ОДМ 218.4.001-2009

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДОВ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

Москва 2009

gost.e-ecolog.ru

ОДМ 218.4.001-2009

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Утверждена
распоряжением Росавтодора
от 16.02.2009 № 46-р

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДОВ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(Росавтодор)

Москва 2009

Предисловие

1. РАЗРАБОТАН: Государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (СГУПС).

2. ВНЕСЕН: Управлением эксплуатации и сохранности автомобильных дорог Федерального дорожного агентства.

3. ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ: Распоряжением Федерального дорожного агентства Министерства транспорта Российской Федерации от 16.02.2009 № 46-р.

4. ВВОДИТСЯ ВПЕРВЫЕ.

5. ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР.

Настоящий отраслевой методический документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован или распространен в качестве официального издания без разрешения Росавтодора.

ВВЕДЕНИЕ

«Методика оценки транспортно-эксплуатационного состояния горных автодорожных тоннельных переходов» разработана по заданию Федерального дорожного агентства (Росавтодора) Министерства транспорта Российской Федерации научно-исследовательской лабораторией «Тоннели и метрополитены» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (СГУПС).

Руководитель работы канд. техн. наук В.А.Гурский. В работе принимали участие канд. техн. наук К.Б. Бобылев (СГУПС), Ю.Н. Савельев (СГУПС).

В методических рекомендациях учтены предложения и замечания филиала ОАО ЦНИИС НИЦ «Тоннели и метрополитены», кафедры «Мосты и транспортные тоннели» Московского автомобильно-дорожного института (МАДИ), кафедры «Тоннели и метрополитены» Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС), ФГУП ВНПЦ «РосдорНИИ», кафедры «Мосты» Сибирского государственного университета путей сообщения (СГУПС), ФГУ Упрдор «Кубань».

Методические рекомендации определяют цели, задачи и виды обследований, содержат рекомендации по организации содержания и проведению обследований тоннельных сооружений, виды и состав работ, требования к отчетной документации, рекомендации по анализу результатов обследований. Методические рекомендации вводятся впервые.

Раздел 1. Область применения

Отраслевой дорожный методический документ «Методика оценки транспортно-эксплуатационного состояния горных автодорожных тоннельных переходов» является актом рекомендательного характера в дорожном хозяйстве.

Методика предназначена для применения органами управления дорожным хозяйством, эксплуатирующими и другими организациями при оценке транспортно-эксплуатационного состояния горных автодорожных тоннельных переходов, обосновании принятия решений по назначению режима их эксплуатации и ремонтно-оздоровительных мероприятий, направленных на обеспечение безопасного функционирования и долговечности указанных сооружений.

Раздел 2. Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы ссылки на следующие документы:

1. Федеральный закон от 27.12.2002 №184 – ФЗ «О техническом регулировании».

2. ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения».

3. ГОСТ 20911-89 «Техническая диагностика. Термины и определения».

4. ГОСТ 27.003-90 «Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности».

5. ГОСТ 27.310-95 «Надежность в технике. Анализ вида, последствий и критичности отказов».

6. ГОСТ 24451-80 «Тоннели автодорожные. Габариты приближения строений и оборудования».

7. ГОСТ 23457-86 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения».

8. ГОСТ 18322-78 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения». Изменение №1 в ИУС №7, 1986, изменение №2 в ИУС №4, 1989.

9. ГОСТ Р 51901-2002 «Управление надежностью. Анализ риска технологических систем».

10. ГОСТ Р 51898-02 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты».

11. СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги».

12. СНиП 32-04-97 «Тоннели железнодорожные и автодорожные».

13. ОДН 218.0.006-2002 «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог (взамен ВСН 6-90)».

14. ОДН 218.017-2003 «Руководство по оценке транспортно-эксплуатационного состояния мостовых конструкций».

15. ОДМ 218.0.018-03 «Определение износа конструкций и элементов мостовых сооружений на автомобильных дорогах».

16. Руководство по техническому диагностированию автодорожных тоннелей. М.: Росавтодор, 2001, 132 с.

Раздел 3. Термины и определения

В настоящем методическом документе применяются следующие термины с соответствующими определениями.

Примечание. Формулировки соответствуют тексту нормативов. Фрагменты, введенные с учетом особенностей предметной области, снабжены знаком "*", а новые термины и определения – знаком "**".

Тоннельный переход или тоннельное пересечение (ТП) – транспортная магистраль (автомобильная дорога) на участке преодоления естественной или искусственной преграды тоннелем в пределах длины тоннельного сооружения и подходов к нему**.

Потребительские свойства ТП – совокупность транспортно-эксплуатационных показателей, непосредственно влияющих на эффективность и безопасность работы ТП.

Примечание. К транспортно-эксплуатационным показателям относятся обеспеченные ТП: скорость, непрерывность, безопасность и удобство движения; пропускная способность и уровень загрузки движением; допустимая для пропуска осевая нагрузка, общая масса и габариты автомобилей, а также экологическая безопасность.

Транспортно-эксплуатационное состояние ТП (ТЭС ТП) – комплекс фактических значений параметров и характеристик технического уровня и эксплуатационного состояния ТП в данный момент времени, обеспечивающих его потребительские свойства.

Технический уровень ТП – степень соответствия нормативным требованиям постоянных (не меняющихся в процессе эксплуатации или меняющихся только при реконструкции или ремонте) геометрических параметров и характеристик дороги и тоннельных сооружений и обустройств.

Эксплуатационное состояние ТП – степень соответствия нормативным требованиям переменных параметров и характеристик дороги в пределах ТП, инженерного оборудования и обустройств, изменяющихся в процессе эксплуатации в результате воздействия транспортных средств, природно-климатических условий и уровня содержания*.

Безопасность движения – состояние данного процесса, отражающего степень защищенности его участников от дорожно-транспортных происшествий и их последствий.

Безопасность – отсутствие недопустимого риска.

Риск – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда.

Недопустимый риск – вероятность причинения вреда с учетом его тяжести, установленная законодательным актом, договором или соглашением.

Техническое состояние – совокупность подверженных изменению в процессе производства или эксплуатации свойств объекта, характеризуемых в определенный момент времени признаками и значениями параметров, установленных технической документацией.

Работоспособное состояние (работоспособность) – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) проектной документации.

Неработоспособное состояние (неработоспособность) – состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) проектной документации.

Примечание. Для сложных объектов возможно деление неработоспособных состояний. При этом из множества неработоспособных состояний выделяют частично неработоспособные состояния, при которых объект способен частично выполнять требуемые функции.

Предельное состояние – состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо

восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Критерий предельного состояния – признак или совокупность признаков предельного состояния объекта, установленная нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией.

Примечание. В зависимости от условий эксплуатации для одного и того же объекта могут быть установлены два и более критериев предельного состояния.

Запредельное состояние** – состояние вынужденного временного функционирования объекта с необходимостью введения особых условий эксплуатации, технического обслуживания и ремонтов.

Примечание. Различают тяжелое, аварийное и катастрофическое запредельные состояния.

Технический объект (объект) – любое изделие (элемент, устройство, подсистема, функциональная единица или система), которые можно рассматривать в отдельности.

Примечание. Объект может состоять из технических средств, программных средств или их сочетаний и может в частных случаях включать людей, его эксплуатирующих, обслуживающих и/или ремонтирующих.

Дефект – каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Критерий отказа – признак или совокупность признаков нарушения работоспособного состояния объекта, установленные в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Причина отказа – явления, процессы, события и состояния, вызвавшие возникновение отказов объекта.

Конструктивный отказ – отказ, возникший по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленных правил и (или) норм проектирования и конструирования.

Производственный отказ – отказ, возникший по причине, связанной с нарушением установленного процесса изготовления или ремонта, выполненного на ремонтном предприятии.

Эксплуатационный отказ – отказ, возникший по причине, связанной с нарушением установленных правил и (или) условий эксплуатации.

Деградационный отказ – отказ, обусловленный естественными процессами старения, изнашивания, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных правил и (или) норм проектирования, изготовления и эксплуатации.

Последствия отказа – явления, процессы, события и состояния, обусловленные возникновением отказа объекта.

Критичность отказа – совокупность признаков, характеризующих последствия отказа.

Примечание. Классификация отказов по критичности (например, по уровню прямых и косвенных потерь, связанных с наступлением отказа, или по трудоемкости восстановления после отказа) устанавливается нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией по согласованию с заказчиком на основании технико-экономических показателей и соображений безопасности.

Критический отказ – отказ системы или ее элемента, тяжесть которого в пределах данного анализа признана недопустимой и требует принятия специальных мер по снижению вероятности данного отказа и/или возможного ущерба, связанного с его возникновением.

Критичный элемент – элемент системы, отказ которого может быть критическим.

Показатель критичности – количественная характеристика критичности отказа, учитывающая его вероятность за время эксплуатации и тяжесть возможных последствий.

Содержание тоннелей** – комплекс работ по поддержанию надлежащего технического состояния тоннельных конструкций и обустройств, оценке их технического состояния, а также по организации надзора.

Надзор** – система постоянных, периодических, специальных обследований и наблюдений за условиями эксплуатации тоннелей, параметрами конструкций и обустройств с целью раннего выявления и немедленного устранения дефектов.

Капитальный ремонт* – комплекс строительных и организационно-технических мероприятий по устранению физического и морального износа, не предусматривающих изменения конструктивных основных решений и технико-экономических показателей тоннельного перехода.

Примечание. В случае необходимости при капитальном ремонте производят замену отдельных конструктивных элементов и систем инженерного оборудования, проводят работы по осушению грунтового массива, гидроизоляции обделок и устройству поверхностного водоотвода.

Реконструкция* – комплекс работ, при выполнении которых осуществляется изменение основных конструктивных и технико-экономических показателей – форм и размеров поперечных сечений тоннелей, материалов конструкций, инженерной оснащенности с целью улучшения условий эксплуатации, повышения пропускной способности, максимального восполнения утраты от имевшего место физического и морального износа, а также последствий воздействия неблагоприятных природно-климатических факторов.

Восстановление* – устранение полного или частичного разрушения тоннелей после землетрясения, пожара, террористического акта или другого катастрофического воздействия.

Раздел 4. Общие положения

Настоящий методический документ содержит рекомендации по оценке транспортно-эксплуатационного состояния горных автодорожных тоннелей, расположенных на сети автомобильных дорог в Российской Федерации, независимо от их форм собственности и значения.

В процессе эксплуатации тоннельных переходов линейные работники эксплуатирующих организаций ведут постоянный надзор за техническим состоянием конструкций, функционированием обустройств и обеспечивающих систем, проводят плановые и периодические обследования с целью выявления дефектов, оценки транспортно-эксплуатационного состояния сооружения и назначения ремонтных мероприятий в соответствии с тяжестью последствий обнаруженных дефектов.

В Методическом документе рассматриваются вопросы классификации дефектов, методики оценки технического состояния и критичности отказов горных автодорожных тоннелей, относящихся к 1 повышенному уровню ответственности сооружений (СНиП 32-04-97).

Тоннельное пересечение (ТП) как система представляет собой многоуровневую древовидную структуру (приложение А), каждый элемент которой имеет описание характеристик, функций и связей.

Для оценки влияния отказов и дефектов на эту систему производят разукрупнение подсистем на объекты различного уровня иерархии по структурным и функциональным признакам. На старших уровнях разукрупнения о выполнении функций судят по их выходным характеристикам объекта в целом и его подсистем. Если этого недостаточно для принятия управляющих решений, разукрупнение продолжают «с точностью до параметров», то есть до конечных элементов, функции которых можно контролировать по значениям определяющих параметров – ОП. Отклонение определяющего параметра (ОП) за его предельно допустимое значение [ОП] означает отказ конечного элемента. В зависимости от влияния отказа элемента на отказы объектов иерархии его именуют локальным, промежуточным (отказывает подсистема старшего уровня) или конечным (отказывает система в целом). Соответственно судят о тяжести его последствий.

Вид отказа конечного элемента зависит от вида дефекта, поэтому в составе структуры объекта используют так называемые «фиктивные элементы» – дефекты. Перечень дефектов, влияющих на значения определяющих параметров, представлен в классификации отказов, вызываемых дефектами элементов тоннельного перехода (ТП), по категориям критичности объекта в целом.

В соответствии с Законом «О техническом регулировании» оценки технического состояния сложной системы ТП увязаны с оценками рисков как меры опасности.

Из опыта в технике первым приближением к оценкам рисков служат качественные оценки – категории критичности. Другим приближением служат количественные экспертные оценки, получаемые по установленным в нормативах правилам, – показатели критичности. Обе эти возможности использованы в данном Методическом документе для последующей количественной оценки технического состояния тоннельного перехода, являющейся обоснованием к принятию решений по виду и объему его ремонта или содержания.

Раздел 5. Классификация дефектов и отказов

Вид и последствия дефекта во многом определяют вид, последствия и критичность вызванного им отказа, поэтому классификационные признаки дефектов опираются на нормативы

ГОСТ 27.310-95 АВПКО – анализ вида, последствий и критичности отказов.

5.1. Классификация по признаку «вид дефекта»

Вид дефекта – совокупность признаков, характеризующих физическую природу и причины образования дефекта и процесс его развития. В описаниях дефектов должны быть отражены:

• природа, процесс и стадии развития дефекта с их качественными и количественными характеристиками. О виде дефекта судят также по виду вызываемого им отказа: внезапный или постепенный; явный или скрытый; зависимый или независимый; одиночный или повторяющийся; ресурсный или нересурсный; неустранимый или устранимый;

• ожидаемое время до наступления отказа и возможность внезапного его наступления;

• причины появления дефекта: конструкционные, производственные, эксплуатационные или деградационные (установление причин возникновения дефектов и вызванных ими отказов – одна из задач диагностирования при обследованиях тоннелей и требующая в отдельных случаях специальных наблюдений и научных исследований);

• зона распространения дефекта как показатель воздействия на смежные части конструкции или другие конструкции по длине и поперечному сечению сооружения;

• диагностические признаки: внешние проявления с их численной характеристикой объема или масштаба, результаты инструментальных измерений, показания встроенных приборов, показания аппаратуры технической диагностики, а также результаты расчетных проверок; вероятность не быть обнаруженным.

