затем линейно спадать до 40 % от начального значения к концу этой зоны.

В тоннелях, имеющих при въезде участки с открытыми проемами в стенах или перед въездным порталом солнцезащитные экраны, пороговая зона отсчитывается от начала этих участков. В этом случае распределение яркости в пороговой зоне определяется с учетом действия дневного света и должно иметь характер такой же, как и при искусственном освещении.

Таблица 18 – Нормируемые значения отношения средней яркости дорожного покрытия пороговой зоны к яркости адаптации  $K = L_{th} / L_{20}, \%$

Класс тоннеля	Расстояние безопасного торможения, м					
	60 и менее	80	100	120	140	160 и более
3	4.0	4.5	5.0	5.6	6.3	7.0
2	3.0	3.5	4.0	4.4	4.7	5.0
1	2.0	2.5	3.0	3.4	3.7	4.0

Примечание – Для боковых въездов в тоннель при РБТ менее 55 м и применяется норма  $L_{th} / L_{20} = 1.5 \%$

6.2.3.8 В переходной зоне продольное распределение яркости дорожного покрытия  $L_{tr}$  при удалении от пороговой зоны должно носить плавно спадающий характер, при этом отношение яркости  $L_{tr}$ , к средней яркости  $L_{th}$  в первой половине пороговой зоны не должно быть ниже значений, описываемых кривой спада относительной яркости переходной зоны, приведенной в п.3 Приложения В.

Допускается ступенчатый спад яркости  $L_{tr}$ , но при этом каждая ступень должна быть не ниже кривой спада яркости переходной зоны, а перепады яркости при переходе от ступени к ступени не должны превышать отношения 3:1.

Конец переходной зоны определяется местом, где яркость переходной зоны  $L_{tr}$  спадает до трехкратной величины средней яркости внутренней зоны  $L_{in}$ .

6.2.3.9 Рекомендуется предусматривать автоматическое регулирование дневного режима освещения пороговой и переходной зон в зависимости от уровня яркости адаптации  $L_{20}$  в данный момент времени, обеспечивая при этом нормируемое значение отношения  $L_{th} / L_{20}$  в соответствии с таблицей 15.

6.2.3.10 В тоннелях с двусторонним движением пороговую и переходную зоны следует устраивать со стороны каждого портала.

6.2.3.11 Во внутренней зоне минимально допустимые величины средней яркости дорожного покрытия  $L_{in}$  должны соответствовать данным таблицы 19.

Таблица 19 – Нормируемые значения средней яркости дорожного покрытия внутренней зоны  $L_{in}$ , кд/м<sup>2</sup>

Класс	Расстояние безопасного торможения, м					
	60 и менее	80	100	120	140	160 и более
3	2.0	3.0	4.0	4.8	5.4	6.0
2	1.5	1.7	2.0	2.5	3.2	4.0
1	0.6	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5

6.2.3.12 Для тоннелей класса 3 рекомендуется, начиная с расстояния безопасного торможения перед выездным порталом, устраивать выездную зону, в которой средняя по поперечному сечению яркость дорожного покрытия  $L_{ex}$  линейно растет, достигая за 20 м до выездного портала пятикратного значения средней яркости внутренней зоны  $L_{in}$ . Для тоннелей класса 1 и 2 выездная зона может не создаваться.

6.2.3.13 Ночной режим освещения следует предусматривать независимо от длины тоннеля. При этом средняя яркость дорожного покрытия по всей длине тоннеля должна быть постоянна и не ниже средней яркости участков улицы или дороги,



примыкающих к въездному и выездному порталам. Рекомендуется, чтобы средняя яркость дорожного покрытия тоннелей класса 3 была не менее  $2 \text{ кд/м}^2$ , а класса 2 - не менее  $1 \text{ кд/м}^2$ .

На протяжении РБТ перед въездным порталом следует обеспечить повышенный не менее чем на 30% уровень средней яркости дорожного покрытия по сравнению с соответствующим уровнем яркости улицы, ведущей к тоннелю.

При наличии примыкающего к въездному portalу участка, перекрытого солнцезащитным экраном, ночной режим освещения этого участка должен быть аналогичен режиму, принятому для всего тоннеля.

6.2.3.14 Переключение освещения с ночного режима на дневной и обратно следует проводить соответственно при повышении и спаде естественной горизонтальной освещенности вблизи въездного портала до 100 лк.

6.2.3.15 Во всех яркостных зонах отношение средней яркости нижней части стен тоннеля до уровня 2 м над полотном дороги к средней яркости дорожного покрытия ближайшей к стене полосы движения должно быть не менее 0,6 для классов 3 и 2. Для тоннелей класса 1 рекомендуется, чтобы аналогичное отношение освещенностей было не менее 0,25.

6.2.3.16 На участках с постоянным уровнем средней яркости дорожного покрытия (первая половина пороговой и вся внутренняя зоны в дневном режиме, а также весь тоннель в ночном режиме) должны быть обеспечены показатели равномерности яркости дорожного покрытия не ниже значений, приведенных в таблице 20.

Таблица 20 – Нормируемые значения показателей равномерности яркости дорожного покрытия

Класс тоннеля	Отношение минимальной яркости к :	
	средней по всей ширине проезжей части	максимальной по оси каждой полосы движения *
32	0.4	0.6 0.5 0.4
1	0.4 0.35	

\*Нормативное значение должно быть обеспечено для каждой полосы движения

Для нижней части стен (до 2 м над дорожным покрытием) тех же участков отношение минимальной яркости к средней должно быть не ниже 0,35.

6.2.3.17 Приращение пороговой разности яркостей TI за счет слепящего действия светильников, определяемое в соответствии с п.4 Приложения В, для пороговой и внутренней зоны в дневном режиме и всего тоннеля в ночном режиме не должно превышать 15%.

6.2.3.18 Для предотвращения раздражающего монотонного мелькания ярких частей светильников (фликер-эффекта) шаг между светильниками в ряду должен быть не менее значений, указанных в таблице 21. Это требование должно выполняться во внутренней зоне в дневном режиме и по всей длине тоннеля в ночном режиме при продолжительности проезда по таким участкам более 20 секунд.

Таблица 21 – Минимально допустимый шаг между светильниками для предотвращения фликер-эффекта

	Скорость движения, км/час:			
	60	80	100	120
Шаг, м	6.7	8.9	11.1	13.3

В тоннелях, имеющих при въезде участки с открытыми проемами в стенах или перед въездным порталом солнцезащитные экраны, пропускающие прямой солнечный

свет жалюзи, частота мельканий солнечных бликов должна быть не менее 50 Гц независимо от продолжительности мельканий.

Для снижения визуальной монотонности движения в тоннелях длиной более 2 км рекомендуется через каждые 1,5 мин. Езды с установленной скоростью оборудовать участки, освещение которых имеет заметные отличия от основного освещения: в цветности применяемых источников света, шаге между светильниками, повышенном уровне яркости полотна проезжей части и стен.

6.2.3.19 При использовании натриевых ламп высокого или низкого давления расстояние между светильниками с этими лампами и желтыми сигнальными огнями (светофорами) должен быть либо не менее одного метра по горизонтали в плоскости, перпендикулярной направлению движения, либо не менее одного градуса при наблюдении с расстояния, равного половине РБТ.

6.2.3.20 Для рабочего освещения транспортной зоны следует применять, как правило, специальные тоннельные светильники со светораспределением, соответствующим выбранной системе освещения с разрядными лампами, главным образом, натриевыми лампами высокого давления, и со светораспределением, соответствующим выбранной системе освещения. Для внутренней и выездной зон рекомендуется применять симметричную систему освещения, для пороговой и переходной зон – встречную систему.

Светильники наиболее целесообразно располагать на потолке над проезжей частью в один или несколько рядов в зависимости от ее ширины и уровня нормируемой средней яркости дорожного полотна и стен, при этом габариты светильников по высоте не должны выходить за установленные для данного тоннеля пределы. Для тоннелей с числом полос не более двух допускается боковое размещение светильников (на стенах или в углах между стеной и потолком), при этом высота установки светильников должна быть не ниже 4 м относительно дорожного полотна.

6.2.3.21 Коэффициент запаса осветительной установки в транспортной зоне тоннеля следует принимать равным 1,7 при двух чистках светильников в год.

6.2.3.22 В транспортной зоне тоннелей длиной более 125 м должно быть предусмотрено освещение безопасности, предназначенное для обеспечения необходимых условий видимости для выезда транспорта из тоннеля при аварийном отключении рабочего освещения. Освещение безопасности обеспечивается путем питания части светильников (или по одной из ламп в части многоламповых светильников) рабочего освещения от независимого источника и должно создавать среднюю освещенность на дорожном покрытии транспортной зоны не менее 10 лк, а освещенность в любой его точке – не менее 2 лк.

6.2.3.23 Для тоннелей длиной 350 м и более в дополнение к освещению безопасности должно быть предусмотрено эвакуационное освещение транспортной зоны, предназначенное для эвакуации людей из тоннеля в аварийной ситуации путем создания необходимых условий видимости путей эвакуации с помощью специальных световых указателей и эвакуационных светильников. Световые указатели с обозначением направления пути эвакуации устанавливаются на стенах тоннеля на высоте 0,5 м над уровнем эвакуационного тротуара с шагом не более 25 м. Над эвакуационными выходами из тоннеля на высоте 2,1-2,2 м от уровня пола должны быть установлены световые указатели с соответствующей надписью или знаком и эвакуационные светильники, которые должны обеспечить освещенность не менее 0,5 лк на уровне пола перед дверью эвакуационного выхода.

Требования к световым указателям должны соответствовать ГОСТ Р 12.4.026, а к эвакуационным светильникам - ГОСТ 27900 и [24].

Питание световых указателей и светильников эвакуационного освещения в нормальном режиме осуществляется от источника, независимого от сети рабочего освещения, а в аварийном режиме – от третьего независимого источника, для чего

должно быть предусмотрено автоматическое переключение на питание от аккумуляторных батарей или другого предназначенного для этой цели источника. Продолжительность работы эвакуационного освещения в аварийном режиме должно быть достаточным для эвакуации людей из тоннеля, но не менее трех часов.

6.2.3.24 При проектировании рабочего и аварийного освещения притоннельных сооружений, служебно-технических и вспомогательных помещений тоннеля следует руководствоваться требованиями СП 52.13330.2011.

#### 6.2.4 Вентиляция

6.2.4.1 Необходимость устройства механической вентиляции тоннеля определяется расчетом. При длине тоннеля более 300 м устройство механической вентиляции является обязательным.

6.2.4.2 Вентиляция должна обеспечивать необходимую чистоту и температуру, давление, влажность и скорость движения воздуха в тоннеле, нормируемое содержание вредных веществ в транспортной зоне и в удаляемом из тоннеля воздухе в зонах расположения воздуховыпускных устройств (киосков), способствовать быстрой локализации продуктов горения, дымоудалению и эвакуации людей в случае возникновения пожара.

Вентиляция должна быть рассчитана на следующие режимы движения транспорта в тоннелях:

- нормальный режим (режим «А») – безостановочное движение транспорта с расчетной скоростью при интенсивности соответствующей часу «пик»;
- замедленный режим (режим «Б») - безостановочное движение транспорта со скоростью менее 20 км/ч;
- транспортная пробка (режим «В») - остановка транспорта с работающими двигателями;
- прерывистый режим (режим «Г») - движение транспорта со скоростью менее 10 км/ч сопровождаемые частыми остановками транспорта.

6.2.4.3 Воздухообмен при механической вентиляции может осуществляться по приточной, вытяжной или приточно-вытяжной схемам с подачей и удалением воздуха через порталы, шахтные стволы или скважины, а также по комбинированной портално-шахтной схеме с использованием продольной вентиляции, в том числе со струйными вентиляторами, поперечной или комбинированной системе вентиляции.

6.2.4.4 Продольную систему вентиляции с подачей или вытяжкой воздуха только через порталы рекомендуется применять в тоннелях длиной до 1,0 (1,5) км, продольно-поперечную и полупоперечную - до 2,0 (3,0) км (цифры в скобках относятся к тоннелям с односторонним движением).

Возможно использовать смешанную вентиляцию, проветривая тоннель в часы пик по более эффективной и дорогостоящей системе (например, поперечной), а при незначительной интенсивности движения - по более простой и дешевой (например, продольной).

Для искусственного проветривания тоннелей длиной более 2-3 км необходимо устройство вентиляционных шахтных стволов или скважин для подачи свежего и удаления загрязненного воздуха.

6.2.4.5 Расход воздуха следует определять по разбавлению вредных веществ до средних значений по длине тоннеля предельно-допустимых концентраций (ПДК) оксида углерода (СО) и диоксида азота (NO<sub>2</sub>).

6.2.4.6 В режиме «А» среднее значение ПДК СО не должно превышать 60 мг/м<sup>3</sup>. Среднее значение ПДК NO<sub>2</sub> соответственно – 1 мг/м<sup>3</sup> при времени нахождения в тоннеле с расчетной скоростью движения 15 минут, при более длительном времени пребывания – 0,5 мг/м<sup>3</sup>.



В режимах «Б», «В», «Г» среднее значение ПДК СО не должно превышать 100 мг/м<sup>3</sup>, среднее значение ПДК NO<sub>3</sub> соответственно – 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

Длительность каждого режима или суммарное их время, при указанных ПДК, не должно превышать 15 минут.

В случае более длительного действия режимов «Б», «В», «Г» или превышения пороговых значений ПДК должны быть предусмотрены организационно-технические мероприятия по выключению двигателей транспортных средств, находящихся в тоннеле, гарантированному предотвращению въездов автомобилей в тоннель и контролю выполнения соответствующих команд.

ПДК вредных веществ могут уточняться в зависимости от длительности нахождения в транспортной зоне связанной с длиной тоннеля и скоростью движения транспорта.

6.2.4.7 Гарантированное предотвращение въезда в тоннель должно обеспечиваться автоматическим включением, по среднему значению ПДК СО (NO<sub>2</sub>) или скорости движения в тоннеле, красного сигнала светофора, закрытием шлагбаума, подъемом автоматических барьеров с задержкой времени на 30 секунд для оценки диспетчером ситуации и выдачи разрешения на выполнение команды.

6.2.4.8 Работы, связанные с содержанием тоннелей и его эксплуатационных устройств в транспортных зонах и в вытяжных каналах, следует производить в условиях ограниченной интенсивности движения, при которой обеспечивается выполнение требований ГОСТ 12.1.005, или с ограничением времени пребывания людей в указанных зонах в зависимости от концентрации вредных веществ в местах проведения работ, либо с использованием защитных средств органов дыхания.

6.2.4.9 Система вентиляции в автодорожных тоннелях должна обеспечивать необходимую по условиям видимости в тоннеле прозрачность воздуха, при которой показатель ослабления света не превышает 0,0075 1/м.

6.2.4.10 Производительность вентиляции тоннелей необходимо проверить на удаление возможных теплоизбытков при расчетной температуре наружного воздуха, равной средней температуре самого жаркого месяца. Расчетная средняя температура воздуха по длине тоннелей не должна превышать +35° С. Минимальная температура воздуха в тоннеле не регламентируется.

6.2.4.10 Максимальную допустимую скорость движения воздуха следует принимать:

- в транспортной зоне тоннеля - 6 м/с без учета движения транспортных средств (при специальном обосновании - 10 м/с);
- в продольных вентиляционных каналах - 20 м/с (при обосновании - 25 м/с);
- в поперечных вентиляционных каналах - 8 м/с.

6.2.4.11 Для вентиляции тоннелей следует использовать вентиляторы с высоким КПД, при обосновании с регулированием производительности. Управление вентиляторами должно быть местное, автоматическое и дистанционное.

6.2.4.12 Установки тоннельной вентиляции должны иметь необходимый резерв производительности вентиляционных систем: по разбавлению вредных веществ не менее 50% и по удалению теплоизбытков не менее 30%.

6.2.4.13 Вентиляционные установки следует размещать в отдельных помещениях непосредственно у порталов, в местах расположения эксплуатационно-технических блоков, у шахтных стволов или в подземных камерах в зависимости от местных градостроительных условий и объемно-планировочных решений.

Воздухозаборные вентиляционные киоски следует располагать в местах наименьшего загрязнения атмосферного воздуха. Приточные жалюзи должны быть размещены на высоте не менее 2 м от поверхности земли.

6.2.4.14 В каналах со стороны всасывающих и вытяжных вентиляционных устройств, а при обосновании расчетом и со стороны тоннелей, необходимо

предусматривать установку глушителей шума, обеспечивающих снижение шума от работы вентиляторов до значений, указанных в таблице 22.

Т а б л и ц а 22

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровни звукового давления, дБ	97	88	83	76	72	62	54	47

Необходимость звукоизоляции наружных ограждений вентиляционных камер должна определяться расчетом согласно СНиП 23-03-2003.

6.2.4.15 Система управления установками тоннельной вентиляции должна включать комплекс средств, обеспечивающих постоянный контроль физических и химических параметров воздушной среды в транспортной зоне и автоматическое регулирование расхода воздуха в зависимости от интенсивности движения и количества выделяемых транспортными средствами выхлопных газов.

Газоанализаторы должны устанавливаться с шагом, обеспечивающим контроль воздушной среды на всем протяжении тоннеля.

Точность измерений (погрешность) газоанализаторов должна быть достаточной для отслеживания динамики изменений концентрации вредных веществ в воздушной среде тоннеля, но не ниже 10%. Чувствительные сенсоры газоанализаторов должны быть защищены от воздействий влаги, пыли, грязи.

Должен быть предусмотрен также автоматический контроль за рабочими параметрами оборудования вентиляционных систем.

6.2.4.16 При проектировании тоннельной вентиляции должна быть проверена возможность выброса воздуха из тоннеля без очистки. При необходимости очистки выбрасываемого из тоннелей воздуха ее вид следует определять по технико-экономическим расчетам. В случае применения мокрой очистки следует предусмотреть места временного хранения, средства транспортировки и утилизации шлама.

При выбросах без очистки может использоваться рассредоточение выбросов или высокие выбросы через вертикальные вентиляционные трубы (шахты). Высота труб должна определяться расчетом и быть не менее высоты ближайшего наиболее высокого здания в радиусе 20 м.

6.2.4.17 В помещениях вентиляционных камер должны быть предусмотрены проемы (шахты) с грузоподъемными и транспортными механизмами для монтажа и демонтажа вентиляционного оборудования при его обслуживании и ремонте.

6.2.4.18 Коллекторы кабельных коммуникаций и помещения вытяжных вентиляционных камер должны иметь самостоятельные системы вентиляции.

В технических помещениях с оборудованием, выделяющим в процессе работы вредные компоненты, должны предусматриваться, при необходимости, местные отсосы.

Воздуховоды систем вентиляции должны позволять их очистку и мойку без демонтажа.

6.2.4.19 Помещения эксплуатационно-технического блока должны быть оборудованы самостоятельными системами вентиляции. Для этих систем вентиляции необходимо предусматривать шумоглушение в соответствии со СНиП 23-03-2003.

На всех приточных системах вентиляции служебно-технических помещений в холодный период года должен быть обеспечен подогрев подаваемого воздуха до температуры, определяемой назначением помещения, но не менее +5° С. Приточные системы должны оснащаться системой автоматики для поддержания заданной температуры воздуха.

6.2.4.20 Для контроля за газовой средой в помещениях водоотливных установок в вытяжных камерах следует предусмотреть установку газоанализаторов, реагирующих на

повышение концентрации вредных веществ, а также на образование взрывоопасной газопаровоздушной среды.

### **6.2.5 Водопровод, водоотвод и устройства водоотлива**

6.2.5.1 Водоснабжение должно обеспечивать поливочно-моечные и противопожарные нужды тоннелей и технологических помещений, а также бытовые нужды диспетчерского пункта и службы эксплуатации.

6.2.5.2 Тоннели протяженностью закрытой их части более 1000 м должны иметь единый водонаполненный водопровод с гидрантами. Для предотвращения замерзания воды в нем в холодный период года следует предусмотреть его электрообогрев или утепление.

Тоннели длиной от 350 до 1000 м должны иметь водонаполненный водопровод, опорожняемый в зимнее время.

При наличии в тоннеле двух транспортных зон, разделенных продольной стеной, водопровод должен быть предусмотрен в каждой из этих зон.

6.2.5.3 Прокладка поливочного водопровода, обеспечивающего подачу теплой воды в зимнее время для промывки облицовки тоннелей и внутренних конструкций, притоннельных сооружений, отдельных технологических помещений, дорожной одежды, водоприемных решеток и др., предусматривается по требованию Заказчика.

Для предотвращения замерзания воды в поливочном водопроводе должна быть предусмотрена возможность продувки его сжатым воздухом.

6.2.5.4 В одиночных тоннелях водопровод должен прокладываться, как правило, со стороны служебного прохода.

При наличии смежных тоннелей или двух транспортных зон в одном тоннеле водопровод должен прокладываться со стороны смежного тоннеля или другой транспортной зоны.

6.2.5.5 Линии водопровода двух смежных тоннелей или двух транспортных зон одного тоннеля должны быть закольцованы перемычками у порталов или в местах межтоннельных проходов.

6.2.5.6 Источником водоснабжения является городской водопровод, от которого должно быть не менее двух вводов, один из которых должен находиться в месте расположения эксплуатационно-технического блока.

6.2.5.7 На существующей кольцевой городской водопроводной сети в радиусе не более 150 м от проектируемого сооружения должны быть установлены пожарные гидранты. К пожарным гидрантам должен быть обеспечен подъезд с твердым покрытием. Необходимо предусмотреть площадки для размещения пожарных машин и необходимые пожарные проезды.

6.2.5.8 При проектировании водопровода в тоннеле и технологических помещениях наряду с требованиями настоящих норм необходимо руководствоваться требованиями СП 30.13330.2010 и СП 31.13330.2010.

6.2.5.9 Требуемая пропускная способность водопроводной системы определяется потребностями пожаротушения и подтверждается расчетом.

6.2.5.10 Для обеспечения требуемого напора в водопроводе при максимальном расчетном водозаборе на каждом водопроводном вводе при необходимости следует предусматривать повысительные насосные установки пожаротушения, имеющие автоматическое, дистанционное и местное управление.

При наличии смежных тоннелей или двух транспортных зон в одном тоннеле допускается размещение насосных станций двух водопроводов в одном помещении.

На питающей линии между пожарными насосами и сетью противопожарного водопровода следует устанавливать обратные клапаны.

6.2.5.11 В тоннелях должна быть предусмотрена система самотечного сбора и отвода в водоприемные устройства воды, поступающей с рамповых участков, при



промывке тоннелей, при тушении пожара, а также из грунта в случае нарушения водонепроницаемости обделки. Подлежат удалению с промывочной водой заносимая транспортными средствами уличная грязь, продукты износа шин и покрытия дорожной одежды, а также масла, бензин и другие нефтепродукты и вещества, остающиеся в тоннеле в случаях аварий и других непредвиденных ситуаций.

6.2.5.12 Городские автотранспортные тоннели имеют в продольном профиле, как правило, вогнутое очертание, и удаление сточных вод из них должно осуществляться специальными водоотливными установками. Отвод сточных вод самотеком возможен только в тоннелях, сооружаемых для преодоления высотных препятствий и тоннелях, дренажная система которых располагается выше городской водосточной сети на величину исключающую возможность подтопления тоннеля.

6.2.5.13 С целью ограничения поступления воды на подходах к рамповым участкам следует предусматривать планировочными мерами устройство искусственных водоразделов с развитой водоприемной и водоотводящей сетью.

6.2.5.14 Образующийся на рамповых участках ливневой сток должен перехватываться дождеприемниками. Первые дождеприемники следует устанавливать у начала продольного уклона рампы в месте сопряжения с открытым участком улицы (дороги).

Необходимость устройства местной перекачки в конце рампы должна определяться площадью ее водосбора и длиной закрытой части тоннеля.

6.2.5.15 Система водоотвода участков тоннелей кругового очертания с расположением проезжей части по перекрытию на повышенном уровне должна включать располагаемые по краю пониженной стороны проезжей части водоприемные приемки – отстойники, перекрытые решетками, перепускные трубы, по которым вода и другие жидкости сбрасываются из водоприемных приемков в коллектор с колодцами и отстойниками и далее в систему принудительного удаления воды в городскую водосточную сеть.

На участках тоннелей, сооружаемых открытым способом, вода и другие жидкости попадают в водоотводный коллектор непосредственно через колодцы с отстойниками, расположенными по краю проезжей части.

6.2.5.16 Водоприемные приемки и смотровые колодцы коллектора должны размещаться с шагом не более 30 м. Смотровые колодцы должны перекрываться люками и быть доступны для периодической очистки.

Вместимость отстойников в колодцах коллектора должна быть не менее  $0,04 \text{ м}^3$ .

6.2.5.17 Для исключения распространения горящих нефтепродуктов по тоннелю смотровые колодцы не реже, чем через 80 м должны иметь гидрозатворы (перепуски сифонного типа).

6.2.5.18 Удаляемые из тоннеля вода и другие жидкости поступают в камеру водоотливной установки, располагаемую между тоннелями в наиболее пониженной их части. В камере должен быть предусмотрен водосборник-зумпф, рассчитанный на прием максимально возможного количества сточных вод, и установлено насосное оборудование, предназначенное для перекачки сточных вод в городскую водосток.

При соответствующем обосновании в тоннелях кругового очертания с перекрытием для проезжей части допускается устройство водоотливной установки с водосборником необходимой емкости под перекрытием для проезжей части.

6.2.5.19 Расчетные расходы и пропускная способность, а также период и вероятность превышения расчетных расходов уличных водостоков с учетом допускаемого заполнения водоприемной системы тоннеля определяются в соответствии со СП 32.13330.2010.

6.2.5.20 Удаляемые из тоннеля сточные воды в случае сброса их в водоемы или систему дождевой канализации, не имеющей очистных сооружений в интервале от точки сброса до водоема, должны пройти предварительную очистку. Для этого в камерах

водоотливных установок перед входом в водосборники-зумпфы должны быть установлены решетки для ручной очистки, грязеотстойники, бензо- и маслоуловители, фильтры-отстойники и другие средства очистки воды от загрязнений.

Степень очистки должна составлять, мг/л:

- по взвешенным веществам – до 3-5;
- по нефтепродуктам – до 0,3-1,0.

Подключение канализационной трубы к очистному сооружению (приемному резервуару) должно предусматриваться через гидрозатвор.

В помещении водоотливной установки должен быть предусмотрен постоянный контроль газовой среды с помощью газоанализаторов.

6.2.5.21 Для откачки воды из водосборников следует использовать однотипные насосы, общая производительность которых должна обеспечивать одновременное удаление максимального расхода от гипотетического дождя и расхода воды при тушении пожара. Число резервных агрегатов принимается в соответствии со СП 32.13330.2010.

Водоотливные насосы следует устанавливать под заливом. Контроль за уровнем жидкости в водосборнике и управление работой насосов следует предусматривать в автоматическом, ручном дистанционном и ручном местном режимах.

6.2.5.22 Водоотливная насосная станция должна иметь не менее двух напорных трубопроводов, один из которых должен быть резервным.

Для взрыхления осадка в приемном резервуаре следует предусмотреть специальное устройство. Для удаления илового осадка из водоприемных емкостей (зумпфов) необходимо предусмотреть люки для доступа в них, а также места технических стоянок специализированной техники.

6.2.5.23 Шлам очистных сооружений, а также производственный и бытовой мусор, образующийся на проезжей части и в служебных помещениях, должен своевременно вывозиться, поэтому необходимо разработать проект лимитов размещения отходов.