Описание дефекта сопровождают указаниями на необходимые виды ремонтных работ.

Связь дефекта с работоспособностью элемента. По отношению к пороговым значениям определяющих параметров ([ОП] – для наступления отказа и [ПС] – для наступления предельного состояния) дефекты различают по видам соответствующего им технического состояния (ТС) элемента:

• ОП<[ОП] – исправное техническое состояние. Дефекты, не отражающиеся на работоспособности элементов, должны устраняться при содержании путем проведения планово-предупредительного или текущего ремонта. Задержки с проведением ремонта снижают показатели надежности и могут обусловить перевод в разряд неработоспособных элементов;

• [ОП]≤ОП≤[ПС] – неработоспособное (или ограниченно работоспособное) техническое состояние. В зависимости от стадии роста, размеров дефекта или других признаков его вида;

• скорости развития, возможности внезапного разрушения конструкций, зоны влияния применяют различные ремонтные воздействия. При достижении предельного технического состояния, когда ОП= [ПС], объект нуждается в капитальном ремонте или реконструкции;

• ОП>[ПС] – запредельное техническое состояние, временно допустимое при значительном снижении работоспособности и повышенных требованиях к эксплуатации и содержанию объекта. При нем может быть ограничена скорость движения транспорта, введено реверсивное движение по тоннелю или другие организационно-технические мероприятия, обеспечивающие допустимый риск.

5.2. Классификация последствий отказов

В зависимости от функций, выполняемых конечным элементом системы, его отказ может быть *локальным*, то есть относящимся к данному элементу (к его зоне или участку); *промежуточным* – влияющим на подсистему, в которую входит данный элемент, или *конечным* – влияющим на отказ тоннельного перехода в целом. В случае локального отказа ограничивается работоспособность одного элемента (секции, зоны), но не затрагиваются функции подсистем. Примерами дефектов, приводящих к таким отказам, могут служить местное разрушение покрытия тротуара, проезжей части, снижение освещенности на отрезке пути, отдельные слабые течи, необводненные поперечные трещины в обделке тоннеля.

Существуют три причины отказов тоннельного перехода в целом:

1. **Конструкционная**, обусловленная недостатками норм, ошибками изысканий и проектирования. Примерами могут служить отсутствие гидроизоляции тоннеля, дренажных устройств, недостаточная несущая способность обратного свода или его отсутствие при интенсивном боковом давлении вмещающих грунтов; недостаточная тепловая защита дренажных и водоотводных устройств и их заложение в зоне сезонного промерзания грунтов при неблагоприятных температурных условиях эксплуатации; неверное расположение или отсутствие деформационных и сейсмических швов; неорганизованный сток воды по проезжей части; отсутствие систем пожаротушения, сигнализации, связи и др.

2. **Производственная**, вызванная нарушениями проектных и технологических решений при строительстве сооружений, брак в работе. Примеры: наличие холодных швов между блоками бетонирования в обделке, неуплотненный, слабый бетон, недостаточная толщина обделки и наличие заобделочных пустот, недоборы грунта по контуру выработки и др.

3. **Эксплуатационная**, связанная с недостаточным нормативным, кадровым и техническим оснащением эксплуатирующих организаций и некачественным выполнением ремонтно-оздоровительных мероприятий при неблагоприятном воздействии природно-климатических факторов.

Последствия отказа устраняются управляющими воздействиями в виде ремонтов и установлением параметров новых условий эксплуатации. Ими могут быть ограничения скоростей движения, изменения структуры транспортного потока (ограничения по габаритам и весу транспортных единиц), изменение общей схемы движения и другие. Затраты, зависящие от продолжительности устранения последствий отказов и материальных издержек, определяют размеры ущерба от отказа.

Категории тяжести последствий отказов

В соответствии с ГОСТ 27.310 и ГОСТ Р 51901 возможные последствия отказов тоннельного перехода в настоящем Методическом документе отнесены к четырем категориям тяжести.

I – Катастрофическая. Отказ сопровождается гибелью, тяжелыми увечьями или пропажей без вести многих людей. Материальный ущерб соизмерим со стоимостью объекта или превышает его. Наносится ущерб окружающей среде.

II – Критическая. Отказы сопровождаются причинением вреда здоровью людей или отдельными случаями их гибели. Величина

материального ущерба признается недопустимой. Примером служат последствия техногенных аварий, при которых восстановление ТП или его подсистем невозможно или нерационально.

III – Существенная. Отказы приводят к существенным затратам на ремонт тоннеля, длительным снижениям выходных характеристик участка дороги, снижению остаточного ресурса объекта.

IV – Несущественная. Отказы вызываются инцидентами, временно снижающими выходные характеристики участка дороги.

5.3 Классификация отказов по критичности

Оценка критичности отказов представляет собой первоначальную, преимущественно описательную, качественную форму оценки риска. При назначении категорий критичности используют понятия уровня риска и мер, направленных на обеспечение безопасности.

Категории критичности:

A – Высокий риск. Обязателен количественный анализ риска или требуются особые меры обеспечения безопасности.

Примечание. Эти меры направлены на сокращение числа людей и транспортных средств и времени их пребывания в опасной зоне. Характеризуются введением режима аварийной эксплуатации. Возможно изменение схем движения и состава потока транспортных средств. Режим эксплуатации согласуется и утверждается ГИБДД и другими органами контроля за безопасностью.

B – Значительный риск. Желателен количественный анализ риска или требуется принятие определенных мер безопасности.

Примечание. Вводится режим подконтрольной эксплуатации на время капитального ремонта или реконструкции отдельных подсистем тоннельного перехода. На состав транспортного потока, интенсивность и скорость движения накладываются ограничения в соответствии с фактическим техническим состоянием тоннельного перехода.

C – Существенный риск. Рекомендуется проведение качественного анализа опасностей или принятие некоторых мер безопасности.

Примечание. Обычно эти меры заключаются в ограничении скоростей движения автотранспортных средств при сохранении нормального режима эксплуатации.

D – Несущественный риск. Анализ и принятие специальных мер безопасности не требуются.

Известно, что риск сочетает в себе вероятность нанесения ущерба и тяжесть этого ущерба, поэтому для оценки критичности сведения о тяжести последствий отказов дополняют шкалой частости (вероятности) возникновения отказов, как это показано в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Матрица категорий критичности отказов ТП

Отказ	Вероятность возникновения отказа	Категории тяжести последствий отказа			
		I Катастрофическая	II Критическая	III Существенная	IV Промежуточная
Частый	$>10^{-1}$	**A**	**A**	**A**	**C**
Вероятный	$10^{-1} - 10^{-2}$	**A**	**A**	**B**	**C**
Возможный	$10^{-2} - 10^{-4}$	**A**	**B**	**B**	**C**
Редкий	$10^{-4} - 10^{-6}$	**A**	**B**	**C**	**D**
Практически невероятен	$<10^{-6}$	**B**	**C**	**C**	**D**

Содержательное понятие вероятности возникновения отказов связано с определением их частости. Тоннельное пересечение состоит из разнородных объектов с различными частотными характеристиками воздействий на них. Поэтому при выборе частости (первый столбец таблицы) его следует снабжать текстовыми описаниями, как это сделано, например, в приложении Б.

Раздел 6. Методика оценки транспортно-эксплуатационного состояния тоннельных переходов (ТЭС ТП)

6.1 Предпосылки оценок; состав исходных данных

Предпосылки оценок. В развитие определений для транспортно-эксплуатационных показателей (ТЭП) и транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги (ТЭС АД) (см. раздел 3) с учетом положений ГОСТ 27751-88 «Надежность конструкций и оснований» предлагается определение для ТЭС ТП, связывающее понятие технического состояния тоннельного

сооружения с его потребительскими свойствами и открывающее возможность прогнозирования последствий дефектов.

Транспортно-эксплуатационное состояние тоннельного перехода (ТЭС ТП) – комплекс параметров и характеристик непосредственно, в данный момент времени, определяющий потребительские свойства тоннельного перехода:

• функциональные свойства: обеспеченные тоннельным сооружением скорость, непрерывность и удобство движения; пропускную способность и уровень загрузки движением; допустимую для пропуска осевую нагрузку, общую массу и габариты автомобилей; безотказность тоннельных конструкций и обустройств;

• эксплуатационные свойства: ремонтопригодность, доступность для содержания, долговечность;

• социально-экономические свойства: безопасность всех видов – *для здоровья и жизни людей, экологическая, техническая* (безопасность движения и др.), экономическая, социальная.

Организационным требованием по ГОСТ 27.003-90 является документальное подтверждение договоренностей о критериях наступления отказов и предельных состояний, а также по мерам безопасной эксплуатации за границей предельного состояния, если это вызвано необходимостью.

Функции подсистем тоннельного перехода, а также функции и определяющие параметры элементов некоторых его подсистем (А – автопроезда, С – системы освещения и вентиляции и Т – тоннельного сооружения) названы в приложении А.

Исходная информация о функционировании тоннельного сооружения и всех подсистем, входящих в систему тоннельного перехода, собирается и соответствующим образом оформляется в процессе содержания при организованном надзоре за техническим состоянием эксплуатируемых конструкций и обустройств. При определении ТЭС ТП используются следующие исходные данные:

• проектная и исполнительная документация об объекте, его Паспорт;

• отчеты по специальным и периодическим обследованиям за предыдущие годы;

• сроки, объемы и виды ремонта тоннельного сооружения и обустройств за время эксплуатации;

• перечни рекомендаций по устранению дефектов и отказов, выявленных при проведении обследований сооружения и выработок, а также отчеты о реализации этих рекомендаций;

• данные тоннельной книги по всем разделам, в том числе отображающим природные и техногенные процессы, сопровождающие образование дефектов и нарушение функционирования подсистем тоннельного перехода;

• данные по обводненности и дефектообразованию тоннельной обделки (см. приложение И и приложение К);

• результаты выполняемых наблюдений за дебитами воды в водоотводных лотках в тоннеле и штольнях, нагорных канавах и подкюветных дренажах;

• результаты наблюдений за деформируемыми, сильно обводненными и наледеобразующими участками в тоннеле, неустойчивыми откосами выемок, лавино- и селеопасными участками на подходах к тоннелю;

• данные о ДТП на участке дороги с привязкой к километражу на участке тоннельного перехода и выделением происшествий по условиям движения внутри тоннеля и на подходах к нему;

• состав транспортного потока и динамика его изменения с выделением доли легковых и грузовых автомобилей различной грузоподъемности, автобусов и других транспортных средств;

• данные об интенсивности и скорости движения за предыдущие годы.

6.2 Технический уровень тоннельного перехода

Технический уровень тоннельного перехода и его техническое состояние (ТС) характеризуются совокупностью параметров, оказывающих влияние на потребительские свойства объекта, причем технический уровень характеризуется постоянной составляющей этой совокупности, а ТС – переменной. Принятое в эксплуатацию тоннельное пересечение обладает рядом параметров, которые не могут быть изменены на продолжении всего срока службы сооружения и которые определяют базовую характеристику объекта – его технический уровень.

К параметрам, влияющим на технический уровень тоннельного перехода, относятся геометрические параметры и характеристики

автопроезда, а также наличие или отсутствие структурных составляющих системы в целом и соответствие или несоответствие этих структурных составляющих нормативным требованиям.

О техническом уровне отдельных элементов или подсистем ТП, а по ним – о техническом уровне ТП в целом можно судить по категориям критичности ожидаемых в ближайший период эксплуатации отказов, вызываемых дефектами этих элементов или подсистем.

Условия оценки технического уровня тоннельного перехода состоят в следующем:

• неустранимые дефекты, возникшие по конструктивным и производственным причинам, – события достоверные;

• режимы эксплуатации, отвечающие техническому уровню тоннельного перехода, не могут быть изменены в лучшую сторону без специального воздействия на объект (капитальный ремонт или реконструкция). Иногда одной только оценки технического уровня достаточно для серьезных выводов о дальнейшей эксплуатации тоннельного перехода;

• характеристика технического уровня служит точкой отсчета для последующих оценок влияния динамики возникновения и развития дефектов на потребительские свойства ТП в течение всего срока службы. Она должна сохраняться в документации на ТП как приложение к ПАСПОРТУ тоннеля.

Ниже названы примеры дефектов, снижающих технический уровень тоннельного перехода:

Тоннель. Негабаритность, отсутствие раструбных участков на входах в тоннель; уменьшенные толщины обделки и защитного слоя бетона; отсутствие гидроизоляции тоннеля и систем сбора и отвода воды из тоннеля; отсутствие сейсмических и температурно-деформационных швов; отсутствие у порталов площадок разворота транспортных средств, отсутствие в сервисных штольнях бетонных полов, стационарного освещения, тамбур-шлюзов с противопожарными дверями.

Подходы к тоннелю. Отсутствие устройств отвода воды из запортальной и припортальной зоны; отсутствие средств защиты от камнепада на прижимах автодороги к отвесной скале.

Обеспечивающие системы. Отсутствие второго независимого источника электроснабжения тоннельного перехода, дублирующих трансформаторных подстанций, дежурного освещения; полное или

частичное отсутствие систем обеспечения безопасности и организации движения потока автотранспортных средств, в том числе заградительной и оповестительной сигнализации; отсутствие технических средств пожаротушения.

Пример процедуры оценивания технического уровня тоннельного сооружения подробно изложен в приложении Б.

6.3 Техническое состояние тоннельного перехода (ТС ТП)

Техническое состояние (ТС) характеризуется совокупностью переменных в течение эксплуатации параметров, оказывающих влияние на потребительские свойства объекта. По аналогии с разделом 6.2 о ТС элементов или подсистем ТП можно судить по категориям критичности ожидаемых в ближайший период эксплуатации отказов, вызываемых дефектами этих элементов или подсистем. Получаемые при этом данные применяют для решения следующих задач:

- для определения ТС ТП в целом (рассматривается в данном разделе);
- для сравнительных оценок изменений в ТС ТП (см. раздел 6.4);
- для совместных с данными о техническом уровне оценок ТЭС ТП (см. раздел 6.5).

Категорию критичности отказа определяют по матрице, приведенной в табл. 5.1, для выбранных строки вероятностей отказов и столбца тяжести последствий этого отказа. При этом из различных видов риска (для людей, для материальных ценностей, для окружающей среды) выбирается наихудший. На примере рассмотрения конкретного объекта ход подобного анализа изложен в приложении Б.