6.2.5.24 В зонах возможного воздействия отрицательной температуры во избежание замерзания воды в водоотводных устройствах, напорных трубопроводах, дренажных системах и водосборниках следует предусматривать их утепление и обогрев.

6.2.5.25 Для водоснабжения, теплоснабжения и канализации потребителей наземных зданий и помещений эксплуатационно-технического блока должны быть предусмотрены системы водопровода, канализации и теплоснабжения, обеспечивающие хозяйственно-бытовые, технологические и противопожарные нужды. Источниками их являются городские сети.

## **6.2.6 Системы, обеспечивающие организацию и безопасность дорожного движения**

6.2.6.1 Управление движением транспортных средств, контроль за работой технических устройств и другие виды оперативного руководства работой осуществляются из диспетчерского пункта (ДП). В ДП должны быть организованы автоматизированные рабочие места диспетчеров, оснащаемые ПЭВМ и современными средствами оперативной связи и управления.

Допускается иметь единый (центральный) диспетчерский пункт (ЦДП) для управления движением в нескольких тоннелях.

Состав устройств и организационно-технических мероприятий, обеспечивающих комплексную безопасность движения транспортных средств, должен быть определен на стадии обоснования инвестиций.

6.2.6.2 Технические средства организации и регулирования дорожного движения должны отвечать требованиям действующих нормативных документов. Они должны гарантировать функционирование тоннелей в условиях нормальной эксплуатации и обеспечение управления дорожным движением и технологическими процессами в случае

возникновения аварийных ситуаций (поломка или столкновение автомобилей, выход из строя системы вентиляции или освещения, пожар и др.).

6.2.6.3 Проектом должно быть предусмотрено создание автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУД) в тоннелях, которая должна входить в общегородскую АСУД.

Общая система управления движением автотранспорта в тоннелях должна состоять из двух взаимосвязанных частей:

- управления дорожным движением;
- обеспечения безопасности дорожного движения.

6.2.6.4 АСУД тоннелей должна включать следующие подсистемы:

- подсистему мониторинга транспортных потоков – сбора и отображения информации об интенсивности и скорости движения транспортных средств;
- подсистему телевизионного наблюдения за обстановкой в транспортных зонах;
- подсистему управления динамическими информационными табло, отсечными светофорами и шлагбаумами;
- подсистему автоматического обнаружения дорожно-транспортных происшествий (ДТП), заторов и остановки одиночных транспортных средств.

6.2.6.5 На подходах к тоннелям должны быть установлены световые указатели (светофоры), останавливающие въезд транспортных средств по полосам движения, указатели допустимой скорости движения в тоннелях, информационные табло, запрещающие перевозку опасных грузов, другие дорожные знаки. Должны быть установлены также динамические информационные табло для вывода из ДП или ЦДП специальных информационных сообщений («гололед», «пожар» и т.д.).

Дорожные знаки с необходимой информацией должны дублироваться перед въездом в тоннель и в тоннеле через каждые 500 м.

Учитывая, что условия движения в тоннелях являются более затрудненными, чем на открытых участках, следует не допускать размещение в тоннелях и на подходах к ним конструкций, средств рекламы, праздничного оформления и других элементов, не относящихся к организации движения и эксплуатации тоннелей.

6.2.6.6 В разделительной полосе улицы (дороги) на подходах к тоннелю (тоннелям) на расстоянии не более 500 м от порталов должны быть предусмотрены разрывы для возможности въезда пожарной техники в тоннель во встречном направлении, а также разворота автомобилей для движения в обратном направлении.

6.2.6.7 На подходах к тоннелям в местах возможного отвода транспортных средств с основного направления следует устанавливать устройство для контроля высоты перевозимых грузов (габаритные ворота) и отсечные шлагбаумы.

Ограничение по высоте перевозимых грузов должно составлять - 4,3 м.

При проезде транспортного средства с негабаритным грузом должны включаться светофоры, останавливающие движение, а на пульт диспетчера поступать соответствующий сигнал.

6.2.6.8 На участках, где автомобили еще могут покинуть автомагистраль и у въездов в тоннель следует устанавливать информационное табло, запрещающее перевозку грузов классов 1 (взрывчатые материалы), 2 (сжатые сжиженные газы) и 3 (легко воспламеняющиеся жидкости). Перевозка опасных грузов классов 4-9 в тоннелях должна предусматриваться в ночное время в порядке, определяемом Управлением ГИБДД ГУВД г.Москвы.

В местах отвода транспортных средств должны быть установлены указатели движения в обход тоннеля.

6.2.6.9 На торцах парапетов перед въездами в тоннели и в местах разветвления транспортных потоков должны быть установлены ударопоглощающие пластиковые элементы, оснащенные световозвращающей вертикальной разметкой и обозначенные на



подъезде к ним на расстоянии не менее 150 м горизонтальной разметкой со световозвращающими наполнителями.

6.2.6.10 На покрытие проезжей части должны быть нанесены изображения дорожных знаков из холодного пластика, запрещающие остановку автотранспорта в тоннеле, движение грузового транспорта в левой полосе и ограничивающие высотный габарит.

6.2.6.11 Дорожные знаки в тоннелях должны быть выполнены на основе световозвращающей пленки высокой интенсивности.

Горизонтальная и вертикальная разметка в тоннеле должна быть предусмотрена с применением световозвращающих материалов.

6.2.6.12 Транспортные и реверсивные светофоры, запрещающие въезд в тоннели или продолжение движения в них в случае возникновения внештатных ситуаций - при срабатывании датчиков пожарной сигнализации, вынужденной остановки впереди идущих транспортных средств и т.п., - должны быть установлены на расстоянии 150 м один от другого на всей длине тоннелей и включаться автоматически.

6.2.6.13 На стенах проезжей части тоннелей и рамповых участков на высоте 1,2 м должны быть установлены с шагом 20 м светящиеся катафоты – модифицированные (активные) световозвращатели.

На проезжей части совместно с дорожной разметкой должны быть установлены световозвращатели дорожного типа. Дорожная разметка должна выполняться термопластичными материалами со световозвращающим стеклом наполнителем (стеклошариками).

6.2.6.14 В транспортных зонах тоннелей следует предусмотреть установку приборов контроля скорости автотранспорта, предусматривающих фиксацию номерных знаков автомобилей и их скорость.

6.2.6.15 Телевизионные камеры для визуального контроля за обстановкой в тоннелях должны быть установлены на подходах к тоннелям и в тоннелях с интервалом, обеспечивающим обзор транспортных зон на всем их протяжении.

Изображения с телекамер должны передаваться на видеоконтрольные устройства, установленные в помещении диспетчерского пункта и постах ДПС при их наличии у порталов тоннеля.

6.2.6.16 Телевизионные камеры следует устанавливать объективами по ходу движения транспорта на высоте не менее 2 м от уровня пола служебных проходов. В местах их установки на стенах тоннеля следует отмечать пикетаж тоннеля для более точного определения места аварийной обстановки или возникновения другой нештатной ситуации.

## **6.2.7 Системы управления комплексом инженерных систем**

6.2.7.1 Управление инженерными системами тоннелей, контроль (мониторинг) функционирования оборудования и технических средств и другие виды оперативного руководства работой осуществляются из ДП или ЦДП тоннелей.

Управление и мониторинг реализуется персоналом дежурной смены ЦДП, функционирующей в круглосуточном режиме и включающей в свой состав диспетчерские службы и технический персонал основных эксплуатирующих организаций.

6.2.7.2 Для обеспечения эффективного и оперативного управления основными группами инженерных систем тоннелей проектом должно быть предусмотрено создание автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).

6.2.7.3 В рамках создания АСУ ТП проектом должно быть предусмотрено оснащение ЦДП тоннелей комплексом средств автоматизации и связи в том числе:

- стационарного оборудования (пультов, рабочих станций, панелей, т.д.) предназначенного для контроля состояния (мониторинга) и реализации управления техническими средствами и оборудованием инженерных систем тоннелей;

- автоматизированных рабочих мест (АРМ) диспетчеров, оснащаемых высокопроизводительными ПЭВМ и современными средствами оперативной связи и управления;

- комплекса средств отображения информации индивидуального и коллективного пользования и др.

6.2.7.4 При проектировании АСУ ТП должно предусматриваться два основных режима функционирования тоннелей:

- режим нормальной эксплуатации (эксплуатационный режим или штатный режим);
- режим чрезвычайной ситуации (ЧС), режим возникновения и ликвидации последствий ЧС.

6.2.7.5 Управление эксплуатационными устройствами и оборудованием, в общем случае, следует предусматривать автоматическим, местным и дистанционным из ДП или ЦДП.

Дистанционное управление из ДП или ЦДП, по возможности, должно быть реализовано как с традиционных пультов дистанционного управления, так и с АРМ диспетчеров эксплуатирующей организации из состава дежурной смены ДП или ЦДП.

6.2.7.6 Проектом должна быть предусмотрена разработка специализированных документов (регламентов), определяющих содержание комплекса оперативных и организационно-технических мероприятий, подлежащих реализации силами диспетчерской и эксплуатационно-технических служб тоннелей в основных режимах функционирования тоннелей и в условиях аварийных ситуаций, в том числе:

- регламента технической эксплуатации сооружений и инженерно-технических систем тоннеля;
- регламента взаимодействия дежурной смены эксплуатации тоннелей и служб города при возникновении ЧС.

6.2.7.7 При проектировании АСУ ТП должна быть предусмотрена возможность отображения на мониторах ПЭВМ АРМ диспетчеров эксплуатирующей организации (а при необходимости, и на средствах отображения информации коллективного пользования) структурных схем технологических систем тоннелей с выводом данных о состоянии и текущих параметрах функционирования технологического оборудования. При этом должен быть предусмотрен непрерывный контроль за рабочими параметрами оборудования технологических систем с автоматическим выводом информации о выходе значений контролируемых параметров за установленные пределы.

6.2.7.8 Для повышения эффективности управленческой деятельности персонала и состава дежурных смен ЦДП при проектировании АСУ ТП должна быть предусмотрена разработка и реализация алгоритмов автоматизированного управления техническими средствами инженерных систем тоннелей как в штатном (эксплуатационном) режиме, так и при возникновении и в процессе ликвидации последствий ЧС.

6.2.7.9 При организации управления сложными технологическими системами, алгоритм управления которыми предполагает учет параметров, формируемых другими технологическими системами, диспетчеру эксплуатирующей организации должна предоставляться вся необходимая информация. Так, управление установками тоннельной вентиляции реализуется с учетом физических и химических параметров газовой среды в транспортных зонах тоннелей, а также интенсивности и скорости движения транспортных потоков.

6.2.7.10 При организации управления эксплуатационными устройствами и оборудованием должна обеспечиваться возможность визуального контроля диспетчером эксплуатирующей организации текущей обстановки в любой точке транспортной зоны тоннеля с использованием телекамер подсистемы телевизионного наблюдения.

6.2.7.11 При получении сигнала о выходе значений контролируемых параметров за установленные пределы либо о неисправности оборудования и устройств в транспортной зоне тоннелей (превышение уровня загазованности в одном из отсеков транспортной зоны

тоннелей, переполнение зумпфа водоотливной установки, выход из строя оборудования системы рабочего освещения и т. д.) должна быть предусмотрена возможность автоматического вывода на средства отображения коллективного пользования и/или на монитор ПЭВМ АРМ диспетчера эксплуатирующей организации изображения с соответствующей телекамеры подсистемы телевизионного наблюдения

### **6.2.8 Системы связи, громкоговорящего оповещения и часофикации**

6.2.8.1 В тоннелях должна быть предусмотрена производственная телефонная связь, обеспечивающая возможность переговоров обслуживающего персонала, находящегося в транспортных зонах тоннелей, притоннельных сооружениях и служебно-технических помещениях, а также, в экстренных случаях, водителей автотранспорта, сотрудников ГИБДД и пожарной охраны с диспетчерами.

Организация связи должна соответствовать требованиям ГОСТ Р22.1.12.

6.2.8.2 Аппаратура средств связи должна обеспечивать диспетчерам возможность переадресовки вызова и передачи разговора на другие пульта, а абонентам - как связь с диспетчерами, так и связь между собой.

6.2.8.3 Организацию телефонной связи целесообразно предусмотреть с использованием аппаратуры автоматической оперативной связи, в которой реализуются одновременно функции диспетчерской связи и основные функции учрежденческой АТС. Пульта связи должны быть установлены у диспетчеров ДП или ЦДП и в пожарном депо.

6.2.8.4 Телефонные аппараты должны быть установлены:

- в транспортных зонах тоннелей у всех пожарных шкафов;
- на припортальных площадках стоянок машин-эвакуаторов;
- у дверей эвакуационных выходов;
- в кабельных коллекторах в каждом противопожарном отсеке;
- в притоннельных сооружениях: трансформаторных подстанциях, водоотливных установках, аварийных выходах на поверхность;
- в технологических и служебных помещениях эксплуатационно-технических комплексов;
- в помещениях пожарных депо.

Места расположения аппаратуры связи, установленной в тоннеле, подлежат оснащению знаками.

6.2.8.5 Телефонные аппараты, установленные на пожарных постах в транспортных зонах и в притоннельных сооружениях, должны обеспечивать прямой выход (без набора номера) к диспетчерам. Телефонные аппараты в транспортных зонах должны устанавливаться в герметичные ящики или иметь корпуса, обеспечивающие защиту от факторов внешней среды (IP-65) и механической мойки стен тоннеля.

6.2.8.6 Телефонные аппараты от городской АТС следует устанавливать в ДП или ЦДП, помещениях дежурных Мосгорсвета и начальника службы автотоннеля, в пожарном депо, а также других помещениях по указанию службы эксплуатации.

6.2.8.7 Вводы городской телефонной сети должны быть предусмотрены в соответствии с заданием заказчика и выполнены в соответствии с техническими условиями МГТС.

6.2.8.8 При проектировании систем связи следует учитывать их совместимость, отсутствие взаимного влияния и помех по каналам связи.

6.2.8.9 В тоннеле необходимо предусмотреть организацию устойчивой радиосвязи с соответствующим оборудованием для обеспечения обмена информацией между подразделениями, работающими в тоннеле, автомобилем связи и пожарным депо (на частотах, используемых службой эксплуатации тоннелей).

6.2.8.10 Ретрансляционное оборудование следует размещать в аппаратных, эксплуатационно-технических комплексов, а приемные антенны – на крышах этих комплексов.



6.2.8.11 Для связи служб эксплуатации ГУП «Гормост» с оперативными подразделениями дорожно-патрульной службы УГИБДД и УГПН, а в пределах самих служб с эвакуаторами тягачами, спецмашинами и бригадами обслуживающего персонала, выполняющими работы в транспортных зонах тоннелей и прилегающих участках транспортной сети следует предусмотреть создание сети мобильной радиосвязи. Для этой цели в транспортных зонах тоннелей должна быть предусмотрена прокладка под перекрытием тоннелей излучающих высокочастотных кабелей в негорючей оболочке.

6.2.8.12 Для передачи из ДП или ЦДП в тоннель экстренных сообщений при возникновении пожара и других нештатных ситуаций, а также других сообщений для персонала, находящегося в транспортных зонах или в технологических и служебных помещениях, в тоннелях следует предусматривать громкоговорящее оповещение, которое должно входить составной частью в систему оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ).

6.2.8.13 Громкоговорящее оповещение следует выполнить на аппаратуре станции громкоговорящего оповещения, позволяющей вести речевое вещание с пульта каждого диспетчера с приоритетом вещания от диспетчера, отвечающего за решение вопросов противопожарной защиты. Оповещение должно обеспечивать передачу информации как с микрофонов диспетчеров, так и автоматически заранее записанных спецтекстов с магнитофонов, включенных в схему автоматизации управлением противопожарной защиты.

6.2.8.14 Системы оповещения должны обеспечивать возможность передачи информации как одновременно по всем трансляционным линиям громкоговорящего оповещения (по всем зонам), так и отдельно по каждой зоне.

В транспортных зонах по каждой их стороне в шахматном порядке с шагом, определяемом расчетом, должны устанавливаться рупорные громкоговорители с направлением рупоров по ходу движения, обеспечивающие громкость и разборчивость сообщений при движении транспорта в тоннеле.

6.2.8.15 В эксплуатационно-технических комплексах следует организовать самостоятельные трансляционные линии, громкоговорители которых должны быть установлены в коридорах служебно-технологических помещений и в самих помещениях.

6.2.8.16 Для информации обслуживающего персонала о текущем времени служебно-технологические помещения должны быть оборудованы первичными и вторичными электрочасами.

Первичные электрочасы должны быть установлены в аппаратной электросвязи, вторичные цифровые - в диспетчерском зале диспетчерского пункта, вторичные стрелочные - в служебных и технологических помещениях эксплуатационно-технических блоков.

Управление вторичными электрочасами должно быть предусмотрено от первичных электрочасов, поверяемых по сигналам точного времени, передаваемых по городской радиотрансляционной сети.

### **6.2.9 Система безопасности тоннелей**

6.2.9.1 В состав систем безопасности тоннелей входят:

- система автоматической охранной сигнализации;
- система контроля и управления доступом;
- система охранного видеонаблюдения.

6.2.9.2 Аварийные выходы и все помещения, находящиеся в объеме тоннелей и притоннельных сооружений, должны быть оснащены автоматической охранной сигнализацией для исключения несанкционированного проникновения в них посторонних лиц.

6.2.9.3 Информация о факте несанкционированного проникновения посторонних лиц в подразделения объекта должна автоматически выдаваться на схему объекта, выводимую на одно из АРМ должностных лиц дежурной смены ДП или ЦДП. Сообщение о

факте несанкционированного проникновения посторонних лиц в подразделения объекта должно сопровождаться звуковым сигналом.

6.2.9.4 Для обеспечения доступа в служебные помещения и притоннельные сооружения диспетчерского персонала из состава дежурных смен и технического персонала объекта необходимо предусмотреть устройство системы контроля и управления доступом из диспетчерского пункта.

6.2.9.5 Предусмотреть возможность автоматического обеспечения доступа персонала объекта и участников дорожного движения в зоны безопасности и аварийные выходы при организации эвакуации в случае пожара или другой ЧС.

6.2.9.6 Эвакуационные выходы из транспортных зон, межтоннельные проходы и другие пути эвакуации должны быть оснащены системой охранного видеонаблюдения. Информация с камер охранного видеонаблюдения передается в ДП или ЦДП на средства отображения информации индивидуального или коллективного пользования либо в непрерывном режиме, либо в автоматическом режиме дискретно, по срабатыванию датчика-детектора движения.

6.2.9.7 Необходимо предусмотреть возможность формирования и ведение архива данных о попытках несанкционированного доступа в помещения тоннеля, видеозаписей с камер охранного видеонаблюдения и всех других фактах срабатывания аппаратуры системы охранной сигнализации.

## **7 УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ**

### **7.1 Верхнее строение пути**

7.1.1 Верхнее строение пути в железнодорожных тоннелях должно соответствовать техническим характеристикам, принятым по нормам исполнительной власти в области железнодорожного транспорта для открытых участков линии железной дороги.

7.1.2 Конструкция верхнего строения пути должна обеспечивать возможность механизированного ремонта и содержания пути.

7.1.3 Балластная конструкция верхнего строения пути должна быть выполнена на щебеночном балласте, слой которого под шпалой в подрельсовых зонах должен иметь толщину не менее 0,35 м.

7.1.4 В местах сопряжения безбалластной конструкции пути в тоннеле с балластной на подходах к тоннелю должны укладываться участки переходного пути переменной жесткости на длине не менее 25 м с каждой стороны тоннеля.

7.1.5 В тоннелях следует укладывать бесстыковой рельсовый путь. Расположение стыков рельсовых плетей в пределах тоннеля длиной 300 м и менее не допускается.

7.1.6 В тоннелях длиной более 300 м конец плети бесстыкового пути должен выноситься за пределы тоннеля не меньше чем на 200 м

7.1.7 Верхнее строение пути и другие постоянные устройства в тоннелях, сооружаемых на электрифицированных участках железных дорог с использованием постоянного тока, должны быть защищены от воздействия блуждающих токов.

7.1.8 В железнодорожных тоннелях необходимо устанавливать реперы, заделанные в обделку стен через каждые 20 м на прямых и через каждые 10 м на кривых участках пути, а также путевые сигнальные знаки, номера колец (для сборных обделок) и указатели прохода к нишам и камерам, пультам заградительной сигнализации и средствам связи.

7.1.9 На прямых участках пути однопутных тоннелей реперы следует располагать с правой (по счету километров) стороны пути, а на кривых участках - со стороны внутреннего рельса. В двухпутных тоннелях установку реперов необходимо предусматривать по обеим сторонам пути.

7.1.10К стене тоннеля у каждого репера должна прикрепляться марка, на которой следует указывать номер репера, расстояние от него до внутренней грани ближнего рельса и возвышение над его головкой.

7.1.11На каждом портале железнодорожных и автодорожных тоннелей необходимо иметь репер для нивелирования III класса.

## **7.2 Эксплуатационные устройства и оборудование**

### **7.2.1 Электроснабжение и электрооборудование**

7.2.1.1 Электроснабжение железнодорожных тоннелей должно выполняться от собственных трансформаторных подстанций.

7.2.1.2При наличии питающих центров, расположенных вблизи тоннеля, допускается возможность электроснабжения тоннеля от этих центров при этом для электроснабжения потребителей тоннеля должен быть сооружен распределительный пункт, размещаемый на порталной площадке тоннеля.

7.2.1.3 Трансформаторные подстанции железнодорожных тоннелей должны получать электрическую энергию по кабельным или воздушным линиям напряжением 6, 10 или 27,5 кВ от энергетических систем или электрических станций, линий продольного электроснабжения электрифицированных железных дорог.

7.2.1.4 Трансформаторные подстанции тоннелей должны быть двухтрансформаторными и иметь в составе двухсекционноераспределительного устройства РУ-380/220 В.

7.2.1.5Каждая трансформаторная подстанция или распределительный пункт должны получать электроснабжение от двух независимых взаимно резервируемых источников. При этом каждый трансформатор двухтрансформаторной подстанции должен быть рассчитан на полную рабочую мощность всех одновременно работающих потребителей, питающихся от данной подстанции.

7.2.1.6 Электроснабжение силовых, осветительных и других технологических потребителей должно выполняться на напряжение 380/220 В переменного тока частотой 50 Гц от общих силовых трансформаторов с глухозаземленной нейтралью.

7.2.1.7 Электроприемники в части обеспечения надежности электроснабжения согласно [26] следует относить к следующим категориям:

Особая группа электроприемников I категории – системы диспетчеризации, дистанционного управления электроустановками, связи, видеонаблюдения заградительной и оповестительной сигнализации, контроля доступа, контроля газового состава воздуха, автоматической пожарной сигнализации, громкоговорящего оповещения и управления эвакуацией, аварийное освещение тоннеля и штольни;

Электроприемники I категории – системы противопожарной защиты, вентиляционные установки, водоотливные установки, рабочее освещение тоннеля и штольни, электрообогрев водоотводных лотков тоннеля;

Электроприемники III категории – сеть путейских ящиков и другие не ответственные потребители.

7.2.1.8 Питание электрической энергией силовых и технологических потребителей должно быть на переменном токе промышленной частоты на напряжение 380/220 В по системе TN-C.

7.2.1.9 Питание нагрузок I категории надежности должно выполняться по двум взаимно резервируемым линиям от разных секций шин тоннельной подстанции с установкой устройства АВР у потребителя.

7.2.1.10В тоннеле должно применяться электрооборудование со степенью защиты не ниже IP54.



7.2.1.11 Металлические корпуса электрооборудования, устройства заземления, размещаемые в тоннеле должны иметь антикоррозионные покрытия, кабельные конструкции должны быть оцинкованными.

7.2.1.12 Для подключения ремонтных и других механизмов в тоннеле необходимо предусматривать шкафы (путейские ящики), устанавливаемые через каждые 120 м по длине тоннеля и на высоте 500 – 700 мм от уровня головки рельса: по одной стороне тоннелей однопутных и по обеим сторонам двухпутных тоннелей. Размещение путейских ящиков следует выполнять, как правило, в камерах и нишах тоннеля. Допускается установка оборудования на боковых стенах тоннеля с соблюдением габарита приближения строений «С» по ГОСТ 9238. Путейские ящики должны иметь в своём составе трехфазный штепсельный разъем на напряжение 380/220 В и должны быть рассчитаны на подключение нагрузки суммарной мощностью 10 кВт.

7.2.1.13 Путейские ящики в штольнях необходимо устанавливать через каждые 120 м по одной из сторон штольни на высоте 500 – 700 мм от уровня чистого пола.

7.2.1.14 В тоннелях и штольнях следует применять бронированные кабели с медными токоведущими жилами. Прокладка небронированных кабелей в сетях освещения, а также для подключения электроприемников допускается при соблюдении требований [26].

7.2.1.15 Кабели систем противопожарной защиты, аварийного освещения прокладываемые в тоннелях и штольнях должны быть огнестойкими, не распространяющими горение при групповой прокладке с низким дымо- и газовыделением (нг-FRLS и нг-FR).

7.2.1.16 Силовые кабели прочих систем, прокладываемые в тоннелях и штольнях должны иметь оболочки и покрытия не распространяющие горение с низким дымо- и газовыделением (нг-LS).

7.2.1.17 Кабельные линии в тоннеле и штольне должны прокладываться по боковым стенам на кабельных конструкциях. Высота прокладки кабелей в тоннеле при обходе ниш и камер должна быть выше свода ниш и камер не менее чем на 200 мм. Переход кабельных линий с одной стороны тоннеля (штольни) на другую должен выполняться по своду.

7.2.1.18 Силовые и осветительные кабели следует прокладывать по одной стороне тоннеля (штольни), кабели слабого тока – по другой. Прокладка кабелей на одной стороне допускается при условии группировки кабельных линий на кронштейнах (силовые кабели выше 1 кВ, силовые кабели до 1 кВ, слаботочные кабели) и выполнения разделительных перегородок из негорючих материалов между группами силовых и слаботочных кабелей. Прокладка групп кабелей должна выполняться с соблюдением установленных ПУЭ расстояний между силовыми и слаботочными кабелями. Допускается прокладка кабелей напряжением до 10 кВ на рожковых кабельных кронштейнах с расстоянием в свету по вертикали 150 мм.

7.2.1.19 При прокладке в тоннеле 12 кабелей и более в местах проходов (сбоек) на всю высоту расположения кабелей следует устраивать разделительные перегородки из негорючих материалов, примыкающие к стенам тоннеля и выступающие не менее чем на 10 см в сторону от боковой поверхности кабелей, с заделкой проемов в перегородках и защитой кабелей негорючим материалом на 0,5 м в каждую сторону.

7.2.1.20 Потери напряжения в силовых и осветительных сетях, от шин подстанций до наиболее удаленных электроприемников должны составлять:

- на порталных площадках не более 5%;
- в тоннелях:
  - а) в нормальном режиме не более 8%;
  - б) в аварийном режиме не более 12%.

## 7.2.2 Электроосвещение

7.2.2.1 В тоннелях и сервисных штольнях должно устраиваться рабочее и аварийное (резервное и эвакуационное) освещение:

- в тоннелях (штольнях) длиной более 200 м на прямых участках;
- в тоннелях (штольнях) длиной более 100 м на кривых участках.

7.2.2.2 Горизонтальная освещенность в железнодорожных тоннелях на уровне головки рельсов и в сервисных штольнях на уровне чистого пола должна быть не менее 1 лк.