В табл. 6.1 даны решения для некоторых, распространенных на практике дефектов. В нее включены лишь дефекты, нарушающие работоспособность рассматриваемых объектов. Под ожидаемым отказом подразумевается событие, которое может произойти по прошествии некоторого времени (имеется в виду ближайшая, до пяти лет, перспектива) при сохранении существующего режима эксплуатации. Последствия отказа рассмотрены для каждого дефекта в отдельности.

Коэффициент ранжирования категорий критичности в табл. 6.1 получен с помощью количественных (в баллах) характеристик показателей надежности, определенных группой экспертов по

методике ГОСТ 27.310. и объединенных в группы, соответствующие классификации категорий критичности. Коэффициенты ранжирования являются весовыми коэффициентами (тяжести) дефектов подсистемы (элемента) в пределах одной категории критичности.

Под показателями ремонтопригодности обычно понимают затраты времени (и трудовых и материальных ресурсов) на предупреждение и обнаружение отказа и устранения его последствий. Указанные в столбце табл. 6.1 категории по ремонтопригодности служат комплексным отражением указанных затрат.

Таблица 6.1

Классификация отказов, вызываемых дефектами элементов тоннельного перехода (ТП), по категориям критичности объекта в целом

Индекс дефекта	Описание дефектов	Категория критичности	Коэффициент ранжирования	Ожидаемые отказы и их последствия	Категория по ремонтопригодности
1	2	3	4	5	6
1 НАЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И ОБУСТРОЙСТВА					
1 1	**Подходы к тоннелю (обеспечение комфортного и безопасного въезда в тоннель)**				
1 1 1	**Дефекты проезжей части классифицируются по нормам для автомобильных дорог**				
1.1.2	Разрушены или сильно повреждены отдельные элементы защитных сооружений от селей и лавин. (Содержательные понятия дефектов уточняются для конкретных объектов)	B	1	Образование завала в результате схода селя или снежной лавины с разрушением элементов автодороги (дорожного полотна, кюветов и других). Внезапный и полный отказ ТП на время разборки завала на подходе к тоннелю и проведения восстановительных работ. Отдельные случаи гибели людей	1
1.1 3	Разрушены защитные козырьки или сетки на камнеопасном склоне	B	0,9	Обрушение отдельных камней, сползание грунта и снега с образованием завала кювета и, отчасти, дорожного полотна. Внезапный и полный отказ ТП на время разборки завалов и проведения восстановительных работ. При условии подконтрольной эксплуатации до обрушения – угроза отдельных случаев гибели людей	2
1.1.4	Нарушена целостность или устойчивость подпорных стенок	C	1	Сползание грунта откосов в кюветы и на проезжую часть. Полный отказ ТП на время очистки автодороги от грунта	3
1 1 5	Разрушено мощение кюветов, имеются трещины и провалы в покрытии кюветов	D	1	Замачивание земляного полотна дороги с последующими просадками и пучинами зимой	4
1 1 6	Порталы не облицованы, окрашены белым цветом	D	0,5	Нарушена адаптация зрения водителей при въезде в тоннель	4

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5	6
1 2	**Портальные выемки (обеспечение работоспособности портальных участков тоннелей)**				
1.2.1	Локальные участки размыва или сползания грунта после ливней. Наличие неустойчивых, нависающих камней, разрушений или просадок мощения откосов. Смещение грунтовых маяков, видимые деформации откосов или "языков" сползшего грунта	B	1	Внезапное разрушение откосов с обрушением грунта и камней на дорогу и повреждением ее элементов Прекращение функционирования ТП на время разборки завалов и проведения восстановительных работ. Угроза отдельных случаев гибели людей	3
1.2.2	*Отсутствует, имеет толщину менее 500 мм или разрушена* песчаная подушка в надсводовой части тоннеля между лобовым откосом выемки и портальной стенкой	B	0,5	*Разрушение парапета портала, падение камней на проезжую* часть; разрушения защитной стяжки по гидроизоляции портального звена тоннеля. *Нарушены БДД и безопасность* работы обслуживающего персонала	4
1 2 3	Разрушены защитные стяжки или мощение в запортальном участке тоннеля	D	1	Проникновение атмосферных осадков в грунтовой массив и к тоннелю	4
1 2 4	Разрушен запортальный лоток	D	0,6	Нарушение водоотвода из запортального пространства с поступлением воды в тоннель	4
1 2 5	Мощение откосов нарушено зарослями кустарников и корнями деревьев	D	0,3	Прогрессирующее разрушение мощения, ухудшение водоотвода с откосов	4
1 3	**Поверхностный водоотвод (обеспечение защиты тоннеля от обводнения поверхностными водами)**				
1 3 1	Разрушено мощение нагорных канав	D	1	Ухудшение поверхностного водоотвода, проникновение ливневых и талых вод в грунтовой массив с их аккумуляцией (п 1 3 2) и усилением притока воды в тоннель	4
1 3 2	Наличие ям, впадин, оврагов в пределах надтоннельной поверхности	D	0,8		4
1 3 3	Наличие растительности и мусора в нагорных канавах в размерах, нарушающих свободный водоток	D	0,4	Ухудшение водоотвода, снижение скорости водного потока и застой воды, разрушение мощения канав с проникновением воды в грунт	4
1 4	**Порталы (поддержание лобового откоса и архитектурное оформление въезда в тоннель)**				
1 4.1	*Сквозные трещины, разделяющие конструкции портала или* открылков на отдельные блоки с оголением арматуры, сдвиг грунтов на лобовом откосе	B	1	*Разрушение портального звена тоннеля с образованием завала* обломками конструкций, грунтом или снегом в результате землетрясения или другого воздействия. Прекращение функционирования ТП на период восстановления портального звена. При наличии подконтрольной эксплуатации сохраняется угроза отдельных случаев гибели людей	1

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5	6
1 4.2	Отклонение верхней точки открылков и портала от проектного положения на 50 мм и более	B	0,8	Опрокидывание открылков и стенок портала с нарушением устойчивости откосов; падением камней и сползанием грунта на проезжую часть. Полный отказ ТП на период восстановления портального звена. При наличии подконтрольной эксплуатации сохраняется угроза отдельных случаев гибели людей	2
1.4.3	Наличие сетки развивающихся трещин, расчленяющих обделку и портальную стенку на отдельные блоки	B	0,6	Разрушение портальной стенки, нарастание необратимых деформаций и опрокидывание открылков с невозможностью удержания осыпающегося грунта и отдельных камней на откосах. Полный отказ ТП на период восстановления портального звена. При наличии подконтрольной эксплуатации сохраняется угроза отдельных случаев гибели людей	3
1.4.4	Сквозная поперечная трещина в обделке в месте ее сопряжения с портальной стенкой	C	1	Отрыв портальной стенки от обделки. Принятие мер по обеспечению БДД на время восстановительных работ	3
1.4.5	Развивающаяся трещина в месте сопряжения портальной стенки с обделкой при наличии обводнения	C	0,8	Нарушение целостности обделки с отрывом в последующем портальной стенки от обделки. Проникновение воды в тоннель, образование наледей	3
1 4 6	Отслоение отделочных штукатурных покрытий на поверхности портала	C	0,6	Обрушение слоев штукатурки с нанесением вреда здоровью людей и (или) материального ущерба транспортным средствам	4
1 4 7	Поперечная неразвивающаяся трещина раскрытием до 1,5 мм в месте сопряжения обделки с портальной стенкой при отсутствии обводнения	D	0,8	Ослабление сопряжения портальной стенки и обделки; коррозия арматуры	4
1 4 8	Нарушена гидроизоляция выносных портальных участков тоннелей с усилением их обводнения после ливней и в период таяния снега	D	1	Интенсивное выщелачивание, размораживание бетона, коррозия арматуры; образование наледей	4
1 4 9	Разрушен защитный слой арматуры на поверхности портала	D	0,4	Нарушен комфорт при въезде в тоннель Началась интенсивная деградация материала портала со снижением его долговечности	4
2 УЧАСТОК ТОННЕЛЯ					
2 1	**Тоннельная обделка из монолитного бетона или железобетона (восприятие внешних нагрузок и воздействий от грунтового массива)**				
2 1.1	Ось тоннеля смещена относительно проектного положения на 30 мм и более после землетрясений и тектонических подвижек	A	1	Временное прекращение эксплуатации. Решения о возможности, объемах и целесообразности восстановительных работ принимаются после специального обследования	1

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5	6
2 1 2	Сквозные трещины в бетоне обделки с признаками ее деформации на длине тоннеля 10 м. Прочность, водонепроницаемость и морозостойкость бетона на 50% ниже проектной	А	0,7	Внезапное обрушение участка обделки с образованием завала и заполнением пространства проезда грунтом и обломками конструкций. Полный отказ ТП на период разборки завала и капитального ремонта обделки. Угроза гибели или тяжелого увечья многих людей. Установление режима эксплуатации в запредельном техническом состоянии объекта	2
2 1 3	Отдельные части обделки, элементы коммуникаций (например, газопроводов) и (или) наледи на стенах и своде выступают внутрь очертания габарита приближения строений на 50 мм и более	В	1	ДТП, вызванные нарушениями габарита приближения строений Требуется ликвидация негабаритных мест, а до проведения этих работ ввод подконтрольного или аварийного режимов эксплуатации	2
2.1 4	Оконтуренный дугообразной трещиной участок возможного вывала с выдвижением бетона внутрь тоннеля на 10 мм и более. Опасность вывала усугубляется наличием течей из трещины. Обделка в зоне влияния вывала находится в предельном состоянии	В	0,95	Внезапное обрушение вывала бетона (и грунта) с нарушением БДД. Снижение несущей способности обделки Движение автотранспорта в тоннеле прекращается на время разборки завала и ликвидации последствий ДТП и восстановления обделки. Отказ сопряжен с угрозой гибели или увечья людей	3
2.1.5	Незаделанная, незакрепленная полость на месте вывала бетона обделки площадью 0,5 $м^2$ и более	В	0,8	Снижение несущей способности обделки; выпадение из полости вывала кусков грунта и бетона; поступление воды в тоннель с образованием наледи в зимний период. Опасность для БДД, требующая введения подконтрольного режима эксплуатации тоннеля	2
2.1.6	Деформации проезжей части и водоотводных лотков при необратимом сближении стен навстречу друг другу Максимальное допустимое сближение пят свода по измеренным хордам – 50 мм	В	0,7	Деформация водоотводных лотков с поступлением из них воды в основание тоннеля и на проезжую часть. Появление развивающихся продольных трещин в обделке с опасным снижением ее несущей способности. Проводится подконтрольная эксплуатация тоннеля. Необходим капитальный ремонт тоннеля на протяженном его участке	2
2.1.7	Деформация обратного свода на участке тоннеля с просадками или пучинами; наличие воды в трещинах проезжей части	В	0,65	Снижение несущей способности обделки; разрушение проезжей части и водоотводных лотков; ухудшение условий движения. Установление подконтрольной эксплуатации	2
2.1 8	Косые и дугообразные трещины, увеличивающиеся в размерах, при наличии течей. начальная стадия образования вывала	С	1	Нарушение целостности обделки на дефектном участке. Возможно быстрое формирование и созревание вывала. Необходимо повышенное внимание к опасной зоне тоннеля и проведение ППР	3

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5	6
2 1.9	Вывал бетона несквозной с образованием полости в пределах толщины обделки	C	0,8	Снижение несущей способности обделки; опасность выпадения кусков бетона и образования сквозного вывала с необходимостью введения особых условий эксплуатации тоннеля и немедленной заделки вывала	3
2 1 10	Поперечные трещины в холодных и деформационных швах, раскрытием более 0,2 мм, в том числе увеличивающиеся, при наличии обводнения	D	1	Повышение притока воды в тоннель и деградация бетона в районе швов	4
2 1 11	Деструктивный бетон обделки – размороженный или выщелоченный, разбирающийся вручную, глубиной более 20 мм	D	0,65	Снижение несущей способности обделки, опасность внезапного отслоения и обрушения бетона или крупного щебня Необходимо принудительное обрушение деструктивного бетона и проведение ППР	4
2 1 12	Отслоение покрытий бетона обделки или выработки (торкрет, набрызг-бетон)	D	0,55	Внезапное обрушение покрытия, опасное для движения по тоннелю Необходима своевременная оборка отслоений	4
2 1 13	Раковины и каверны на поверхности обделки глубиной более 20 мм с оголением	D	0,3	Развитие коррозии арматуры Необходимость восстановления защитного слоя арматуры	4
2 2	**Внутритоннельные обустройства (обеспечение заданных параметров функционирования объекта)**				
2.2.1	Отсутствие или выход из строя технических средств системы пожаротушения, а также путей эвакуации из тоннеля	A	1	Функция пожаротушения и эвакуации людей нарушена. Прямая угроза гибели людей в случае возникновения пожара	2
2 2.2	Неисправности вентиляционных и калориферных установок с превышением ПДК вредных примесей	B	1	Причиняется вред здоровью участников дорожного движения и обслуживающего персонала. Возможны ухудшение видимости из-за образования тумана, а также снижение температуры воздуха и образование наледей. Необходимо установление подконтрольной эксплуатации	2
2.2.3	Деформация водоотводных лотков: перекос или защемление крышек лотков; трещины в стенках и дне лотков	B	0,8	Поступление воды из лотков в основание тоннеля и на проезжую часть с возможным образованием наледей и морозным пучением основания Необходима подконтрольная эксплуатация тоннеля	2
2.2.4	Уровень воды в лотках превышает отметку перепускных и дренажных отверстий	B	0,7		2
2.2.5	Неисправности заградительной сигнализации (светофоры, шлагбаумы)	B	0,5	Облегчены условия для ДТП и создания ЧС в тоннеле. Требуется установление подконтрольной эксплуатации со снижением параметров потока транспортных средств	3