7.2.2.3 Питание электрической энергией осветительных нагрузок должно быть на переменном токе промышленной частоты на напряжение 380/220 В по системе TN-C для распределительной сети, по системе TN-C-S для групповой сети.

7.2.2.4 В тоннеле должны применяться светильники со степенью защиты не ниже IP54 с энергоэкономичными источниками света: газоразрядными лампами, светодиодами и т.д. Применение ламп накаливания не допускается.

7.2.2.5 Светильники в тоннеле необходимо располагать по одной стороне – в однопутных и по обеим сторонам – в двухпутных тоннелях. Сторонность размещения светильников в штольнях определять светотехническим расчетом исходя из габаритов штольни.

7.2.2.6 Светильники рабочего и резервного освещения должны быть однотипными и устанавливаться на единой высоте. Для визуального различения на корпусе светильников резервного освещения должна быть нанесена буква «А» красного цвета. В местах размещения светильников резервного освещения устанавливать светильник рабочего освещения не требуется.

7.2.2.7 В качестве светильников эвакуационного освещения следует применять световые указатели. Световые указатели эвакуационного освещения должны устанавливаться:

- на путях эвакуации;
- над эвакуационными выходами;
- для обозначения мест размещения средств пожаротушения;
- для обозначения мест размещения устройств экстренной связи и оповещения о чрезвычайной ситуации.

7.2.2.8 Высота установки световых указателей над эвакуационными выходами – 2,1-2,2 м, на путях эвакуации – 0,5-2,0 м.

7.2.2.9 Питание светильников аварийного освещения (резервного и эвакуационного) в нормальном режиме должно выполняться от сети аварийного освещения, в случае пропадания питающего напряжения – от встроенной аккумуляторной батареи. Продолжительность работы от батареи должна быть не менее 1 ч.

7.2.2.10 Светильники аварийного освещения (резервного и эвакуационного) должны обеспечивать горизонтальную освещенность не менее 0,5 лк в железнодорожных тоннелях на уровне головки рельсов, в сервисных штольнях на уровне чистого пола.

7.2.2.11 Осветительные приборы аварийного освещения следует предусматривать постоянного действия. Светильники должны быть включены постоянно.

7.2.2.12 Управление рабочим освещением должно предусматриваться: местное – со щита освещения либо кнопочных постов, расположенных в тоннеле (штольне) и дистанционно – из диспетчерского пункта с сигнализацией состояния.

7.2.2.13 Для подключения светильников местного освещения при производстве ремонтных и других работ в тоннеле необходимо предусматривать ящики ЯТП с безопасными разделительными трансформаторами на напряжение 36 В. Ящики ЯТП необходимо располагать через каждые 60 м по одной стороне тоннеля – в однопутных и по обеим сторонам – в двухпутных тоннелях. Размещение ящиков следует выполнять, как

правило, в камерах и нишах тоннеля. Допускается установка на боковых стенах тоннеля с соблюдением габарита приближения строений «С».

7.2.2.14 Ящики ЯТП в штольнях необходимо устанавливать через каждые 60 м по одной из сторон.

### **7.2.3 Автоматика, сигнализация, связь**

7.2.3.1 Охраняемые железнодорожные тоннели должны иметь прямую двухпроводную телефонную связь с ближайшими отдельными пунктами по обе стороны тоннеля, с караульными помещениями, а также с поездным диспетчером.

7.2.3.2 Для обеспечения поездной радиосвязи тоннели должны иметь двухпроводную направляющую линию или излучающий кабель, а в караульных помещениях тоннелей - стационарную установку метрового диапазона.

7.2.3.3 Железнодорожные тоннели должны оборудоваться системой громкоговорящего оповещения, которая входит составной частью в систему оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) при пожаре. Динамики в тоннелях надлежит устанавливать через каждые 60 м. Портальные участки должны иметь независимые зоны вещания. В караульных помещениях тоннелей предусмотреть пульта оповещения с включением зон вещания порталов.

### **7.2.4 Заземление и зануление**

7.2.4.1 В тоннелях и штольнях необходимо устраивать сеть заземления (зануления).

7.2.4.2 Магистральные заземляющие проводники, выполненные стальной полосой сечением 4x40 мм должны размещаться по обеим сторонам тоннеля (штольни) в местах установки конструкций для прокладки кабелей. К магистральным заземляющим проводникам в тоннеле должны быть присоединены открытые проводящие части электрооборудования, а также сторонние проводящие части нормально не находящиеся под напряжением. Проводящие части протяженные по длине тоннеля должны присоединяться к магистрали повторными защитными заземляющими проводниками через каждые 60 м.

7.2.4.3 Магистральные заземляющие проводники, устанавливаемые в тоннеле, должны быть присоединены к внешнему заземляющему устройству трансформаторной подстанции, размещаемому на портале.

### **7.2.5 Вентиляция**

7.2.5.1 В железнодорожных тоннелях с движением на электровозной локомотивной тяге устройство механической общеобменной вентиляции (МОВ) не требуется в зависимости от длины тоннеля при условии обеспечения необходимого проветривания за счет естественной тяги и поршневого эффекта и при наличии эвакуационных выходов, оборудованных приточной противодымной вентиляцией. При достаточном техническом обосновании тоннели длиной более 3000 м могут оборудоваться (МОВ), как правило, с продольной схемой воздухообмена. При пожаре данная система используется для выдавливания дыма через один из порталов.

7.2.5.2 Наличие или отсутствие механической общеобменной вентиляции для обеспечения нормируемых параметров предельно допустимых концентраций (ПДК) в воздухе транспортной зоны тоннеля при проведении плановых осмотровых и ремонтных работ в каждом случае определяется расчетом. При проведении в тоннеле ремонтных и других работ концентрация вредных веществ в воздухе тоннеля и в обслуживаемых зонах не должна превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных ГОСТ 12.1.005.

7.2.5.3 В железнодорожных тоннелях с движением на тепловозной локомотивной тяге расчет необходимости в механической вентиляции производится по разбавлению до (ПДК) оксида углерода в воздухе транспортной зоны тоннеля за временной интервал в



движении поездов. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе тоннеля следует принимать по таблице 23.

Т а б л и ц а 23

Наименование ингредиента, обозначение	Предельно-допустимая концентрация	
	Значение	Единица измерения
Оксид углерода СО	150	мг/м <sup>3</sup>
Оксиды Азота	5	мг/м <sup>3</sup>
Сажа	4	мг/м <sup>3</sup>

Устройство МОВ не требуется в не зависимости от длины тоннеля при условии обеспечения необходимого проветривания за счет естественной тяги и поршневого эффекта и при наличии эвакуационных выходов, оборудованных приточной противодымной вентиляцией.

7.2.5.4 При расчете воздухообмена концентрация токсичных веществ в воздухе железнодорожного тоннеля определяется в зависимости от интенсивности выделения токсичных веществ, фоновых значений концентраций различных веществ в приточном воздухе, температуры, влажности и скорости движения воздуха, длины и размеров поперечного сечения тоннеля, выбранной схемы вентиляции, влияния эжекционно-поршневого эффекта.

7.2.5.5 Фоновую концентрацию токсичных веществ в приточном воздухе железнодорожного тоннеля надлежит определять по данным измерений (в объеме аэродинамических предпроектных изысканий) в местах предполагаемого воздухозабора или по результатам расчетов в соответствии со стандартными методиками. Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе принять по СП 60.13330.2010.

7.2.5.6 Расход приточного воздуха  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч необходимого для разбавления загрязнителей на километр тоннеля следует определять по нижеприведенной формуле, но не менее 3 кратного воздухообмена в час.

$$Q = 1.1 \times 10^6 \frac{\sum G}{C - C_0}$$

где  $\sum G$  - суммарное количество газовых вредностей, выделяемых автомашинами всех типов, кг/ч;

$C$  - предельно допустимая концентрация для загрязняющего вещества, мг/м<sup>3</sup>;

$C_0$  - концентрация загрязняющего вещества в забираемом снаружи тоннеля воздухе, мг/м<sup>3</sup>;

Примечание: допускается уменьшение кратности воздухообмена в зимнее время для тоннелей эксплуатируемых в суровых климатических условиях.

Примечание – Допускается уменьшение кратности воздухообмена в зимнее время для тоннелей эксплуатируемых в суровых климатических условиях.

7.2.5.7 Расчетные значения предельно допустимой концентрации (ПДК) токсичных веществ в любой точке воздушного пространства железнодорожного тоннеля не должны превышать предельно-допустимых значений установленных в соответствии с санитарно-гигиеническими нормами с учетом продолжительности нахождения водителей, пассажиров и обслуживающего персонала в тоннеле (таблица 20).

7.2.5.8 В железнодорожных тоннелях, сооружаемых в суровых климатических условиях, допускается сооружать вентиляционные ворота или другие устройства для ограничения поступления наружного воздуха. В исключительных случаях, при соответствующем техническом обосновании, допускается предусматривать искусственный обогрев тоннеля.

7.2.5.9 Дополнительные технологические требования к воздушной среде в железнодорожном тоннеле, заключающиеся в обеспечении видимости, удовлетворяющей требованиям безопасного движения, представлены в таблице 24.

Т а б л и ц а 24

Наименование расчетного параметра, обозначение	Предельно-допустимая величина		Примечание
	Значение	Единицы измерения	
Видимость	133	м	
Коэффициент	0,007	м <sup>-1</sup>	Коэффициент поглощения света

7.2.5.10 Средняя по сечению скорость движения воздуха в транспортной зоне железнодорожного тоннеля создаваемая устройствами вентиляции без учета влияния поршневого эффекта от транспортных средств должна быть не выше 6 м/с, в зоне воздуховыпускных или воздухозаборных сооружений местное увеличение скорости не регламентируется. Скорость воздушной струи в вентиляционных выработках и воздуховодах не должна превышать 15 м/с.

7.2.5.11 Расчетное давление воздуха в тоннеле следует определять в соответствии с выбранной схемой воздухообмена и воздухораспределения, как алгебраическую сумму всех аэродинамических сопротивлений, создаваемых в транспортной зоне, продольных и поперечных каналах, а также за счет естественной тяги воздуха. Дополнительными данными, которые обязательно должны приниматься во внимание при аэродинамическом проектировании являются: метеорологические параметры: перепад барометрических давлений и ветер. (Следует учесть результаты наблюдений плотности воздуха, перепадов давления воздуха и скорости ветра в месте расположения порталов и шахтного ствола в течение нескольких лет. Принимается во внимание скорость ветра, которая достигалась 30 дней в году и действовала в течение 30 минут. В том случае, если отсутствуют результаты такого мониторинга, следует брать плотность воздуха – 1,2 кг/м<sup>3</sup>. Силу порывов ветра – из метеорологического мониторинга местности).

7.2.5.12 В железнодорожных тоннелях двери притоннельных сооружений, вентиляционные заслонки, крепления технологического оборудования к обделке тоннеля и т. д. должны быть спроектированы так, чтобы выдержать ударную волну давления порядка ±2000 Па, для случая движения со скоростью до 100 км/час и ±4000 Па для случая движения поездов с более высокой скоростью.

7.2.5.13 Установки тоннельной вентиляции должны иметь необходимый резерв производительности вентиляционных систем: по разбавлению вредных веществ не менее 50% и по удалению теплоизбытков не менее 30%.

7.2.5.14 Вентустановки струйной тоннельной вентиляции должны оборудоваться глушителями шума, если уровень шума от них в тоннеле превышает величины, установленные нормами по проектированию тоннелей.

7.2.5.15 В железнодорожных тоннелях должны быть предприняты меры по предотвращению короткого замыкания потока воздуха между воздухозаборными устройствами и порталами, воздухоподающих и вытяжных каналов.

7.2.5.16 При проведении технического обслуживания или замены вентиляционного оборудования работы должны производиться вне зоны дорожного движения. Работы по текущему обслуживанию и ремонту одной из главных вентиляторных установок не должна влиять на другие вентиляционные установки.

Конструкция вентиляторных установок должна обеспечивать:

-удобство демонтажа основных узлов для ремонта и отвечать требованиям эксплуатации;

-возможность совместной работы нескольких вентиляторов на одну аэродинамическую сеть, переход на резервный вентагрегат без остановки других вентагрегатов.

7.2.5.17 Электроснабжение вентустановок следует проектировать, соблюдая условия, предусмотренные [26] в части электроприемников I категории по надежности электроснабжения.

7.2.5.18 В помещениях вентиляционных камер должны быть предусмотрены грузоподъемные и транспортные механизмы для монтажа и демонтажа вентиляционного оборудования при его обслуживании и ремонте.

7.2.5.19 Проведение работ, связанных с содержанием тоннелей и их эксплуатационных устройств в транспортной зоне и в вытяжных каналах следует производить в условиях при которой обеспечивается выполнение санитарных требований к воздушной среде рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005 или с ограничением времени пребывания эксплуатационного персонала в указанных зонах.

7.2.5.20 Системы приточной противодымной вентиляции в зонах безопасности и тамбур-шлюзах должны быть автономными и обеспечивать создание избыточного давления воздуха при пожаре не менее 20 Па и не более 150 Па, а скорость истечения через один открытый проем тамбур-шлюза - не менее 1,3 м/с.

7.2.5.21 В составе подпорных установок систем приточной противодымной вентиляции должны быть предусмотрены:

- противопожарные клапаны, оснащенные автоматически и дистанционно управляемыми приводами (без термозащитных элементов) с пределами огнестойкости не менее EI 90;

- вентиляторы без ограничений по температуре перемещаемых газов (общего сантехназначения).

7.2.5.22 Пределы огнестойкости вентиляторов систем подпора, приточной вентиляции, а так же систем удаления газа и дыма из кабельных и коммуникационного коллекторов, трансформаторных подстанций, не нормируется.