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5	6
2.2.6	Неисправности систем энергообеспечения	C	1	Прекращение функционирования электроустановок и систем жизнеобеспечения тоннеля. Временное прекращение движения по тоннелю.	3
2.2 7	Неисправность системы электрообогрева водоотводных лотков	D	1	Замерзание воды в лотках с образованием наледей, выходящих на проезжую часть	4
2 2 8	Замусорены, заилены выпуски из заобделочных дренажей, перепуски из дренажных штолен и внутритоннельных водоотводных лотков	D	0,95	Усилено обводнение обделки на участках заобделочных дренажей, повышен уровень воды в лотках Необходима срочная очистка водоотводных устройств и выпусков	4
2 2 9	Отсутствие освещения на участке тоннеля	D	0,5	Ухудшение видимости на неосвещенных участках, усложнение условий движения по тоннелю и работ по его содержанию	4
2 3	**Обводнение объектов тоннельного сооружения**				
2 3.1	Течи с выносом грунта из-за обделки	B	1	Образование пустот за обделкой с нарушением ее напряженно-деформированного состояния и возможностью последующего обрушения	2
2.3 2	Действующие (увеличивающиеся в объеме) наледи на поверхности обделки, в нишах и камерах	B	0,7	Толщина наледи на поверхности обделки превышает 50 мм, а в нишах и камерах – 100 мм. Угроза ДТП из-за выхода наледей за пределы габарита приближения строений	4/2 *)
2.3 3	Течи и капеж с попаданием воды на устройства сигнализации, освещения и электромеханического оборудования	B	0,6	Увлажнение устройств в степени, превышающей требования ТУ и ПЭУ; отказ электрических систем и оборудования	3/2 *)
2.3.4	На дне или на стенках лотка образовался лед, а на поверхности водяного потока – шуга	C	1	Замерзание воды в лотках с выходом воды на проезжую часть и образованием наледей, препятствующих движению автотранспорта	2
2 3 5	Сырость и отдельный капеж, течи отсутствуют	D	1	Нарушение водонепроницаемости обделки с развитием в ней коррозионных процессов	4(2) *)
2 3 6	Образование наледи в вентсбойках, устьях стволов и штольнях	D	0,75	Нарушение тепловентиляционного режима тоннеля	4
2 3 7	Недействующие наледи толщиной до 50 мм на поверхности обделки и до 100 мм в нишах и камерах	D	0,65	Нарушены безопасные условия труда обслуживающего персонала, при температурах, близких к 0^0С, возможен рост наледей	4/2 *)
2 3 8	Течи с выносом ржавчины	D	0,45	Коррозия арматуры с разрушением защитного слоя бетона, снижение долговечности конструкции	4/2 *)

Окончание табл. 6.1

1	2	3	4	5	6
3	**Проезжая часть в тоннеле (обеспечение безопасного и плавного движения автотранспорта в тоннеле)**				
3.1	Просадки (или пучины) при наличии (или отсутствии) выплесков воды.	B	1	На участке по длине тоннеля 10 м – одна просадка (пучина) глубиной (высотой) 50 мм или 2 трещины – по описаниям пп.3.2 и 3.3. Снижены эксплуатационные характеристики дороги и конструкций в основании тоннеля; происходит интенсивное разрушение проезжей части. Необходимо установление подконтрольной эксплуатации тоннеля	2
3.2	Поперечные трещины с расстоянием между ними от 1 до 40 м при наличии выплесков воды из трещин	B	0,65		2
3.3	Трещины продольные по оси и краям проезжей части при наличии из них выплесков воды	B	0,6		3/2 *)
3 4	Крупные (по площади более 1 м^2) выбоины глубиной более 50 мм с повреждением защитного слоя и обнажением арматуры	C	1	Две и более выбоины на участке длиной 10 м. Снижение эксплуатационных характеристик дороги, удобства и комфортности проезда по тоннелю	3
3.5	Одиночные по площади (до 0,5 м^2) выбоины глубиной 50 мм с повреждением защитного слоя и обнажением арматуры	C	0,7		3
4	**Прочие элементы (информационные, ограждающие и защитные функции)**				
4 1	Нарушение охранных заграждений	C	1	Нарушаются условия сохранности и функционирования обеспечивающих систем тоннеля с непредсказуемыми последствиями Требуется немедленное устранение дефектов	4
4 2	*Наличие свободного доступа к опасным объектам и электромеханическому оборудованию*	C	0,85		4
4 3	Разрушена конструкция закрепления реперов	D	1	Нарушена опорная геодезическая сеть	4
4 4	Повреждены или отсутствуют надписи реперов, пикетных и километровых указателей	D	0,7	Затруднено техническое обслуживание тоннеля	4
4 5	Отсутствие сигнальной окраски ниш и камер, их нумерации	D	0,4	Затруднена эвакуация людей при аварийных ситуациях в тоннеле	4
4 6	Захламленность ниш, камер и охранных зон	D	0,2		4

Примечания:

В соответствии с классификацией работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования и искусственных сооружений на них (приказ Минтранса России от 12 ноября 2007 г. №160) рекомендуются следующие категории по ремонтопригодности:

- 1 – реконструкция или новое строительство;
- 2 – капитальный ремонт;
- 3 – ремонт;
- 4 – содержание.

*) Запись типа «4/2)» означает, что если работы по категории ремонтопригодности 4 оказались неэффективными, то следует применить работы по категории 2.

6.4 Сравнительные оценки изменений в техническом состоянии тоннельного перехода

Техническое состояние тоннельного перехода оценивается абсолютным и относительным количеством дефектов, идентифицированных по принадлежности к соответствующим подсистемам и описанию, совпадающему с описанием дефектов в соответствующих строках классификации (см. табл. 6.1). Абсолютная оценка технического состояния рассчитывается по формуле (6.1):

$$|TC| = k_a \Sigma A + k_b \Sigma B + k_c \Sigma C + k_d \Sigma D, \quad (6.1)$$

где |TC| – абсолютная оценка технического состояния тоннельного перехода;

k_a, k_b, k_c, k_d – коэффициенты ранжирования дефектов в соответствующих категориях критичности A, B, C и D;

ΣA, ΣB, ΣC, ΣD – сумма дефектов с соответствующей категорией критичности.

Абсолютная оценка |TC| фактически представляет собой сумму всех дефектов конструкций и обустройств тоннельного перехода с учетом их ранжирования по тяжести последствий, что характеризует состояние тоннельного сооружения в определенный момент его функционирования. В связи с этим рост количества дефектов за фиксированный период наблюдений указывает на развитие деструктивных процессов и ухудшение технического состояния, и наоборот, снижение абсолютной оценки характеризует улучшение технического состояния в сравнении с предыдущим периодом. Улучшение или ухудшение технического состояния может быть связано как с изменением внешних воздействий, так и в результате ремонтных мероприятий.

Для анализа технического состояния тоннельного сооружения по его длине или сравнения технического состояния различных тоннелей между собой и определения видов и объемов капитальных вложений используется относительная оценка. Интегральная (общая) относительная оценка технического состояния тоннельного перехода определяется из соотношения (6.2)

$$TC_o = \frac{|TC|}{0,01 \times L}, \quad (6.2)$$

где |TC| – абсолютная оценка технического состояния тоннельного перехода;

L – длина тоннельного перехода, м.

Относительное количество дефектов $\Sigma Д_{iO}$ различных категорий критичности определяют из соотношения (6.3):

$$\sum Д_{io} = \frac{\sum Д_i}{0.01 \times L}, \qquad (6.3)$$

где $\Sigma Д_i$ – сумма дефектов с i -й категорией критичности (A,B,C или D).

Полученные оценки $|TC|$, TC_O, $\Sigma Д_{iO}$ далее используют для анализа динамики дефектообразования, транспортно-эксплуатационных показателей тоннельного перехода и выработки технических решений по организационно-техническим мероприятиям, обеспечивающих безопасную эксплуатацию сооружений.

Существенные различия условий заложения тоннелей, их конструктивного исполнения, неблагоприятных воздействий природно-климатических факторов и т.д., даже в пределах одной дороги, не позволяют установить единые количественные критерии для назначения различных видов ремонта по наличию определенного перечня дефектов. В связи с этим принятие технических решений следует основывать на анализе динамики дефектообразования в тоннельных конструкциях и обустройствах относительно установленного технического уровня конкретного тоннельного перехода.

В абсолютных оценках транспортно-эксплуатационное состояние тоннельного перехода может быть признано стабильным, соответствующим установленному техническому уровню или особым условиям эксплуатации, если

$$|TC|_{БАЗ} \geq |TC|_{РАСЧ}, \qquad (6.4)$$

где $|TC|_{БАЗ}$ – абсолютное количество дефектов (базовое), соответствующее техническому уровню или результатам оценки технического состояния за предыдущий отчетный период;

$|TC|_{РАСЧ}$ – абсолютная оценка, рассчитанная по формуле (6.1) по результатам обследований и наблюдений в отчетный период.

Соотношение (6.4) может характеризовать эффективность работы эксплуатирующей организации в целом по тоннельному пересечению.

Аналогичное соотношение базовых и расчетных значений количества дефектов по различным категориям критичности позволяет судить о качестве и эффективности ремонтов.

$$\Sigma Д_{i\,БАЗ} \geq \Sigma Д_{iРАСЧ}, \qquad (6.5)$$

где $\Sigma Д_{i\ БАЗ}$ – количество дефектов (базовое) i-й категории тяжести последствий, соответствующее техническому уровню или результатам оценки технического состояния за предыдущий отчетный период;

$\Sigma Д_{i\ РАСЧ}$ – количество дефектов *i*-й категории критичности, рассчитанное по результатам обследований и наблюдений в отчетный период.

Результаты расчетов, выполненные по формулам (6.1)...(6.5), округляются до целых чисел и могут использоваться при анализе транспортно-эксплуатационного состояния тоннельных переходов. Полученные оценки являются количественными критериями принятия решений по видам, срокам и объемам ремонтно-оздоровительных мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию тоннельных переходов на автомобильных дорогах.

Пример расчета оценки технического состояния горного автодорожного тоннеля приведен в приложении В.

6.5 Транспортно-эксплуатационное состояние тоннельного перехода (ТЭС ТП)

Транспортно-эксплуатационное состояние автомобильной дороги (ТЭС АД) по определению ОДН 218.0.006 – это комплекс фактических значений параметров и характеристик технического уровня и эксплуатационного состояния на момент обследования и оценки обеспечивающих ее потребительских свойств.

В простейшем случае – при независимости отказов одних элементов ТП от других – достаточно составить список объектов в порядке убывания категорий критичности отказов и по нему сделать вывод о потребительских свойствах ТП и мерах по обеспечению безопасности.

Однако в сложной технической системе, какой является тоннельное пересечение, приходится учитывать влияние работы и отказов одних его элементов на другие. Тогда к каждому рассматриваемому элементу (в первую очередь, из числа основных систем ТП) добавляются все те, которые оказывают влияние на его работоспособность. Такая группировка позволяет учесть изменения в условиях работы рассматриваемого элемента и, возможно, увеличить вероятность его отказа и ввести поправки в категорию критичности. Это позволяет также выбрать управляющие воздействия, повышающие безопасность ТП, по всей совокупности данных.

В конкретных ситуациях становится возможным учитывать совпадения ожидаемых отказов по месту расположения дефектов и времени наступления отказов.

Пример оценивания ТЭС ТП дан в приложении Б.

Приложение А
Структурная схема тоннельного перехода. Функции, их параметры и характеристики

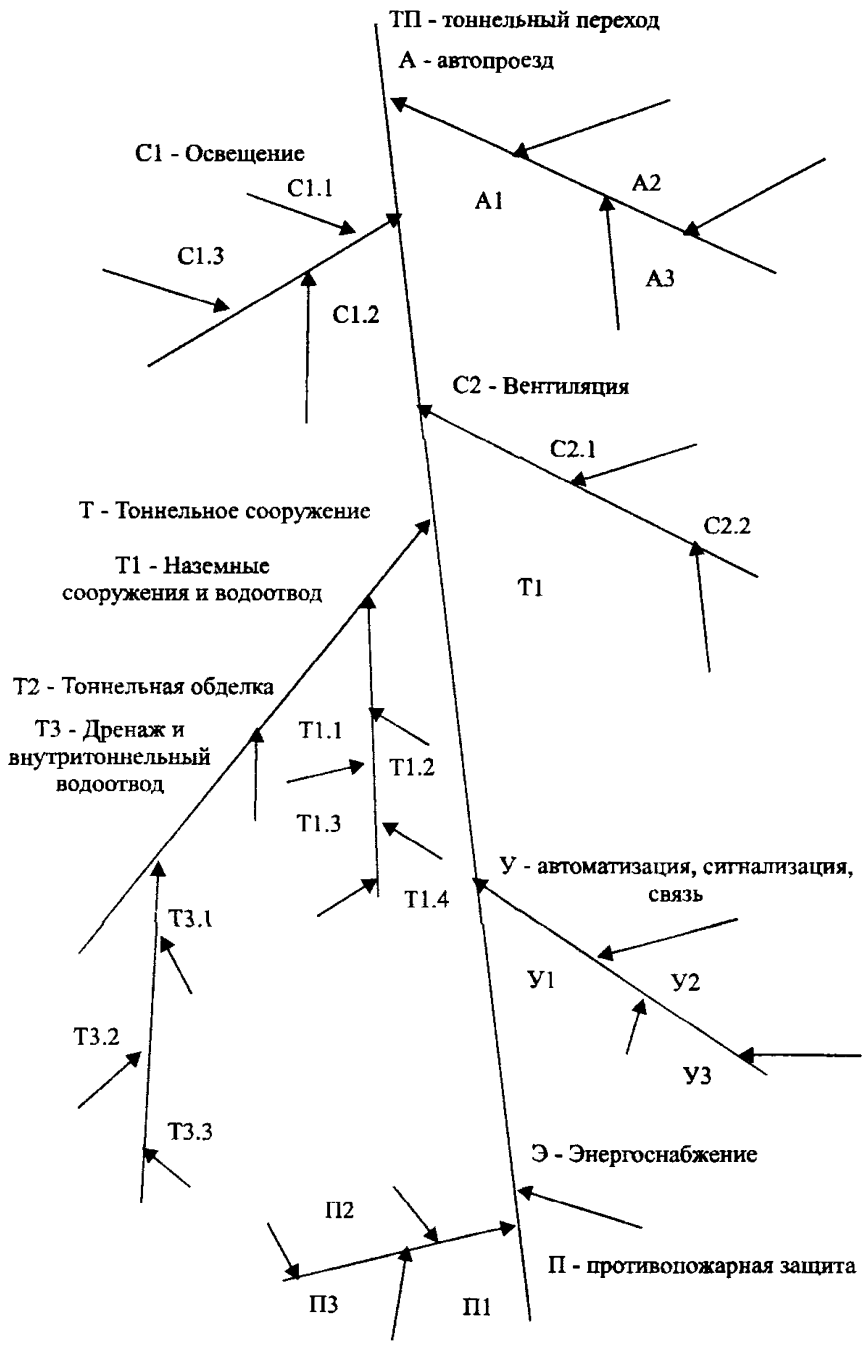


Таблица П 1.1

Подсистемы тоннельного перехода и их функции

Код	Наименование подсистемы	Функции подсистемы
А	Автопроезд	Создание условий для движения транспортного потока, по своему составу и параметрам отвечающему категории дороги
С	Освещение, вентиляция	Обеспечение автопроезда и выработок тоннеля светом и воздухом (создание искусственной среды обитания)
У	Автоматизация, сигнализация, связь	Обеспечение системами управления движением, системами связи, пожаротушения и др.
Э	Энергоснабжение	Энергоснабжение тоннельного перехода
Т	Тоннельное сооружение	Защита автопроезда от факторов воздействия грунтового массива. Обеспечение плавного и безопасного въезда в тоннель
П	Противопожарная защита	Предотвращение пожаров в тоннеле и сокращение ущерба от пожаров
Р	Средства охраны окружающей среды	Предотвращение загрязнения окружающей среды
З	Здания	Помещения для обслуживающего персонала и другие

Таблица П.1.2

Функции и определяющие параметры (ОП) элементов автопроезда

Код	Наименование элементов	Функции подсистемы и элементов	ОП[1)]
1	2	3	4
А	Автопроезд	Создание условий для движения транспортного потока, по своему составу и параметрам движения отвечающему категории дороги	-
А.1	Пространство проезда	Обеспечение свободы движения автотранспортных средств и прохода пешеходов, а также необходимого комфорта по освещенности и чистоте воздуха	Размер стеснения габарита приближения строений, см. Расстояние видимости, м. Показатель загазованности воздуха

Окончание табл. П.1.2

1	2	3	4
А.2	Служебные проходы и защитные полосы	Обеспечение безопасности прохода пешеходов. Исполнение функций дорожных ограждений	Процент износа тротуара по критерию удобства, безопасности прохода пешеходов[2)]
А.3	Проезжая часть	Обеспечение грузоподъемности. Пропуск потока автотранспортных средств с заданной комфортностью	Грузоподъемность. Показатель комфортности [3)]
А.4	Знаки, светофоры, разметка	Организация дорожного движения	Наличие/отсутствие объектов

Примечания:

1 К определяющим параметрам можно отнести не только параметры расчетов, но также и описание вида и размера дефектов в определенной стадии их развития.

2 См. таблицу 8 в ОДМ 218.0.018.

3 Согласно ОДН 218.017, комфортность зависит от вертикальных ускорений, передаваемых на водителя и пассажиров.

Таблица П 1.3

Функции и определяющие параметры (ОП) элементов системы «Освещение и вентиляция»

Код	Наименование элементов	Функции подсистемы и элементов	ОП элементов подсистемы
1	2	3	4
С	Система освещения и вентиляции	Создание искусственной среды в тоннеле и других выработках и помещениях	-
С1	Подсистема освещения	Основное и вспомогательное освещение объектов тоннеля	-
С1.1	Осветительная установка	Освещение транспортной зоны тоннеля, сервисных штолен и других выработок по действующим нормам	Средняя горизонтальная освещенность участков Еср. Отношение Емакс/ Еср и коэффициент вариации этой величины
С1.2	Независимая резервная линия освещения	Выполнение функций основной осветительной установки при ее отказе	Коэффициент готовности

Окончание табл. П 1.3

1	2	3	4
С1.3	Вспомогательное освещение (каналов, камер, ниш)	Удобство обслуживания и условие спасения при авариях в тоннеле	Коэффициент готовности
С2	Подсистема вентиляции	Поддержание внутритоннельной атмосферы и внутреннего пространства тоннеля, штолен и других выработок в пределах, допускаемых нормами	-
С2.1	Вентиляция с естественным побуждением		Концентрация в воздухе газовых примесей. Прозрачность воздуха. Скорость движения воздуха
С2.2	Вентиляция с искусственным побуждением		То же и параметры шумов и вибраций от работы вентиляторов

Таблица П 1.4

Функции и определяющие параметры (ОП) элементов системы «Тоннельное сооружение»

Код	Наименование элементов	Функции подсистем и элементов	ОП для элементов подсистем
1	2	3	4
Т	Тоннельное сооружение	Защита автопроезда от факторов воздействия грунтового массива	-
Т1	Наземные сооружения и обустройства	Обеспечение работоспособности тоннельного перехода	-
Т1.1	Автодорога на подходах к тоннелю	Обеспечение комфортного въезда в тоннель	Грузоподъемность, показатели комфортности, расстояние видимости, наличие/отсутствие средств регулирования движением
Т1.2	Портальные выемки	Обеспечение устойчивости места врезки, отвода воды от портала и автопроезда	Несоответствие фактических уклонов откосов допустимым. Наличие/отсутствие застоя воды в пределах выемки

Окончание табл. П 1.4

1	2	3	4
Т1.3	Поверхностный водоотвод	Защита тоннеля от обводнения ливневыми и талыми водами*)	Увеличение водопритоков в тоннель после ливней и таяния снега
Т1.4	Порталы	Восприятие нагрузок в зоне выхода тоннеля на дневную поверхность	Наличие/отсутствие деформаций и разрушений конструкций
Т2	Тоннельная обделка	Восприятие нагрузок и воздействий от грунтового массива и природно-климатических факторов. Обеспечение герметичности сооружения	Несущая способность – по признакам: деформативности; трещиностойкости, прочности материалов. Водонепроницаемость
Т3	Дренажная система и водоотвод	Осушение грунтового массива и тоннельной обделки	-
Т3.1	Дренажи и штольни	Осушение грунтового массива и тоннельной обделки	Степень обводнения тоннеля**)
Т3.2	Внутренний водоотвод	Безналедный и эффективный отвод воды за пределы тоннеля	Водопропускная способность, дебиты

Примечания:

*) Поверхностный водоотвод включает в себя следующие функции:

1 Защита грунтового массива, вмещающего тоннель, от проникновения ливневых и талых вод с надтоннельной поверхности.

2 Эффективный отвод и исключение аккумуляции поверхностных вод на рельефе надтоннельной поверхности.

3 Осушение заболоченных участков, дренаж и водоотвод подземных и наземных источников.

**) О степени обводнения судят по изменению объемов и видов водопроявлений в тоннеле, а также дебитов воды в водоотводных лотках и штольнях.

Приведенные данные позволяют получить представление о содержании структурной схемы тоннельного перехода, представленной на рисунке (см. приложение А).

Таблица А.5

Критерии отказов и предельных состояний тоннельных конструкций и обустройств

Наименование конструкций или обустройств	Предельное состояние
Тоннельная обделка	1 Необратимое сближение стен навстречу друг другу с нарушением габарита приближения строений 2 Водонепроницаемость материала конструкции менее W 3 при отсутствии гидроизоляции 3Наличие сетки трещин, приводящих к проникновению воды через обделку 4 Прочность материала обделки на 50% меньше проектной при условии подтверждения опасного изменения напряженно-деформированного состояния 5 Деструкция материала конструкций в результате механических, химических или температурных воздействий 6 Вынос грунта через обделку
Дренаж	1 Отсутствие воды в дренажах на обводненных участках обделки 2 Кольматация дренажа
Внутритоннельный водоотвод	1 Наличие дефектов в водонесущих частях лотков и дренажей, способствующих обводнению основания тоннеля и проезжей части 2 Замерзание воды в лотках
Портальные выемки	1 Наличие застоя воды в пределах выемки 2 Нарушение устойчивости откосов (осыпание, сползание грунта)
Порталы	1 Нарастающее смещение конструкций от проектного положения в плане и профиле 2 Наличие признаков разрушения конструкций
Поверхностный водоотвод	Прирост обводнения тоннеля после ливней и таяния снега на надтоннельной поверхности
Системы пожаротушения	Отсутствие или неполная комплектность системы пожаротушения

Приложение Б
Пример анализа транспортно-эксплуатационного состояния тоннельного перехода

Б.1 Характеристика объекта и постановка задачи

В качестве объекта анализа выбран Луарский тоннель. Это самый протяженный тоннель трассы «Кавказ-29» Алагир – Нижний Зарамаг – граница с республикой Грузия на участке от Бизского до Буронского тоннелей. Для всех тоннелей этой трассы характерно полное или почти полное отсутствие строительной и проектной документации, а также сведений о их эксплуатации.

Луарский тоннель расположен на 43 км автомагистрали, в пределах бывшего с. Луар. Автодорога проходит по западному берегу р. Ардон; категория дороги – II. Тоннельное пересечение длиной 821 м преодолевает мыс на отроге главного Кавказского хребта на высоте 900 м над уровнем моря. Этот мыс со стороны реки огибается грунтовой дорогой. Тоннель пройден в толще переслаивающихся кварцевых алевролитов и песчаников с мощностью слоев от нескольких сантиметров до 0,5 м. Тоннель имеет четыре штольни, которые используются в качестве вентиляционных, эвакуационных и штолен безопасности. В районе ПК 03+30 (вторая по ходу пикетажа штольня) тоннель пересекает тектоническое нарушение мощностью до 1 м с дресвяно-песчанистым заполнителем.

В плане тоннель включает в себя кривую радиусом 500 м. Эта кривая начинается от Северного портала и имеет длину 150 м; далее тоннель в плане расположен на участке прямой. В профиле тоннель – односкатный с подъемом от Северного портала к Южному порталу, с уклонами от 0,5 до 1,7%. Очертание обделки – подъемистый свод. Освещение в тоннеле – искусственное, вентиляция – с естественным побуждением.

Объект построен в 1980-1986 гг.

Тоннель обследован в 2003 г. По результатам обследования были составлены Заключение по инженерно-геологическим условиям и Паспорт тоннеля с комплектом документов. В 2005 г. аварийное состояние системы освещения перешло в полный ее отказ; а в верхней боковой зоне обделки был обнаружен след сильного удара негабаритным грузом. Интенсивность движения была крайне низкой.

Структурная схема тоннельного перехода (см. рисунок приложения А) отвечает схеме Луарского тоннеля с той разницей, что некоторые элементы схемы отсутствуют. Это обстоятельство будет отражено в дальнейшем описании. *Функции* тоннельного перехода совпадают с функциями дороги и контролируются теми же показателями состава транспортного потока, интенсивности, непрерывности и комфортности движения. *Цели* анализа за неимением достаточной информации пришлось ограничить – качественной формой оценки рисков – критичностью отказов и, в меньшей степени, – ее количественной формой – показателями критичности.

Порядок построения текста продиктован особенностями анализа сложных технических систем, при котором значительные усилия затрачивают на выявление потенциально возможных отказов по общей причине. Дефекты, снижающие технический уровень тоннельного перехода, вызывают отказы, обладающие сразу несколькими одинаковыми признаками (см. раздел 6.1). Поэтому вопрос о техническом уровне рассматривается первым.

Б.2 Оценивание технического уровня ТП

Элементы, их функции и определяющие их параметры рассматриваемых объектов названы в таблицах приложения А, дефекты, влияющие на технический уровень ТП, – в табл. Б.1. Описание дефектов в этой таблице дано в сокращенном виде – для удобства общего обзора, достаточном, однако, для анализа критичности. При оценке критичности отказов используется табл. 5.1, для чего необходимо выбрать – по текстовому описанию, – строку, сообразуясь с вероятностями наступления отказов, – и категорию тяжести последствий.

Представленные в табл. Б.1 данные не нуждаются в особых комментариях. ТП не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к искусственным сооружениям на автомобильных дорогах II категории. Он может безопасно эксплуатироваться только при невысокой интенсивности движения и при выполнении некоторых условий. Трудности и эксплуатационные расходы возрастают уже с повышением интенсивности движения до уровня, соответствующего IV категории автодороги, а при дальнейшем ее росте должен быть введен особый режим эксплуатации. Достижение показателей II категории автодороги невозможно без реконструкции ТП.