7.2.5.23 При проектировании систем удаления дыма и газа из помещений и объемов, защищаемых установками газового пожаротушения, а также систем вентиляции, водоотливной установки, расположенной в тоннеле, допускается производить воздухозабор из объема транспортного отсека (ТО) или выброс в объем ТО

7.2.5.24 При пожаре должно быть предусмотрено автоматическое отключение вентиляционного оборудования местной общеобменной вентиляции притоннельных сооружений и перекрытие технологических воздуховодов противопожарными клапанами в соответствии с требованиями СП 60.13330.2010.

7.2.5.25 Венткамеры систем удаления дыма и подпора воздуха должны быть раздельными.

7.2.5.26 Управление установками тоннельной вентиляции должно включать в себя комплекс технических средств, обеспечивающих постоянный контроль физических и химических параметров воздушной среды в тоннеле, включая припортальные его участки. Тоннель необходимо оборудовать датчиками контроля концентрации загрязняющих веществ, измерения скорости воздуха, и направления движения воздуха.

7.2.5.27 В случае пожара МВО должна быть реверсивной и обеспечивать:

- а) устойчивость заданного направления движения вентиляционного потока;
- б) время переключения системы при реверсировании вентиляционного потока - не более 5 мин.

7.2.5.28 Для обеспечения эксплуатационных нужд по содержанию железнодорожного тоннеля в транспортном отсеке должна предусматриваться прокладка распределительного трубопровода для подачи сжатого воздуха с давлением 6 атм. Диаметр трубопровода принимать 76 мм. Трубопровод должен быть секционирован на участки длиной не более 300 метров посредством установки запорной арматуры. По длине



трубопровода с шагом 40 метров должны быть предусмотрены спаренные штуцера для подключения пневматического инструмента. На штуцерах установить запорную арматуру диаметром 25 и 32 миллиметров.

7.2.5.29В железнодорожных тоннелях, используемых для пропуска поездов на электрической тяге, в которых отсутствуют выделения вредных веществ природного происхождения из окружающего тоннельные выработки горного массива, при длинах менее 10 км следует предусматривать создание только аварийной системы вентиляции. При отсутствии возможности или экономической нецелесообразности сооружения стволов (штолен), сооружаемых по трассе тоннелей, при создании аварийной вентиляции следует ориентироваться на струйные вентиляторы, размещаемые по длине тоннелей в их сечении в пределах габарита приближения или (при невозможности размещения в сечении тоннеля) в специальных галереях, сооруженных у порталов тоннелей. При дополнительном экономическом обосновании допускается использование сопел Саккардо, установленных в вентиляционных каналах у порталов тоннелей.

7.2.5.30В железнодорожных тоннелях, используемых для пропуска поездов на дизельной тяге, штатная вентиляция должна предусматривать полную очистку транспортного отсека тоннеля от воздуха, загрязненного в период движения поездов. При этом интервал времени, в течение которого необходимо осуществить удаление загрязненного воздуха из тоннеля должен соответствовать периоду времени между поездами. При отсутствии возможности или экономической нецелесообразности сооружения стволов (штолен), сооружаемых по трассе тоннелей, подачу в тоннель необходимого количества свежего воздуха следует обеспечивать с помощью струйных вентиляторов, размещаемых по длине тоннелей в их сечении в пределах габарита приближения. При невозможности размещения вентиляторов в сечении тоннеля их следует устанавливать в специальных галереях, сооружаемых у порталов тоннелей.

7.2.5.31В протяженных железнодорожных тоннелях, используемых для пропуска поездов на дизельной тяге, допускается применение вентиляционных затворов, разделяющих тоннели во время его очистки от загрязняющих веществ на обособленные отсеки.

## **7.2.6 Водоотводные и дренажные устройства**

7.2.6.1 В тоннелях, сервисных штольнях и штольнях безопасности отвод воды от промывки тоннелей и пожаротушения, случайных протечек через обделку следует осуществлять по закрытым лоткам или коллекторам дренажных устройств.

7.2.6.2 При расположении тоннеля в грунтовой среде, подверженной суффозии, дренирование подземных вод не допускается.

7.2.6.3 Отвод воды из выработки при проходке тоннеля на подъем следует производить по лотку самотеком. При проходке под уклон удаление воды из выработки надлежит производить с помощью размещаемых у забоя специальных насосов и промежуточных водоотливных установок.

Уклон открытых водоотводящих устройств должен быть не менее 3<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. В зимних условиях или при наличии вечномерзлых грунтов временные водоотводные лотки должны быть защищены от промерзания

7.2.6.4 Водоотводные лотки в тоннелях не должны проходить под рельсовыми путями или под проезжей частью. В случае конструктивной необходимости водоотведение должно осуществляться посредством закрытых дренажных коллекторов. Продольный уклон дна лотков или коллекторов проходящих вдоль трассы тоннеля может быть равным уклону трассы. В зоне вертикальных кривых трассы, а так же поперечные дренажные сети должны иметь уклон не менее 0.003.

7.2.6.5 Коллекторы должны иметь смотровые колодцы с отстойной частью (отстойниками) объемом не менее 0,04 м<sup>3</sup>, располагаемые не реже чем через 40 м. Отстойники должны быть доступны для периодической очистки. Лотки должны быть по

всей длине перекрыты съемными крышками. По трассе лотков, через 40 метров предусматривать отстойник объемом не менее 0,04 м<sup>3</sup>.

7.2.6.6 Для исключения распространения горящих нефтепродуктов по тоннелю не реже чем через 280 м лотки и коллектора должны иметь гидрозатворы сифонного типа, объемом не менее 0,2 м<sup>3</sup>. Подобные гидрозатворы необходимо устраивать в местах сброса воды в сервисную штольню или штольню безопасности.

7.2.6.7 Необходимо обеспечивать отвод воды в сторону от тоннеля из припортальной выемки, расположенной с верхней стороны тоннеля.

7.2.6.8 Расчетный уровень воды в лотке тоннеля должен быть ниже основания верхнего строения пути или дорожного покрытия, а в лотке сервисной штольни - не выше подошвы лотка тоннеля.

7.2.6.9 Поверхность припортальных зон горных тоннелей для улучшения стока воды должна быть спланирована с засыпкой ям, шурфов, скважин и других выработок недренирующим грунтом. В необходимых случаях должен быть устроен поверхностный водоотвод с сетью нагорных канав.

7.2.6.10 Для отвода поверхностных вод с лобового откоса за парапетом должен быть устроен водоотводный лоток.

7.2.6.11 Подводные тоннели в пониженных местах трассы должны иметь водосборники и водоотливные установки, расположенные в отдельных помещениях. Водоотливные установки должны устраиваться также в нижних частях рамповых участков тоннелей.

7.2.6.12 Конструктивные решения дренажных устройств не должно допускаться замерзание воды в водоотводных устройствах, напорных трубопроводах, и водосборниках. При необходимости следует предусматривать их утепление и обогрев.

**ПриложениеА**  
**(обязательное)**

**НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

В настоящем своде правил использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 9.402-2004	Единая система защиты от коррозии и старения. Покрyтия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию
ГОСТ 12.1.004-91	Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.005-88	Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
ГОСТ 12.1.012-2004	Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования
ГОСТ 17.1.3.13-86	Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения
ГОСТ 1412-85	Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки
ГОСТ 9128-2009	Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия
ГОСТ 9238-83	Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм
ГОСТ 19433-88	Грузы опасные. Классификация и маркировка
ГОСТ 24451-80	Тоннели автодорожные. Габариты приближения строений и оборудования
ГОСТ 26633-91	Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия
ГОСТ 27473-87	Материалы электроизоляционные твердые. Метод определения сравнительного и контрольного индексов трекинговости во влажной среде
ГОСТ 27483-87	Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания нагретой проволокой
ГОСТ 27484-87	Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания горелкой с игольчатым пламенем
ГОСТ 27900-99 (МЭК 598-2-10-87)	Светильники для аварийного освещения. Технические условия
ГОСТ Р 12.4.026-2001	Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний
ГОСТ Р 22.1.12-2005	Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования
ГОСТ Р 27.002-2009	Надежность в технике. Термины и определения



**СП 122.13330.2012**

ГОСТ Р 51256-99	Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования
ГОСТ Р 54257-2010	Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования
ГОСТ ИСО8041-2006	Вибрация. Воздействие вибрации на человека. Средства измерений
СП 14.13330.2011 «СНиП II-7-81*»	Строительство в сейсмических районах»
СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81»	Стальные конструкции»
СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85*»	Нагрузки и воздействия»
СП 22.13330.2011 «СНиП 2.02.01-83*»	Основания зданий и сооружений»
СП 25.13330.2010 «СНиП 2.02.04-88»	Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах»
СП 28.13330.2010 «СНиП 2.03.11-85»	Защита строительных конструкций от коррозии»
СП 30.13330.2010 «СНиП 2.04.01-85*»	Внутренний водопровод и канализация зданий»
СП 31.13330.2010 «СНиП 2.04.02-84*»	Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»
СП 32.13330.2010 «СНиП 2.04.03-85»	Канализация. Наружные сети и сооружения»
СП 34.13330.2010 «СНиП 2.05.02-85*»	Автомобильные дороги»
СП 35.13330.2011 «СНиП 2.05.03-84*»	Мосты и трубы»
СП 42.13330.2011 «СНиП 2.07.01-89*»	Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»»»
СП 47.13330.2010 «СНиП 11-02-96»	Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»
СП 48.13330.2011 «СНиП 12-01-2004»	Организация строительства»
СП 52.13330.2011 «СНиП 23-05-95*»	Естественное и искусственное освещение»
СП 60.13330.2010 «СНиП 41-01-2003»	Отопление, вентиляция и кондиционирование»
СП 63.13330.2010 «СНиП 52-01-2003»	Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения
СП 119.13330.2011 «СНиП 32-01-95»	Железные дороги колеи 1520 мм»
СНиП 3.01.04-87	Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения
СНиП 3.04.03-85	Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии
СНиП 21-01-97	Пожарная безопасность зданий и сооружений

**СП 122.13330.2012**

СНиП 22-02-2003

Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования

СНиП 23-03-2003

Защита от шума

СНиП Ш-41-76

Контактные сети электрифицированного транспорта

**Приложение Б**  
**(обязательное)**

**ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

В настоящем своде правил использованы следующие термины с соответствующими определениями:

**авария:** Опасное дорожно-транспортное происшествие, создающее угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к повреждению или разрушению транспортных средств, элементов строительных конструкций или оборудования, а также нарушению движения в тоннеле.

**автотранспортный тоннель:** Подземное (или подводное) инженерное сооружение, предназначенное для пропуска (проезда) автотранспортных средств с целью преодоления высотных или контурных препятствий.

**безопасность движения в тоннеле:** Комплекс инженерно-технических и организационных мероприятий, направленных на наилучшее использование автомобильным транспортом конструктивных и эксплуатационных особенностей тоннеля для обеспечения расчетной скорости, удобства движения, снижения дорожно-транспортных происшествий и исключения несчастных случаев.

**вираж:** Участок односкатного поперечного профиля проезжей части на кривых в плане с уклоном к центру кривой, служащий для компенсации центробежного ускорения автомобиля в целях повышения безопасности и удобства движения.

**высота проезда (высотный габарит):** Наименьшее расстояние от верха покрытия дорожной одежды до элементов конструкции или оборудования, расположенного в верхней части тоннеля, обеспечивающее или ограничивающее проезд транспортного средства.

**габарит приближения конструкции:** Предельное очертание свободного пространства в плоскости, перпендикулярной продольной оси проезжей части, внутрь которого не должны входить никакие элементы сооружения или расположенных в нем оборудования или устройств

**горный тоннель:** Капитальная подземная горная выработка для движения транспорта в горах.

**городской тоннель:** Подземное (или подводное) инженерное сооружение для пропуска транспортных средств с целью развязки движения в разных уровнях (на пересечениях, примыканиях или разветвлениях магистралей), увеличения пропускной способности магистралей, преодоления высотных или контурных препятствий, подъезда к крупным городским центрам и др.

**дорожная одежда:** Многослойная конструкция в пределах проезжей части, воспринимающая нагрузку от транспортных средств и передающая ее на грунт или элемент конструкции тоннеля.

**железнодорожный тоннель:** Капитальная подземная горная выработка для движения железнодорожного транспорта.

**защитная полоса:** Пристенное возвышение с противоположной относительно служебного прохода стороны тоннеля, предназначенное для повышения безопасности дорожного движения, в том числе находящихся в тоннеле людей и защиты конструкций тоннеля от внешних механических воздействий.

**зона безопасности:** Отделенное противопожарными преградами помещение (отсек) в объеме тоннеля или притоннельное сооружение, приспособленное для временного пребывания людей во время пожара в транспортной зоне или другой части тоннеля.

**интенсивность движения:** Количество транспортных средств, проходящих через сечение дороги за единицу времени (за сутки - авт/сут, за час - авт/час).



**класс бетона по прочности на сжатие:** Установленные для нормативно-технической документации унифицированные ряды показателей прочности бетона на сжатие, принимаемые с гарантированной обеспеченностью.

**кривая переходная:** Кривая переменного радиуса между участками дороги различной кривизны в плане, служащая для обеспечения плавного изменения трассы в целях повышения безопасности и удобства движения.

**марка бетона по водонепроницаемости:** Максимальная величина давления воды, при котором не наблюдается ее просачивание через образцы, изготовленные и испытанные на водонепроницаемость согласно требованиям действующих государственных стандартов.

**марка бетона по морозостойкости:** Количество циклов попеременного замораживания и оттаивания в воде, которые выдерживают образцы, изготовленные и испытанные на морозостойкость согласно требованиям действующих государственных стандартов.

**обделка:** Постоянная несущая конструкция, ограждающая подземную выработку и образующая внутреннюю поверхность подземного сооружения.

**остановочная полоса:** Дополнительная полоса на проезжей части, предназначенная для вынужденной остановки транспортных средств.

**охрана окружающей среды при строительстве:** Научно обоснованный регламент строительной деятельности, направленный на сохранение качественных и количественных соотношений в сложившейся экосистеме.