Таблица Б.1

Анализ ожидаемых отказов и их последствий

Описание дефектов	Отказы и их последствия. Управляющие воздействия	Категория критичности
1	2	3
	Автопроезд	
Негабаритность (рис. Б.1) вызвана тем, что II-III категории для участков дороги была установлена уже после того, как тоннели были запроектированы для участков автодороги IV-V категорий. Другая причина – переборы и недоборы грунта при проведении буровзрывных работ. Занижено расстояние в свету между бордюрами	Внутреннее очертание обделки в наибольшей степени соответствует габариту приближения строений для автодорог **V категории**, хотя в некоторых сечениях, в верхних боковых зонах понадобится выборка грунта или бетона. При соответствующей этой категории автодороги интенсивности и скорости движения тоннель можно эксплуатировать, если привести в норму системы освещения и управления движением (это подтверждается фактом ДТП с негабаритным грузом). Однако обеспечивающие системы (см. ниже) нуждаются в капитальном ремонте и реконструкции и сами могут вызывать отказы с существенными и критическими последствиями. Таким образом, возможны отказы ТП с критическими последствиями (строка 3, столбец 2 матрицы категорий критичности – в табл. 5.1). Соответственно критичности присваивается категория **В**	**В**
	Расстояние в свету между бордюрами тоннеля соответствует нормам для III категории дороги. **При необходимости повышения интенсивности движения** на период до реконструкции ТП можно использовать либо ограничение габаритов грузов и типов автотранспортных средств, либо применение специальных мер по организации движения автотранспортных средств. В любом случае уровень интенсивности движения будет ниже предусмотренного нормами для дороги III категории, а непрерывность движения может пострадать. Эксплуатация объектов в особом режиме запредельного технического состояния сопряжена с повышенной опасностью. Вероятны отказы с категорией тяжести «критическая» (строка 2, столбец 2 матрицы). Категория критичности – **А**	**А**

Продолжение табл. Б.1

1	2	3
Отсутствие системы водоотведения с проезжей части	Увлажнение проезжей части при поступлении воды через обделку тоннеля и из других источников; снижение коэффициента сцепления колеса с покрытием; обледенение покрытия в зимнее время и образование наледей; беспрепятственное растекание легковоспламеняемых жидкостей по поверхности проезжей части при ДТП с опасностью катастрофических последствий. Первый фактор вызывает частые отказы с промежуточной категорией тяжести, второй – практически невероятные отказы с катастрофическими последствиями	**В**
Отсутствие раструбных участков во въездной зоне тоннеля и нарушение требований норм по цветовой окраске порталов, покрытия проезжей части и стен тоннеля в 100-метровых зонах у порталов	Нарушены условия плавного и удобного въезда в тоннель, с гарантией адаптации зрения водителей. Возрастает вероятность ДТП. Возможные отказы с промежуточной категорией тяжести последствий	**С**
Отсутствие у порталов площадок разворота транспортных средств – на случай аварийной ситуации в тоннеле	Утяжеление последствий аварии. Отказ практически невероятен, категория тяжести последствий – критическая. Категория критичности **С**	**С**
	Обеспечивающие системы	
Отсутствие дежурного освещения в *тоннеле*	Снижение до минимума расстояния видимости и скоростей *движения на период отказа основной сети освещения*. Возрастание вероятности и опасности ДТП и опасности для работы обслуживающего персонала. Возможные отказы с промежуточной категорией тяжести последствий	**С**
Нарушение п.7.49.СНиП 32-04-97 о дублировании трансформаторных подстанций и источников электроэнергии	Отсутствие резервов резко снижает показатели надежности системы и увеличивает, соответственно, вероятность оставления потребителей ТП без электроэнергии. Возможные отказы с существенными или критическими последствиями	**В**
Отсутствие заградительной сигнализации и светофоров у порталов	Нарушение требований безопасности дорожного движения. Возможны отказы с промежуточной или существенной тяжестью последствий	**В**

Окончание табл. Б.1

1	2	3
	Тоннель	
Отсутствие гидроизоляции обделки	Обводнение тоннеля. Снижение долговечности обделки. Существенны затраты на ремонт тоннеля. Обводнение влияет на отказы автопроезда	**В**
Отсутствие деформационных и сейсмических швов	Увеличение масштабов разрушений при деформациях обделки; снижение ремонтопригодности. Практически невероятное событие, которое может иметь катастрофические последствия	**В**
Занижение высоты бордюров, местами вдвое против нормы. Завышение (местами) высоты бордюров, изломы бордюров в плане	Бордюр (местами) теряет роль защитной полосы; возможны въезды автомобилей на тротуар или защитную полосу. Снижение фактически используемой для движения ширины проезда. Возможны ДТП с тяжелыми последствиями	**В**
На подходе к Южному порталу – отвесная скала; дорога не имеет защиты от камнепада	Возможны внезапные обрушения камней, с тяжелыми последствиями для здоровья и жизни людей, технического состояния транспортных средств и тоннельных конструкций	**В**
	Средства защиты людей при работе и авариях в тоннеле	
Сервисные штольни не имеют бетонных полов, стационарного электроосвещения, тамбур-шлюзов с противопожарными дверями, выходы перекрыты решетками	Укрытие людей в сервисных штольнях при пожарах в тоннеле опасно. Практически невероятное событие с критической категорией тяжести последствий	**В**
Отсутствие технических средств противопожарной защиты	Катастрофические последствия при пожарах в тоннеле. Практически невероятное событие	**В**

Примечание. К вентиляции в тоннеле замечаний нет, хотя в Паспорте указывают на запыленность тоннеля и необходимость очистки от грязи, мусора, выносов грунта и пыли. Учитывая, однако, что тоннель запроектирован под интенсивность движения для IV – V категорий автодороги, возникают опасения в достаточности вентиляции при повышении интенсивности движения до уровня, соответствующего II категории автодороги.

Решающим требованием при этом оказывается обеспечение уровня безопасности, заложенного в нормы проектирования и эксплуатации. Определение фактического уровня произведено на основе качественных оценок – критичности отказов. Для критичностей **A** и **B** обязателен или желателен количественный анализ рисков, например, с применением показателей критичности, который может быть выполнен при получении дополнительной информации.

Таким образом, технический уровень Луарского тоннеля может обеспечить безопасную эксплуатацию с интенсивностью движения, соответствующей V категории автодороги, но лишь при условии устройства временных (а затем постоянных) систем освещения автопроезда и управления движением транспортных средств.

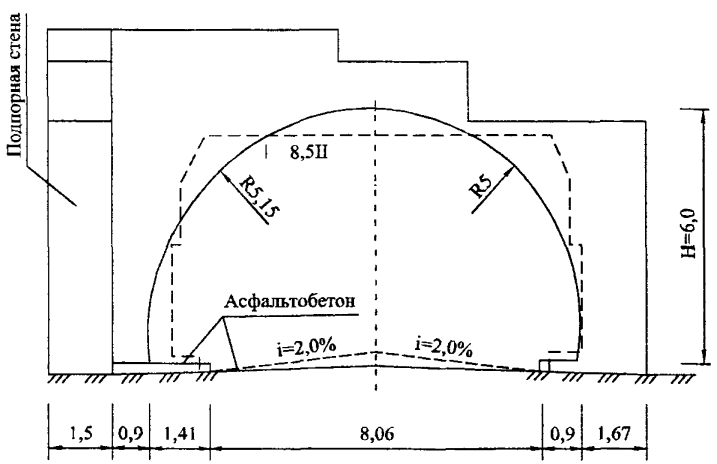


Рис. Б.1. Схема поперечного сечения тоннеля по грани южного портала (пунктиром обозначен габарит приближения строений по ГОСТ 24451)

Б.3 Оценивание технического состояния ТП

Подсистема Т2: «Тоннельная обделка» на Луарском тоннеле представлена тринадцатью участками с четырьмя типами обделок:

Дефект 1. На всем протяжении всех участков обделки из монолитного железобетона (на 70% длины тоннеля) – протечки из технологических швов с выносом продуктов коррозии бетона, а также по всему контуру на безобделочных участках сквозь торкретное

покрытие. Значительная часть этих выносов остается на тротуаре. Тот же дефект присутствует и в штольнях.

Дефект 2. В облицовке из торкрета имеются трещины и отслоения. Помимо проникновения воды в тоннель существует опасность внезапного обрушения отслоившихся участков торкрета, если их оборка не производится своевременно.

Дефекты *1* и *2* отчасти могут устраняться путем проведения планово-предупредительных ремонтов. Категория критичности отказов – Д.

Для подсистемы «Автопроезд» дефекты и соответствующие им отказы, возникшие при эксплуатации ТП, указаны в табл. Б.2.

Таблица Б.2

Дефекты и отказы подсистемы «Автопроезд», возникшие при эксплуатации ТП

Элемент подсистемы. Описание дефекта	Ожидаемый отказ и его последствия. Меры по обеспечению безопасности	Категория критичности
1	2	3
Элемент А1: «Пространство проезда». Недостаточная освещенность или ее отсутствие. В 2003 г. величина освещенности на всем протяжении тоннеля не соответствовала СНиП 32-04; во въездных зонах освещенность не превышала 15% от нормы Весной 2005 г. искусственное освещение отсутствовало. Именно в этот отрезок времени негабаритный груз оставил следы сильного удара по обделке тоннеля, в его верхней боковой зоне. Причиной дефекта является физический и моральный износ всей системы искусственного освещения. Полное отключение освещения может вызываться отказами системы электроснабжения, которая не зарезервирована и не имеет запасов по мощности	Снижение видимости; нарушение БДД. Эксплуатация автопроезда ведется в запредельном техническом состоянии и нуждается в установлении особого режима эксплуатации (с учетом сопутствующих обстоятельств) или запрещении движения – по решению ГИБДД. При полном отсутствии освещения скорость движения не должна превышать 10 км/ч. По заключению от 2003 г. необходима реконструкция системы освещения	**В/А**

Окончание табл. Б.2

1	2	3
Элемент А2: «Тротуары и защитные полосы». Загромождение тротуара препятствиями и его загрязнение. По всей длине тротуара выступают штыри длиной до 10 см. Протечки воды из обделки тоннеля и технологических швов (на 70% длины тоннеля), а также из облицовки из набрызгбетона по скале (по всему контуру) сопровождаются выносом продуктов коррозии бетона, значительная часть которых остается на тротуаре	В табл. 8 ОДМ в зависимости от процента износа И% тротуара условия движения пешеходов подразделены на комфортные, безопасные, затрудненные, опасные и недопустимые (при износе свыше 80%). Рассмотренная совокупность повреждений тротуара может быть оценена износом порядка И=30%, а условия движения пешеходов названы затруднительными. При отсутствии искусственного освещения в тоннеле они становятся опасными (И>30%)	**С/В**
Элемент А3: «Проезжая часть». Дефекты износа 40% поверхности проезжей части на 50% длины тоннеля в сочетании со значительным ее увлажнением (в тоннеле нет водоотводных лотков, а источниками увлажнения, кроме протечек через обделку, служат поверхностные стоки). Условия работы усложняют ряд дополнительных факторов: неравномерность протечек по длине тоннеля; неравномерные по длине тоннеля уклоны проезжей части – от 0,50 до 4,47% слева и от 0,50% до 3,57% справа; наличие изломов в плане тротуаров и защитных полос	Необходимость снижения скорости движения автотранспортных средств. Если применить нормативы ОДН 218.0.006, ОДН 218.017 и ОДМ 218.0.0118, то значение коэффициента использования расчетной скорости можно принять равным ρ=0,7. С учетом дополнительных факторов, усложняющих условия работы проезжей части, предельно допустимую скорость следует еще снизить	**С**

Как видно из полученных данных, дефекты, возникшие при эксплуатации ТП, существенно снижают потребительские свойства объекта и создают риск тяжелой аварии и даже катастрофы.

Недостаток освещенности проезжей части, а тем более ее полное отсутствие, переводят подсистему «Автопроезд» в запредельное техническое состояние с необходимостью установления особого режима эксплуатации ТП.

Значения безопасных скоростей движения по искусственным сооружениям с заниженным габаритом определяются на основании экспериментов, по которым устанавливается фактическая скорость, которую выбирает водитель с позиции безопасности, в составе потоков различной интенсивности [ОДН 218.017].

Б.4 Оценивание транспортно-эксплуатационного состояния тоннельного перехода

Слияние результатов анализа технического уровня и технического состояния позволяет судить о ТЭС ТП как о комплексе потребительских свойств объекта. Для тоннеля на примере анализа безопасности дорожного движения это отражено в табл.Б.3.

Таблица Б.3

Транспортно-эксплуатационное состояние тоннельного перехода

Потребительские свойства и управляющие воздействия по обеспечению БДД		
1	2	3
Дефект	Потребительские свойства и управляющие воздействия	Категория критичности
Негабаритность тоннеля	В настоящее время условия пропуска строго не определены	**B**
	Очертание внутреннего контура обделки соответствует условию эксплуатации дороги V категории с расчетной скоростью движения по горной автодороге 40 км/ч и интенсивностью движения до 200 авт./сут. Следует утвердить данное ограничение	**D**
Дефекты проезжей части в сочетании со значительным ее увлажнением протечками через обделку тоннеля и за счет неорганизованного водостока	Ограничение скорости до 28 км/ч	C
	Ремонт покрытия позволяет увеличить скорость движения до 35 км/ч	**D**

Окончание табл. Б. 3

1	2	3
Недостаточная освещенность тоннеля или ее отсутствие	Отсутствие резервирования систем энергообеспечения тоннеля снижает безотказность работы всех силовых, осветительных и технологических потребителей	**C**
	Отсутствие дежурного освещения приводит тоннель к полным отказам	**C**
	Аварийное состояние системы искусственного освещения	**B**
	Сочетание всех рассмотренных факторов	**A**
	Управляющее воздействие: подконтрольная эксплуатация с применением временной схемы искусственного освещения	**C**
Отсутствие заградительной сигнализации	Не допускается. Параметры движения регулируются ГИБДД	**B**
	Рекомендуется подконтрольная эксплуатация с применением временной схемы заградительной системы	**C**
Отсутствие раструбных участков во въездных зонах тоннеля	См. табл. Б.1.	**C**
Отсутствие защиты от камнепада на подходе к Южному порталу	Не допускается	**B**
	Рекомендуются специальный контроль за опасным участком и мероприятия по снижению потенциальной угрозы	**C**
Таким образом, тоннель эксплуатируется при весьма существенном нарушении безопасности дорожного движения, даже при сохранении существующей низкой интенсивности движения. Применение названных управляющих решений несколько снижает угрозы, возникающие при ДТП в тоннелях, но трудоемко и имеет смысл только как временная мера. Повышение интенсивности движения резко увеличивает риск дальнейшей эксплуатации ТП и нуждается либо в количественной оценке рисков для обоснования условий дальнейшей его эксплуатации, либо в прекращении эксплуатации и реконструкции объекта.		

Пример:

Тоннель расположен на автомобильной дороге II категории, для которой интенсивность движения может находиться в пределах свыше 6000 до 14000 авт./сут, а расчетная скорость движения для горного участка дороги равна 60 км/ч. В заключении по обследованию тоннеля в 2000 г. была высказана рекомендация по снижению скорости движения в связи с негабаритностью тоннеля, но без указания величины этого снижения. Согласно п. 7.40 СНиП 32-04-97 «Расчетная скорость на смежных участках автодороги не должна отличаться более чем на 20%» и быть равна не менее чем 48 км/ч. В противном случае нарушается равномерность движения по автодороге – одно из ее потребительских свойств.

Аналогичным образом можно сделать вывод по обеспечению безопасности обслуживающего персонала и по защите людей в случае аварий в тоннеле.

Приложение В
Пример расчета оценки технического состояния тоннельных конструкций и обустройств

Рассмотрим пример расчета абсолютной оценки технического состояния тоннельного перехода на автодороге II категории, тоннель длиной 800 м с подходами к тоннелю по 150 м. Обделка тоннеля из монолитного бетона.