**подводный тоннель:** Капитальная подземная горная выработка для движения транспорта и/или инженерных коммуникаций под водой.

**пожарный отсек:** Часть сооружения, отделенная от других его частей противопожарными преградами.

**портал тоннеля:** Архитектурно оформленный вход или выход из тоннеля.

**притоннельное сооружение:** Подземное сооружение вспомогательного назначения, примыкающее к основному тоннелю или связанное с ним подземным переходом.

**проезжая часть тоннеля:** Элемент автотранспортного тоннеля, предназначенный для движения транспортных средств.

**путь тормозной:** Путь, который проходит транспортное средство при включенной тормозной системе.

**пропускная способность тоннеля:** Максимальное количество автомобилей, которое может пройти через сечение тоннеля за единицу времени.

**полоса безопасности:** Краевая полоса проезжей части, ограничивающая приближение транспортных средств к служебному проходу или защитной полосе, расположенных у стены тоннеля.

**полоса движения:** Часть проезжей части тоннеля, имеющая ширину, достаточную для движения транспортных средств в один ряд.

**полоса переходно-скоростная:** Дополнительная полоса движения, устраиваемая для обеспечения разгона или торможения автомобилей, въезжающих или выезжающих с основных полос движения.

**пучение морозное:** Процесс деформации вследствие увеличения объема грунта при промерзании, зависящий от свойств грунта, режима промерзания и условий увлажнения.

**пожарная безопасность объекта:** Состояние объекта, при котором с регламентируемой вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

**противопожарная защита:** Совокупность организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничение материального ущерба от него.

**рампа:** Сооружение, служащее для перехода транспортных средств с проезжей части на поверхности земли в тоннель или наоборот.

**разметка дорожная:** Линии, надписи и другие средства зрительного ориентирования участников дорожного движения, размещаемые на проезжей части дороги, элементах дорожных сооружений и инженерного оборудования дороги.

**расстояние безопасного торможения:** Минимальное расстояние, требуемое для надежного приведения транспортного средства, движущегося с установленной скоростью, в состоянии полной остановки.

**сервисный тоннель:** Тоннель, предназначенный для обслуживания основного тоннеля (прокладки коммуникаций, подачи или удаления воздуха, устройства эвакуационных выходов и т.п.).

**служебный проход:** Выделенная у стены тоннеля с некоторым возвышением над уровнем проезжей части полоса, предназначенная для прохода по тоннелю служебного персонала.

**тоннель:** Протяжённое подземное (подводное) сооружение для транспортных целей, прокладки инженерных коммуникаций и т.п.

**тоннель-путепровод:** Подземное сооружение в составе транспортной развязки для движения транспортных средств под пересекаемой магистралью.

**трещиностойкость конструкции:** Способность конструкции сопротивляться образованию трещин под воздействием нагрузок, изменяющихся эксплуатационных воздействий и погодных условий.

**транспортная зона:** Основная часть объема тоннеля или часть комплексного подземного сооружения с расположенными в ней ездовым полотном, другими элементами строительных конструкций, а также с эксплуатационным оборудованием, необходимым для использования тоннеля в качестве транспортного сооружения.

**транспортный поток:** Совокупность транспортных средств, движущихся по проезжей части в данном направлении.

**трасса тоннеля:** Линия, отображающая положение оси тоннеля в пространстве.

**улица, площадь:** Территория, ограниченная красными линиям улично-дорожной сети города.

**чрезвычайная ситуация; ЧС:** Обстановка, сложившаяся в результате аварии, стихийного или иного бедствия, которая может или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей, окружающей среде или явилась причиной значительных материальных потерь.

**шов деформационный:** Искусственно образуемый конструктивный элемент сооружения для обеспечения возможности перемещения отдельных элементов конструкции под влиянием их осадок, изменения температуры, усадки бетона и предупреждения образования трещин.

**Приложение В  
(обязательное)**

**ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ И МЕТОДЫ ОПЕРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ  
ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ, ПРОФИЛЯ ВЫРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА  
ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ**

Вид работ, контролируемый параметр или техническое требование, единица измерения	Величина параметра, предельные отклонения	Контроль (метод, объем, вид регистрации)
<u>Проходческие работы</u>		
1 Смещение оси тоннеля или притоннельного подземного сооружения в плане и по профилю, мм	±50	Измерительный, каждая заходка, журнал
2 Положение оси шахтного ствола	1:20000 глубины ствола	маркшейдерских работ То же
3 Переборы грунта (мм) против проектного поперечного профиля выработки при разработке грунта механизированными способами:		Измерительный, каждая заходка, журнал горных работ, журнал маркшейдерских работ
- роторным исполнительным органом - исполнительным органом избирательного действия, а также при проходке тоннеля (перед чертой), ствола и штольни (за чертой), буровзрывным способом в грунтах с пределом прочности на одноосное сжатие, МПа:	+ 50	
$\sigma_{сж} < 40$	+ 100/+ 75	То же
$\sigma_{сж} = 40 - 120$	+ 150/+ 75	
$\sigma_{сж} > 120$	+ 200/+ 100	
- при выравнивании контура выработки ручным инструментом	+ 50	
Примечание - Переборы при разработке лотковой части профиля в нескольких грунтах не допускаются.		
4 Величина оставляемых в пределах сечения монолитной бетонной отделки выступов скального грунта (по нормали к поверхности отделки), превышающего по прочности на сжатие прочность бетона в 1,5 раза и более, мм	100	Измерительный, в отдельных случаях, журнал горных работ
5 Наличие следа шпуров на части обнажившейся поверхности грунта в выработке при контурном взрывании, не менее, %	75	Измерительный, каждая заходка, журнал горных работ
6 Суммарное расхождение осей в плане и профиле при проходке тоннеля или штольни встречными забоями при длине до 3 км, мм	± 100	Измерительный, каждая сбойка, журнал маркшейдерских работ



## Продолжение приложения В

Вид работ, контролируемый параметр или техническое требование, единица измерения	Величина параметра, предельные отклонения	Контроль (метод, объем, вид регистрации)
<p>7 Доля (%) проектной прочности бетона забетонированного свода, при достижении которого следует приступать к дальнейшей разработке средних штросс, ядра и боковых штросс в грунтах с пределом прочности на одноосное сжатие, МПа:</p> <p style="text-align: center;"><math>\sigma_{сж}</math> менее 40 <math>\sigma_{сж} = 40</math> и выше</p>	<p style="text-align: center;">100 75</p>	<p>Лабораторные испытания, каждая заходка, журнал горных работ</p>
<p style="text-align: center;">Устройство котлованов при открытом способе работ</p>		
<p>8 Положение свай на уровне дна котлована, мм</p>	<p style="text-align: center;"><math>\pm 150</math> <math>\pm 100</math></p>	<p>Измерительный, каждая свая,</p>
<p>9 Положение расстрелов, анкеров и нагелей в плане и по высоте, мм</p>		<p>шпунтина, каждый расстрел, анкер, нагель, журнал</p>
<p>10 Отклонение ширины берм у стен разрабатываемого котлована, мм</p>	<p style="text-align: center;">+ 100</p>	<p>маркшейдерских работ Измерительный, каждая захватка, журнал</p>
<p>11. Отметка дна котлована при планировке вручную, мм</p>	<p style="text-align: center;"><math>\pm 10</math></p>	<p>маркшейдерских работ То же</p>
<p>12. Вертикальность стенок траншеи при методе "стена в грунте"</p> <p style="text-align: center;">Устройство монолитной бетонной и железобетонной обделок тоннелей, шахтного ствола</p>	<p style="text-align: center;"><math>\pm 0,01</math> глубины траншеи</p>	<p>"</p>
<p>13 Внутренние размеры (в свету) монолитной бетонной и железобетонной обделок тоннелей любого очертания, мм</p>	<p style="text-align: center;"><math>\pm 50</math></p>	<p>Измерительный, каждая секция, журнал</p>
<p>14 Несовпадение внутренних поверхностей примыкающих участков бетонирования монолитной обделки (уступы), мм</p>	<p style="text-align: center;">20</p>	<p>маркшейдерских работ То же</p>
<p>15 Местные неровности монолитного бетона при проверке двухметровой рейкой (при криволинейной поверхности – по образующей), мм</p>		<p>"</p>
<p>- в пределах секции бетонирования</p>	<p style="text-align: center;">5</p>	
<p>- при набрызг-бетонировании</p>	<p style="text-align: center;">15</p>	
<p>16 Отклонение от проектного положения оси и по высоте арки, используемой в качестве элемента постоянной обделки, мм</p>	<p style="text-align: center;"><math>\pm 20</math></p>	<p>Измерительный, каждая арка, журнал</p>
<p>17 Отклонение в расстоянии между арками (L), используемыми в качестве элементов постоянной обделки</p>	<p style="text-align: center;"><math>\pm 0,05L</math></p>	<p>маркшейдерских работ То же</p>
<p>18 Отклонение в расстоянии между анкерами (L), используемыми для постоянного крепления выработки</p>	<p style="text-align: center;"><math>\pm 0,1L</math></p>	<p>Измерительный, каждый анкер, журнал</p>
<p>19 Отклонение стенок монолитной обделки шахтного ствола по радиусу от центра ствола, мм</p>	<p style="text-align: center;"><math>\pm 25</math></p>	<p>маркшейдерских работ Измерительный, каждая заходка, журнал</p>
<p>20 Величина уступов на контактах смежных заходов шахтного ствола с монолитной обделкой, мм</p>	<p style="text-align: center;">30</p>	<p>маркшейдерских работ То же</p>

## Продолжение приложения В

Вид работ, контролируемый параметр или техническое требование, единица измерения	Величина параметра, предельные отклонения	Контроль (метод, объем, вид регистрации)
<p align="center"><u>Монтаж сборных обделок кругового или криволинейного очертания</u></p> <p>21 Отклонение по радиусу от оси тоннеля или притоннельного сооружения, мм</p> <p>- металлической обделки при диаметре или линейных размерах: до 6 м более 6 м</p> <p>- железобетонной обделки при диаметре или линейных размерах: до 6 м более 6 м</p> <p>22 Смещение плоскости колец, мм</p> <p>- металлической обделки при диаметре или линейных размерах: до 6 м более 6 м</p> <p>- железобетонной обделки при диаметре или линейных размерах: до 6 м более 6 м</p> <p>Примечание – Требование не относится к водонепроницаемым тоннельным обделкам, воспринимающим давление воды более 1 атм, для которых степень точности сборки устанавливается специально составленными техническими условиями.</p>	<p align="center">± 15 ± 25  ± 25 ± 50      ± 15 ± 25  ± 25 ± 50</p>	<p align="center">Измерительный, каждое кольцо, журнал маркшей- дерских работ</p> <p align="center">Измерительный, каждое кольцо, журнал маркшей- дерских работ</p>
<p align="center"><u>Монтаж сборных обделок прямоугольного очертания</u></p> <p>23 Отклонение отметок верха лотковых блоков, мм:</p> <p>- для тоннелей - для штолен и прочих сооружений</p> <p>24 Отклонение положения лотковых блоков в плане, мм</p> <p>25 Отклонение отметок нижних поверхностей плит перекрытия, мм: - над путями или проезжей частью - на прочих участках</p> <p>26 Отклонение в расстояниях между осями стеновых блоков, колонн, ригелей, плит перекрытия, мм</p> <p>27 Положение оси фундаментного блока в плане, мм</p>	<p align="center">- 10, + 20 ± 20 ± 25         + 20, - 10 ± 20 ± 20  ± 10</p>	<p align="center">Измерительный, каждый элемент, журнал маркшей- дерских работ</p> <p align="center">То же</p> <p align="center">"</p> <p align="center">"</p> <p align="center">"</p>

## Окончание приложения В

Вид работ, контролируемый параметр или техническое требование, единица измерения	Величина параметра, предельные отклонения	Контроль (метод, объем, вид регистрации)
28 Отметка дна стакана фундаментного блока, мм	- 20	"
29 Отклонение колонн и стеновых блоков от вертикали	0,002 высоты элемента, но не более $\pm 25$ мм	"
30 Допуски на положение опускной секции подводного тоннеля после окончания опускания (погружения), мм:		Измерительный, каждая секция, протоколы по опусканию секций, журнал маркшейдерских работ
- в плане и профиле для первой и второй секций	$\pm 10$	
- в плане и профиле для остальных секций	$\pm 50$	
<p>Примечания</p> <p>1 Арматурные, опалубочные и бетонные работы, защиту тоннельных конструкций от коррозии и вредных воздействий окружающей среды выполняют, руководствуясь соответствующими строительными нормами и правилами.</p> <p>2 Производство неуказанных строительно-монтажных работ, проходку тоннелей и других подземных сооружений с применением специальных способов (замораживание, водопонижение, дренаж, инъекционное укрепление грунтов, опережающие защитные экраны из труб и др.), нагнетание растворов за тоннельную обделку, набрызг-бетонирование, герметизацию стыков и отверстий сборной тоннельной обделки при закрытом способе строительства, гидроизоляцию тоннелей, сооружаемых открытым способом, геодезическо-маркшейдерские работы выполняют в соответствии с действующими нормативными и рекомендательными документами отраслей, ведомств, фирм или других организаций.</p>		



## Приложение Г

(рекомендуемое)

**РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ  
АВТОТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ**

Г.1 Состояние потока автомобилей и условия движения в автотранспортных тоннелях характеризуются уровнем удобства движения, являющимся комплексным показателем экономичности, удобства и безопасности движения. Основными характеристиками уровней удобства являются: коэффициент загрузки движения  $z$ , коэффициент скорости  $c$ , коэффициент насыщения движением  $\rho$ .

Коэффициент загрузки движением

$$z = N/P,$$

где  $N$  - интенсивность движения (существующая или перспективная), легковых авт/ч;

$P$  - практическая пропускная способность, легковых авт/ч.