По результатам обследований на отчетный период в конструкциях и обустройствах тоннельного перехода обнаружены дефекты, идентификация которых проводится по классификации дефектов конструкций и обустройств горных автодорожных тоннелей (см. табл. 6.1). Для наглядности анализа исходные данные приведены в табл. В. 1.

Таблица В. 1

Исходные данные к оцениванию технического состояния тоннельного перехода

Индекс дефекта	Категория критичности	Коэффициент ранжирования k_p	Количество дефектов	Категория по ремонтопригодности	Описание дефекта (события)
Подходы к тоннелю					
1.1.3	B	0,9	5	2	Камни на проезжей части (здесь количество событий)
1 1.4	C	1	1	3	Сползший грунт в кюветах
1.1.5	D	1	3 места	4	Нарушено мощение кюветов
1.1.6	D	0,5	3 места	4	Нарушена окраска
ΣBk_p = 5x0,9=4,5; ΣCk_p =1x1=1; ΣDk_p = 3x1+3x0,5+3=4,5					
Портальные выемки					
1.2.2	B	0,5	2 места	4	Разрушена песчаная подушка
1.2.4	D	0,6	5 мест	4	Разрушен запортальный лоток
1.2 5	D	0,3	1	4	Мощение разрушено корнями кустарников
ΣBk_p = 2x0,5=1,0; ΣDk_p = 5x0,6+1x0,3=3,3					
Поверхностный водоотвод					
1 3.1	D	1	20 мест	4	Разрушено мощение нагорных канав
ΣDk_p = 1x20=20					

Порталы					
1 4 3	B	0,6	6	3	Сетка трещин
1 4 4	C	1	1	3	Сквозная поперечная трещина
1 4.6	C	0,6	2	4	*Отслоение* штукатурного покрытия
ΣBk_p = 6x0,6=3,6; ΣCk_p = 1x1+2x0,6=2,2					
Тоннельная обделка					
2 1 2	A	0,7	4 места	2	Сквозные трещины Деформация обделки
2 1 3	B	1	6	2	Негабаритность
2 1 4	B	0,95	3	3	Отслоение бетона обделки
2 1 5	B	0,8	4	2	Вывал несквозной
2 1 8	C	1	10	3	Косые и дугообразные трещины увеличивающиеся
2 1 11	D	0 65	5 мест	4	Деструкция бетона на глубину более 20 мм
ΣAk_p=4x0,7=2,8; ΣBk_p = 6x1+3x0,95+4x0,8=12,05; ΣCk_p = 10x1=10,0; ΣDk_p = 5x0,65=3,25					
Внутритоннельные обустройства					
2 2 1	A	1	4	2	Неисправность системы пожаротушения
2 2 3	B	0,8	1 место	2	Деформация лотка
2 2 7	D	1	7	4	Неисправность электрообогрева лотка
ΣAk_p=4x1=4; ΣBk_p = 1x0,8=0,8; ΣDk_p = 7x1=7					
Обводненность тоннеля					
2 3 1	B	1	4 места	2	Течи с выносом грунта
2 3 2	B	0,7	11	4 (2)	Наледи действующие
2 3 5	D	1	8 мест	4 (2)	Сырость и капеж
2 3 8	D	0,45	4 места	4 (2)	Течи с выносом ржавчины
ΣBk_p = 4x1+11x0,7=11,7; ΣDk_p = 8x1+4x0,45=9,8					

Окончание табл. В. 1

Проезжая часть					
3 1	B	1	2	2	Просадки (пучины)
3 3	B	0,6	5	3 (2)	Трещины продольные с выплесками воды
3 5	C	0,7	10	3	Одиночные выбоины
$\Sigma Bk_p = 2x1+5x0,6=5$; $\Sigma Ck_p = 10x0,7=7$					
Прочие элементы					
4 1	C	1	4	4	Повреждение охранных ограждений
4.4	D	0.7	10	4	Отсутствие надписей реперов
4 6	D	0;2	6	4	Захламленность ниш и камер
$\Sigma Ck_p = 4x1=4$; $\Sigma Dk_p = 10x0,7+6x0,2=8,2$					

По результатам анализа и идентификации дефектов вычисляется абсолютная оценка технического состояния тоннельного перехода |ТС| по формуле (6.1).

Дефекты с категорией критичности А – 6,8.

Сумма дефектов с категорией критичности В – 38,65.

То же с категорией С – 24,2; с категорией D – 56,05. В целом по тоннельному пересечению:

$|ТС| = 6,8 + 38,65 + 24,2 + 56,05 = 126$ баллов.

Допустим, что оценка |ТС| за предыдущий отчетный период составляла 100 баллов, в том числе категории А – 5; В – 38,65; С – 24,2 и категории D – 101,2. По приведенным оценкам можно судить об ухудшении технического состояния тоннельного перехода за счет увеличения количества дефектов категории А и D. Это может указывать на низкую эффективность содержания сооружения, а рост количества дефектов категории А сопряжен с опасными процессами в конструкциях.

Анализ обнаруженных дефектов по категориям ремонтопригодности показывает, что на момент обследования конструкции и обустройства тоннельного перехода требуют:

- капитального ремонта (2 категория по ремонтопригодности) в 8 случаях;

- ремонта (3 категория) в 7 случаях;
- ремонта при содержании (4 категория) в 15 случаях.

Нарастание количества дефектов категории А или их повторное возникновение после очередного ремонта является одним из *критериев установления постоянного наблюдения за дефектными* участками и принятия решения по особым условиям эксплуатации, капитальному ремонту или реконструкции сооружения.

Кроме этого, анализ дефектов по ремонтопригодности позволяет в соответствии с фактическим техническим состоянием сооружений планировать финансовые и материальные средства на последующий эксплуатационный период.

Эффективность содержания тоннельного перехода эксплуатирующей организацией может быть оценена нарастанием или снижением количества дефектов 4 категории по ремонтопригодности или категории критичности D.

Дефекты, вызванные обводненностью, могут быть устранены при текущем ремонте, но стабильный ежегодный рост количества водопроявлений и объемов водопритоков в тоннель через образовавшиеся дефекты требует дополнительных мероприятий – осушения обделки и грунтового массива, что относится к капитальному ремонту (2 категория по ремонтопригодности), выполняемому по специальному проекту. Вычисление относительной оценки производим по формуле (6.2)

$$TCo = \frac{|TC|}{0,01 \times L} = 126/0,01x(150+800+150) = 11,45 \text{ балла.}$$

Допустим, на рассматриваемой транспортной магистрали расположен еще один тоннель длиной 500 м с подходами по 150 м. При том же виде и количестве дефектов их относительное количество (TC_o) будет составлять:

TC_o = 126/0,01x800 =15,75 баллов.

Это дает основание считать состояние второго тоннеля более тяжелым по отношению к первому, однако в этом случае необходимо сравнивать относительное количество дефектов одной категории тяжести последствий, вычисляемых по формуле (6.3).

Примерная номенклатура текущих ремонтов тоннельных конструкций и обустройств представлена в табл. В.2.

Таблица В.2

Примерная номенклатура текущих ремонтов

Тоннельная конструкция, обустройство	Вид дефекта	Основные работы
1	2	3
Обделки тоннелей из монолитного бетона и железобетона. Облицовочные покрытия, в том числе в безобделочных тоннелях	Вывал	1 Оборка слабого бетона и неустойчивой породы. 2 Навеска сетки на анкерах. 3 Отвод поступающей воды
	Отслоение бетона обделки	1 Закрепление отслаивающегося куска бетона подхватами на анкерах. 2 Обрушение в плановом порядке с последующей оборкой полости и навеской сетки на анкерах
	Трещины раскрытием > 2 мм стабилизировавшиеся	Разделка с последующей чеканкой специальными составами
	Слабый, выщелоченный, размороженный бетон, раковины, каверны	1 Оборка слабого бетона. 2 Оштукатуривание материалами проникающего действия (на больших поверхностях – по плоским сеткам)
Сборные обделки	Разуплотнение (разрушение) чеканки стыков	1 Зачистка стыков и чеканочных канавок. 2 Чеканка стыков
	Расстройство связей растяжения	1 Замена уплотнительных шайб. 2 Перетяжка (замена) болтов
Обводненность	Течи, капеж, сырость	Организованный отвод по шлангам и штробам
	Наледи	1 Околка и вывоз льда из тоннеля. 2 Утепление наледеобразующих течей
Дренажные и водоотводные устройства	Неэффективное осушение обделки и грунтового массива	1 Прочистка каптажных скважин. 2 Замена дренирующей засыпки дренажей
	Перемерзание водоотводных лотков	1 Утепление лотков теплоизоляционными материалами. 2 Устройство или ремонт электрообогрева
	Повышение уровня воды в лотках	Очистка лотков от наносов и мусора
	Разрушение мощения нагорных канав и кюветов	Ремонт или устройство мощения

Окончание табл. В.2

1	2	3
Надтоннельная поверхность	Образование оврагов, ям и впадин с аккумуляцией воды	Планировка поверхности, вырубка леса и кустарника. Нарезка канав
Подходы к тоннелю и портальные выемки	Нависающие камни на откосах, оплывающие откосы	Оборка откосов от нависающих камней. Укрепление откосов согласно состоянию грунтов
	Зарастание откосов деревьями и кустарником	Вырубка растительности, нарушающей видимость на автодороге и безопасную эксплуатацию сооружения, за исключением растительности противооползневой и противолавинной системы защиты
	Разрушение мощения и гидроизоляции в запортальной зоне	Восстановление мощения и гидроизоляции
	Трещины в конструкциях порталов и стенок. Разрушение защитного слоя арматуры	Разделка трещин и их чеканка специальными составами. Оштукатуривание мест оголения арматуры материалами проникающего действия. Сплошное покрытие поверхностей гидроизолирующими покрытиями или гидрофобизаторами
Тоннель в целом (в порядке технического обслуживания)	Замусоривание проезда, служебных проходов, тротуаров, камер и ниш и др. Отсутствие знаков, надписей, пикетажа и т.д.	Уборка и вывоз загрязнителей, покраска ниш и камер, порталов, восстановление информационных и указательных знаков и табличек, надписей, дорожных знаков и т.д.

Текущие ремонты системы вентиляции и обогрева внутритоннельной атмосферы выполняются специалистами, непосредственно эксплуатирующими эти системы по специально разработанным регламентам с корректировкой режимов работы по состоянию загазованности внутритоннельной атмосферы и в соответствии с климатическими параметрами.

Текущие ремонты обеспечивающих систем (освещения, сигнализации, связи, видеонаблюдения, светофорного хозяйства и системы пожаротушения и т.д.) выполняют соответствующие службы по принадлежности. Исключение составляет обеспечение безопасной

эксплуатации этих систем в тоннелях, что непосредственно входит в компетенцию эксплуатационников – тоннельщиков.

Текущие ремонты автопроезда в тоннелях и на подходах должны выполняться дорожными ремонтными предприятиями, имеющими квалифицированных специалистов, необходимую дорожную технику и материалы. Необходимость и объемы ремонта проезжей части в тоннелях определяются по результатам весенних осмотров сооружений.

Потребности в механизмах, средствах малой механизации, вспомогательного оборудования и оснастки определяются набором основных видов ремонта и технического обслуживания эксплуатируемого сооружения.

Приложение Г

Организация надзора в автодорожных тоннелях

1. Надзор в тоннелях предусматривает выполнение ежедневного постоянного (текущего) надзора (наблюдения) силами тоннельных обходчиков, специально обученных методам и способам визуального контроля технического состояния тоннельных конструкций, идентификации дефектов по обобщенной классификации, прошедших инструктаж по действиям в случае обнаружения дефектов, угрожающих безопасной эксплуатации сооружения.

Постоянный надзор производится ежедневно и осуществляется при пешем проходе по тоннелю с внимательным осмотром конструкций, водоотводных устройств и других систем обеспечения с фиксацией обнаруженных дефектов и изменений параметров существующих дефектов в блокноте обходчика.

Подробный маршрут движения тоннельных обходчиков по тоннелю, объем обследований и перечень контролируемых обустройств и систем, а также порядок действий обходчика в случае обнаружения опасного дефекта должен быть отображен в инструкции по организации текущего надзора в конкретном тоннеле и утвержден главным инженером организации, осуществляющей содержание сооружения.

Текущий надзор выполняется не реже одного раза в неделю тоннельным мастером (начальником тоннельного участка).

Главная задача текущего надзора – раннее выявление всех изменений в картине обводнения, дефектообразования в конструкциях, функционировании обустройств и обеспечивающих систем.

О всех отклонениях от стабильного состояния тоннельного сооружения обходчики докладывают тоннельному мастеру (начальнику участка), который обязан сделать соответствующую запись в тоннельной книге и принять решение по немедленному устранению неисправности или организовать специальные наблюдения за динамикой развития обнаруженных дефектов с последующим устранением в плановом порядке.

По результатам текущего надзора один раз в месяц составляется карта обводненности и развертка тоннельной обделки с нанесением обнаруженных дефектов или изменившихся параметров существующих дефектов.

Периодические осмотры тоннельного сооружения на тоннельном пересечении должны производиться по графикам,

утвержденным начальником (директором) эксплуатирующей организации, с периодичностью, обусловленной фактическим состоянием конструкций, эффективностью работы обустройств, обеспечивающих систем, наличием ограничений скоростей движения и т.д., но не реже двух раз в год.

Сплошные сезонные обследования производятся непосредственно под руководством начальника (главного инженера) эксплуатирующей организации. Обследованию подлежат все доступные визуальному осмотру наземные и подземные тоннельные конструкции, надтоннельная поверхность, подходы к тоннелю, обустройства и обеспечивающие системы. По результатам осеннего осмотра делается заключение по эффективности и качеству летних ремонтных работ и готовности сооружения к эксплуатации в зимних условиях, определяются участки, требующие особого внимания. Весенние осмотры позволяют выявить и проанализировать недостатки зимнего содержания и наметить виды и объемы ремонтов в летний период.

Дополнительные периодические обследования производятся по необходимости, кроме установленных приказом по эксплуатирующей организации, и определяются техническим состоянием сооружений, графиками обследований специалистами вышестоящих организаций или экстренными обстоятельствами снижения безопасной эксплуатации сооружения (необратимый рост деформаций тоннельных обделок, усиление обводненности и наледеобразования, повторное возникновение устраненных дефектов и постоянный рост дефектов категорий А, В, С с критическими последствиями, а также последствия после землетрясений и наводнений).