Коэффициент скорости движения

$$c = v_z/v_0,$$

где  $v_z$  - средняя скорость движения при рассматриваемом уровне удобства, км/ч;

$v_0$  - скорость движения в свободных условиях при уровне удобства  $A$ , км/ч.

Коэффициент насыщения движением

$$\rho = q_z/q_{\max},$$

где  $q_z$  - средняя плотность движения, авт/км;

$q_{\max}$  - максимальная плотность движения, авт/км.

Г.2 Различают четыре уровня удобства движения и состояния транспортного потока в тоннелях, характеристика которых приведена в таблице Г.1

Таблица Г.1 – Уровни удобства движения и состояния транспортного потока

Уровень удобства движения	$Z$	$c$	$\rho$	Характеристика потока автомобилей	Состояние потока	Эмоциональная нагрузка водителя	Удобство работы водителя	Экономическая эффективность транспортной работы тоннеля
А	<0,2	>0,9	<0,1	Автомобили движутся в свободных условиях, взаимодействие между автомобилями отсутствует	Свободное	Низкая	Удобно	Не эффективная
Б	0,2-0,45	0,7 – 0,9	0,1 – 0,3	Автомобили движутся группами	Частично связанное	Нормальная	Мало удобно	Мало эффективная
В	0,45-0,7	0,55-0,7	0,3 – 0,7	В потоке еще существуют большие интервалы между автомобилями	Связанное	Высокая	Неудобно	Эффективная
Г-а	0,7-1,1	0,4-0,55	0,7 – 1,0	Сплошной поток автомобилей, движущихся с малыми скоростями	Насыщенное	Очень высокая	Очень неудобно	Не эффективная
Г-б	<<1	<<0,4	1,0	Поток движется с остановками, возникают заторы	Плотно насыщенное	Очень высокая	Очень неудобно	Не эффективная

Г.3 Уровни удобства, характеризующие изменение взаимодействия автомобилей в транспортном потоке, следует использовать для обоснования числа полос движения в автотранспортном тоннеле, для обоснования ширины поперечного сечения тоннеля с учетом обеспечения расчетного уровня удобства движения и требуемой пропускной способности; для выбора средств управления движением в тоннеле.

Г.4 Уровень удобства движения может меняться в течение суток, месяца, года. Расчеты следует проводить на оптимальный или расчетный уровень удобства движения принимаемый на прилегающей к тоннелю сети городских улиц и дорог, соответствующий величине  $z = 0.6-0.7$  (уровень удобства В).

Г.5 При выборе основных параметров поперечного сечения участков автотранспортных тоннелей следует исходить из условий обеспечения равномерного режима движения транспортного потока избегая резких перепадов скоростей движения перед порталом тоннеля и на выходе из тоннеля, соблюдая уровень удобства движения такой же, как и на всей дороге, обеспечивающий проектируемый уровень обслуживания проезжающих.

Г.6 Режимы движения транспортного потока на участках автотранспортных тоннелей существенно отличаются от условий движения на открытых участках и обусловлены снижением средней скорости движения, изменением интервалов между автомобилями, что, в конечном итоге, приводит к снижению пропускной способности.

Г.7 Пропускная способность городских автотранспортных тоннелей определяется пропускной способностью тоннеля в каждом направлении движения. Основными факторами влияющими на пропускную способность автотранспортных тоннелей являются: ширина полосы движения, уровень освещенности на входе в тоннель, ширина защитной полосы, ширина служебного прохода, величины кривой в плане и продольного уклона в тоннеле и на входе и выходе из тоннеля, доля грузовых автомобилей в составе транспортного потока.

Г.8 При оценке пропускной способности участков автотранспортных тоннелей выделяют четыре зоны влияния:

-зона подхода к тоннелю, расположенная на расстоянии 300 м от портала тоннеля и рассматриваемая как открытый участок городской магистрали;

- зона входа в тоннель;

- зона внутри тоннеля;

- зона выхода из тоннеля.

Г.9. Пропускную способность зоны подхода к тоннелю и зон входа, внутри и выхода из тоннеля определяют отдельно. Пропускную способность зоны подхода к тоннелю необходимо оценивать как для участков городских магистралей, согласно норм на проектирование городских магистралей.

Г.10 В автотранспортных тоннелях с многополосной проезжей частью движение по полосам распределяется неравномерно, пропускную способность автотранспортного тоннеля в одном направлении следует оценивать путем расчета пропускной способности каждой полосы в отдельности с учетом состава потока.

Г.11 Общая пропускная способность автотранспортного тоннеля в одном направлении составит:

$$P_c = (P_1 + P_2 + \dots + P_n), \quad (\text{Г.1})$$

где  $P_1, P_2, \dots, P_n$  - пропускная способность первой, второй и т.д. полос, легк. авт/ч, определяемая по формуле (Г.2).

Г.12 Пропускная способность отдельной полосы:

$$P_n = k\beta_1\beta_2(2000 + 66,6B - 9,54p - 6,84i) \quad (\text{Г.2})$$

где  $k$  - коэффициент приведения смешанного потока автомобилей к потоку легковых автомобилей;

$$k=1/(\sum_1^j f_{cj} n_j); \quad (\text{Г.3})$$

$\beta_1$  - коэффициент, учитывающий радиус кривой в плане;

$\beta_2$  - коэффициент, (по таблице Г.2);

$B$  - ширина полосы движения, м ( $B=3-3,75$  м);

$p$  - количество тяжелых автомобилей и автобусов, % (при  $p$  не более 30%);

$i$  - продольный уклон, ‰ ( $0 < i < 50$ ‰);

$n_j$  - количество (в долях единицы) транспортных средств разных типов;

$f_{cj}$  - коэффициенты приведения к легковому автомобилю отдельных типов

транспортных средств:

легковые автомобили	1,0
грузовые автомобили грузоподъемностью до 2 т	1,5
грузовые автомобили грузоподъемностью до 6 т	2,0
грузовые автомобили грузоподъемностью до 8 т	2,5
грузовые автомобили грузоподъемностью свыше 14 т	3,5
автопоезда грузоподъемностью до 12 т	3,5
автопоезда грузоподъемностью до 20 т	4,0
автопоезда грузоподъемностью до 30 т	5,0
автобусы	3,5

Таблица Г.2 – Значения коэффициента  $\beta_2$

Вид сопряжения съезда с автомобильной магистралью	Интенсивность движения на съездах, % от интенсивности по магистрали	$\beta_2$ полосы	
		Правой	Левой
Переходно-скоростные полосы, отделенные от основной проезжей части разделительной Полосой	10-25	0,95	1,0
	25-40	0,90	0,95
Только переходно-скоростные полосы	10-25	0,88	0,95
	25-40	0,83	0,90
Съезды без переходно-скоростных полос	10-25	0,80	0,90
	25-40	0,75	0,80

Г.13. Коэффициент  $\beta_1$  в формуле (Г.2), отражающий влияние кривой в плане, принимается для каждой полосы в зависимости от радиуса кривой в плане; ниже указаны его значения:

Радиус кривой в плане, м	менее 250	250-600	600-1000	более 1000
$\beta_1$	0,85	0,90	0,98	1,0

Г.14 Определяя пропускную способность полосы и используя коэффициенты  $n_j$  и  $f_{cj}$ , необходимо учитывать особенности распределения автомобилей разного типа по полосам при интенсивности движения, близкой к пропускной способности. Данные о распределении автомобилей на четырехполосной магистрали, полученные из наблюдений, приведены в таблице Г.3. При ином, чем указано в таблице, составе следует прибегать к интерполяции. Необходимо также учитывать, что тяжелые автомобили и автомобильные поезда движутся, как правило, по правой полосе.



Таблица 3 – Распределении автомобилей на четырехполосной магистрали

Число легковых автомобилей, % от общей интенсивности движения	Состав потока на правой полосе, %		Состав потока на левой полосе, %	
	Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Легковые автомобили	Грузовые автомобили
20	7-10	90-93	30-35	65-70
40	24-30	70-76	50-55	45-50
60	38-45	55-62	65-70	30-35
80	74-84	16-26	80-85	15-20

Таблица 4 – Распределении автомобилей на шестиполосной магистрали

Тип автомобилей	Распределение автомобилей по полосам, %		
	Полоса 1	Полоса 2	Полоса 3
Легковые и легкие грузовые	30	38	35
Грузовые	30	62	77
Автопоезда	88	38	8
<b>Весь поток (в среднем)</b>	<b>32</b>	<b>38</b>	<b>30</b>

Примечание – нумерация полос начинается с крайней правой полосы.

Г.15 Пропускная способность полосы движения автотранспортного тоннеля определяется по формуле:

$$P = \beta^{уч.т} P_{max}(Г.4)$$

где  $P_{max}$  – максимальная пропускная способность полосы движения – 1850 лег.авт./ч;

$\beta^{уч.т}$  – итоговый коэффициент снижения пропускной способности какой - либо зоны тоннеля;

$$\beta^{уч.т} = \beta^m_1 \beta^m_2 \beta^m_3 \beta^m_4$$

где  $\beta^m_1 \dots \beta^m_4$  – частные коэффициенты снижения пропускной способности полосы движения для зон участка тоннеля (таблицы Г.5–Г.8).

Промежуточные значения коэффициентов определяются интерполяцией.

Таблица Г.5 – Значения коэффициента  $\beta_1$  при разной ширине полос движения

Зона участка тоннеля	Значения коэффициента $\beta_1$ при ширине полосы движения, м					
	3,0	3,5	3,75	4,0	4,25	4,5
Входа	0,899	0,920	0,930	0,940	0,948	0,955
Внутри	0,939	0,965	0,973	0,979	0,983	0,985
Выхода	0,943	0,960	0,967	0,972	0,977	0,980

Таблица Г.6 – Значения коэффициента  $\beta_2$  при различной освещенности тоннеля

Зона участка тоннеля	Значения коэффициента $\beta_2$ при освещенности ,лк				
	0	375	750	1125	1500
Входа	0,899	0,916	0,938	0,959	0,977
Выхода	0,943	0,966	0,979	0,984	0,986

Таблица Г.7 – Значения коэффициента  $\beta_3$  для крайней правой полосы

движения при различной ширине защитной полосы или  
служебного прохода

Зона участка тоннеля	Значения коэффициента $\beta_3$ для крайней правой полосы при ширине защитной полосы (тротуара), см .				
	30	50	75	100	120
Входа	0,899	0,911	0,921	0,927	0,930
Внутри	0,939	0,951	0,963	0,972	0,977
Выхода	0,943	0,950	0,956	0,960	0,962

Примечание– Величина коэффициента  $\beta_3$  для крайней левой полосы определяются путем умножения табличных данных на поправочный коэффициент 1,1.

Таблица Г.8 – Значения коэффициента  $\beta$  при различной доле легковых автомобилей потоке

Зона участка тоннеля	Значения коэффициента $\beta$ при доле легковых автомобилей в потоке, %						
	0	10	20	40	50	70	100
Вход	0,690	0,817	0,738	0,784	0,806	0,847	1,00
Внутри	0,879	0,891	0,901	0,917	0,923	0,932	1,00
Выход	0,798	0,814	0,830	0,862	0,878	0,906	1,00

Г.16 Суммарная пропускная способность автотранспортного тоннеля определяется как сумма пропускной способности полосы движения в зоне входа в тоннель в прямом направлении и полосы движения в обратном направлении (в зоне выхода из тоннеля).

## Библиография

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| [1] СП 11-102-97                  | Инженерно-экологические изыскания для строительства   |
| [2] СП 11-105-97                  | Инженерно-геологические изыскания для строительства   |
| [3] СП 11-107-98                  | Порядок разработки и состав раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» объектов строительства |
| [4] СП 32-105-2004                | Метрополитены   |
| [5] СП 33-101-2003                | Определение основных расчетных гидрологических характеристик  |
| [6] СП 52-101-2003                | Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного натяжения арматуры   |
| [7] СП 52-102-2004                | Предварительно напряженные железобетонные конструкции   |
| [8] ВСН 130-92                    | Правила производства и приемки работ по герметизации стыков и отверстий сборной тоннельной обделки при закрытом способе строительства                                   |
| [9] ВСН 132-92                    | Правила производства и приемки работ по нагнетанию растворов за тоннельную обделку  |
| [10] ВСН 193-81                   | Инструкция по учету сейсмических воздействий при проектировании горных транспортных тоннелей  |
| [11] МГСН 1.03-02                 | Пешеходные переходы вне проезжей части улиц. Объекты мелкорозничной торговли и сервиса в пешеходных переходах   |
| [12] МГСН 2.07-01                 | Основания, фундаменты и подземные сооружения  |
| [13] МГСН 5.01-01                 | Стоянки легковых автомобилей  |
| [14] МГСН 5.02-99                 | Проектирование городских мостовых сооружений  |
| [15] СН 484-76                    | Инструкция по инженерным изысканиям в горных выработках, предназначенных для размещения объектов народного хозяйства  |
| [16] СанПиН<br>2.2.4/2.1.8.562-96 | Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки  |
| [17] СанПиН<br>2.2.4/2.1.8.566-96 | Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий  |
| [18] СанПиН<br>2.2.4/2.1.8.583-96 | Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки  |
| [19] СТО 001-2011                 | Защита металлических конструкций мостов от коррозии методом окрашивания   |
| [20] СТО-ГК «Трансстрой-013-2007  | Нагельное крепление котлованов и откосов в транспортном строительстве   |
| [21] ПБ 03-428-02                 | Правила безопасности при строительстве подземных сооружений   |



**СП 122.13330.2012**

- |                 |   |
|-----------------|---|
| [22] НПБ 237-97 | Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость кабельных проходок и герметичных кабельных вводов |
| [23] НПБ 248-97 | Кабели и провода электрические. Показатели пожарной опасности. Методы испытаний.                              |
| [24] НПБ 249-97 | Светильники. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний   |
| [25] ПТЭ        | Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации  |
| [26] ПУЭ        | Правила устройства электроустановок   |