Специальные обследования проводятся с привлечением научно-исследовательских и проектных организаций, по заключению которых могут проводиться длительные исследования и инструментальные наблюдения за развитием опасных процессов собственными силами или специализированными организациями. Кроме того, не реже одного раза в 10 лет все тоннели должны обследоваться специализированными или научно-исследовательскими организациями, а в промежуточные периоды немедленно при возникновении необратимых опасных деформаций обделки и повреждений, требующих капитального ремонта или реконструкции сооружения. Плановые специальные обследования проводятся преимущественно по графику Управления эксплуатации и

сохранности автомобильных дорог Федерального дорожного агентства Министерства транспорта Российской Федерации.

По результатам специальных обследований составляются технические или научно-технические отчеты с заключением о техническом состоянии сооружений и рекомендациями по усилению конструкций, ремонтам и условиям дальнейшей эксплуатации. Кроме того, на объекте обследования должны быть даны письменные рекомендации по неотложному устранению обнаруженных опасных повреждений в конструкциях и обустройствах.

Отчет по результатам специальных обследований представляется в отдел искусственных сооружений Федерального дорожного агентства (Росавтодор).

Приложение Д
Техническая и отчетная документация на эксплуатируемый тоннель

1. В организациях, эксплуатирующих тоннель, обязательно должна быть следующая техническая документация: паспорт тоннеля, карточка тоннеля, тоннельная книга, дело искусственного сооружения.

Паспорт тоннеля включает основные данные принятой от подрядчика технической документации на сооружение, необходимые для осуществления эксплуатационного надзора, в том числе: геологический разрез; продольный профиль с указанием типов обделки, нумерации колец; краткое описание инженерно-геологических и гидрогеологических условий; план поверхности над тоннелем и подходах к нему; данные о водоотводных устройствах, устройствах сигнализации, освещения, вентиляции и т.д. В последующем в паспорт, хранимый в эксплуатирующей организации, вносят изменения, происшедшие в результате капитального ремонта или реконструкции тоннеля.

Карточка тоннеля содержит основные технические характеристики и данные о сооружении. Карточку тоннеля составляет тоннельный мастер по установленной форме на основании данных технической документации, сличенных с фактическим состоянием сооружения. Правильность составления карточки проверяет директор эксплуатирующей организации (директор ДЭП) и утверждает начальник дороги. Карточка составляется в трех экземплярах, первый из которых хранится в ДЭП, второй – в техническом отделе дороги, третий – в отделе искусственных сооружений Управления эксплуатации и сохранности автомобильных дорог Федерального дорожного агентства Министерства транспорта. В конце каждого года тоннельный мастер вносит в карточку тоннеля все изменения, вызванные проведением ремонтно-оздоровительных работ или реконструкции.

Тоннельная книга является важнейшим техническим документом, отражающим текущее состояние тоннеля, обоснованность и целесообразность проводимых ремонтно-оздоровительных работ, контроль инспектирующих лиц за организацией надзора, техническим обслуживанием и ремонтами. Отдельную тоннельную книгу заводят на каждый тоннель. За ведение книги отвечает тоннельный мастер.

Тоннельная книга состоит из отдельных сброшюрованных и пронумерованных бланков, подписывается начальником (директором) эксплуатирующей организации (ДЭП) и хранится в установленном порядке в (ДЭП).

Бланки (разделы) тоннельной книги:

Бланк 1. ***Схема тоннеля.*** Приводятся схема тоннеля с указанием типов обделки, нумерации колец, поперечных разрезов, профиль и план дороги.

Бланк 2. ***Характеристика тоннеля.*** Указываются год постройки, длина тоннеля, категория дороги, габарит, ширина проезжей части, материал и толщина дорожного покрытия, материал обделки, характеристики водоотводных устройств и другого оборудования.

Бланк 3. ***История сооружения.*** Излагаются краткие сведения об особенностях постройки тоннеля, авариях, разрушениях, восстановительных работах, капитальном ремонте, мерах по борьбе с обводненностью, данные об ограничениях скоростей движения с указанием их причин, сроках выдачи и отмены, мероприятиях, способствовавших отмене ограничений.

Бланк 4. ***Стены, своды и порталы.*** Записываются результаты осмотров стен, сводов, порталов тоннеля с детальным описанием повреждений и расстройств, выявленных при осмотрах. По ранее выявленным неисправностям отмечается их состояние и описываются все изменения, происшедшие после предыдущего осмотра, указываются наименование и объем необходимых ремонтных работ.

Бланк 5. ***Внутритоннельный водоотвод и обустройства.*** Приводятся результаты осмотра водоотводных лотков, дренажей, штолен, галерей, колодцев, подходных выемок, надтоннельной поверхности, вентиляционных коллекторов, шахтных стволов. По ранее выявленным неисправностям отмечают их состояние и подробно описывают все изменения, происшедшие после предыдущего осмотра, с указанием объемов ремонтно-оздоровительных работ.

Бланк 6. ***Габарит тоннеля.*** Отмечаются результаты проверки габарита. Все изменения очертания обделки показывают на чертежах поперечных разрезов соответствующих колец тоннеля.

Бланк 7. ***Ремонтные и строительные работы.*** Отражаются работы, произведенные эксплуатирующей или строительной организацией.

Бланк 8. ***Записи инспектирующих лиц.*** Заносятся записи работников управления дороги и Федерального дорожного агентства, производящих осмотр сооружения и проверяющих правильность ведения книги.

Записи в тоннельной книге производят после каждого текущего, периодического или специального осмотра, а также во всех случаях обнаружения каких-либо изменений в состоянии тоннеля, причем все записи должны иметь подпись с указанием даты, должности и фамилии лица, сделавшего запись. При отсутствии неисправностей в тоннеле на соответствующих бланках тоннельной книги делается отметка *«В исправном состоянии»*. Правильность ведения тоннельной книги проверяется начальником (директором) эксплуатирующей организации (ДЭП) при каждом периодическом осмотре тоннеля, о чем делается отметка.

Дело искусственного сооружения содержит исполнительные и другие чертежи вместе с пояснительными записками, иные технические документы, полученные при сдаче тоннеля в эксплуатацию, материалы стационарных наблюдений, акты и отчеты проведенных обследований, карты обводненности и развертки тоннельной обделки с нанесенными на них дефектами. Дело искусственного сооружения вместе с описью имеющихся материалов хранится в эксплуатирующей организации.

2. По итогам содержания тоннелей за год эксплуатирующая организация подготавливает отчет с последующей передачей одного экземпляра в технический отдел управления дороги и второго экземпляра в отдел искусственных сооружений Управления эксплуатации и сохранности автомобильных дорог Федерального дорожного агентства.

Отчет должен содержать структурированную информацию о количестве дефектов разных категорий критичности. К отчету прилагаются сводная ведомость обводненности тоннеля и развертка тоннеля с нанесенными на нее дефектами.

Приложение Е
Методика сбора и систематизации данных натурных обследований тоннелей

1. Исходными данными для анализа технического состояния тоннельных конструкций, обустройств и элементов системы тоннельного перехода являются результаты натурных наблюдений и обследований в рамках организованного надзора за эксплуатируемыми сооружениями.

2. Лица, проводящие обследование, должны быть обеспечены:

- фонарями аккумуляторными (шахтерскими или других типов, обеспечивающих свободу рук при пользовании фонарями);
- строительной рулеткой со стальной лентой длиной не менее 5 м и ценой деления 1,0 мм;
- лазерной рулеткой;
- легким слесарным молотком на ручке длиной 70-80 см;
- шахтерскими касками и сигнальными жилетами;
- средствами ограждения мест обследовательских работ;
- легкими приставными лестницами для осмотра стен до высоты 2,5 м;
- передвижными подмостями, установленными на транспортном средстве, оборудованном проблесковыми маячками и прожекторами.

3. Осмотр стен обделки, проезжей части и обустройств, расположенных в основании тоннеля, производят при пешем проходе по тоннелю и фиксируют обнаруженные дефекты в блокноте (тетради) обследования или на развертке тоннеля.

На развертке или в тетради обнаруженный вид обводнения или дефект изображается условным обозначением (приложение И и приложение К) или словесным описанием в соответствии с классификацией, с отображением параметров:

- расположения по длине тоннеля (в пикетаже или по кольцам) и высоте от верха проезжей части;
- геометрических параметров (ширины, высоты, толщины наледи, количества, их простирания по поверхности обделки, пикетажа начала и конца мест обводнения и др.);
- физических и качественных характеристик (дебита притока воды, агрессивности по отношению к бетону и др.).

4. Осмотр свода тоннеля и перекрытия вентиляционного канала (если таковой имеется) производят при пешем проходе и лишь при

необходимости обрушения опасных наледей и отвода течей работы ведут с передвижных подмостей.

При обнаружении наледи следует зафиксировать место ее нахождения, установить наблюдение за ее развитием и по его результатам принять меры к ее устранению или утеплению.

5. При обследовании сооружений тоннельного перехода выявляют следующие возможные источники поступления воды в тоннель:

- нарушение гидроизоляции, целостности конструкции обделки и ее водонепроницаемости;
- засорение устройств водоотвода (лотков или коллекторов);
- засорение элементов дренажа (трубок, канав, прорезей, скважин, камер);
- промывка тоннеля, тушение пожара;
- нарушения проекта при производстве работ.

6. Нарушения гидроизоляции, целостности конструкции обделки и ее водонепроницаемости определяют по наличию:

- течей, капежа, мокрых пятен;
- ржавых потеков;
- выносов грунта;
- выщелачивания (с образованием сталактитов и сталагмитов).

7. При осмотре внутритоннельного, поверхностного водоотвода и дренажных устройств (лотков и смотровых колодцев, канав, трубок и скважин, камер водосборников и водоотливных установок) определяют степень сохранности и работоспособности конструкций (заиливания, засорения, зарастания травой и кустарником).

Механические повреждения, засорения и перемерзание водоотводных лотков также фиксируются на тоннельной развертке и принимаются меры по организации работ для приведения последних в технически исправное состояние.

При обследовании систем водоотвода, водоотлива и дренажа определяют:

- соответствие расчетных сечений фактическим объемам водосбора;
- объем наледей на проезжей части, тротуарах, в водоотводных устройствах, дренажных устройствах и водосборниках;
- состояние теплоизоляции и нагревающих устройств.

Классификацию течей проводят по интенсивности, наличию напора за обделкой, стабильности во времени (в т.ч. их сезонности),

агрессивности просочившейся воды по отношению к тоннельным конструкциям и оборудованию.

Производительность насосного оборудования проверяют по показаниям приборов (манометров, расходомеров) или при объемной откачке путем сопоставления с паспортными данными водоотливной установки и замеров фактического расхода потребляемой электроэнергии. Выявленные при осмотре водоотливных установок дефекты и характер их проявления заносят в книгу осмотра водоотливных установок.

8. При обследовании тоннельных обделок из сборных железобетонных конструкций следует обращать внимание на продольные и радиальные стыки, где очень часто происходит нарушение герметичности обделки или разрушение (выпадение) чеканочного материала, что обеспечивает свободу проникновения подземных вод внутрь тоннеля.

В сборных обделках из чугунных тюбингов следует проверять состояние чеканки продольных и радиальных стыков, а также уплотнительных шайб в болтовых соединениях. Нарушение чеканки и уплотнений в болтах открывает пути проникновения воды в тоннель.

9. Обследование надтоннельной поверхности и поверхностного водоотвода следует производить в дневное время.

Все результаты проведенного обследования должны быть сравнены с результатами предыдущего обследования с целью определения динамики обводнения тоннеля, а также уточнения параметров и мест их дислокации.

По результатам обследования составляется акт установленного образца (приложение Ж), делаются соответствующие записи в тоннельной книге по выполнению незамедлительных мероприятий и составляется карта обводненности – развертка тоннеля с нанесением обнаруженных мест обводнения (приложение И).

10. Осмотр стен обделки, проезжей части и обустройств, расположенных в основании тоннеля, производят при пешем проходе по тоннелю и фиксируют обнаруженные дефекты в блокноте (тетради) обследования или на развертке тоннеля.

На развертке или в тетради обнаруженный дефект изображается условным обозначением или словесным описанием в соответствии с классификацией (приложение И), с отображением параметров:

- расположения по длине тоннеля (ПК) и высоте от верха проезжей части;

- геометрических параметров (ширины, высоты, глубины раскрытия и угла наклона трещин, их простирания по поверхности обделки, пикетажа начала и конца трещин и др.);

- физических и качественных характеристик (прочности, пористости и устойчивости бетона, следов коррозии и деструкции, пустот за обделкой и др.).

Осмотр свода тоннеля и перекрытия вентиляционного канала (если таковой имеется) производят с передвижных подмостей, перемещаемых по тоннелю со скоростью не более 5 км/ч с остановками для фиксации обнаруживаемых дефектов.

Наличие пустот и слабых мест определяют по характерному глухому звуку при остукивании обделки молотком.

Все обнаруживаемые во время обследования неустойчивые куски бетона, отслоения и шелушащиеся покрытия обделки (слои торкрета и штукатурки) необходимо немедленно обрушать, а подозрительные участки фиксировать для включения в плановые мероприятия.

Шелушение бетона по краям трещин может указывать на возможность их развития, что должно быть отображено в описании дефекта, и служить обоснованием для организации последующих наблюдений за развитием трещины.

Первым этапом наблюдений за развитием трещин является установка гипсовых маяков с фиксацией даты их установки.

В случае разрыва гипсовых маяков, указывающего на развитие трещины, организуют инструментальные наблюдения в течение года для охвата полного цикла природно-климатических факторов и горно-геологических процессов, воздействующих на тоннель.

Измерения величины раскрытия трещин ведут по утвержденному графику с периодичностью, обусловленной динамикой развития дефекта, но не реже одного раза в месяц, а также при очередном периодическом обследовании. В случае активного развития трещин организуют специальное обследование дефектного участка с целью принятия решения по усилению обделки.

Особого внимания требуют развивающиеся продольные, наклонные и дугообразные трещины, причинами возникновения которых, как правило, являются силовые процессы в грунтовом массиве или теле обделки.

При необратимом развитии продольных и наклонных трещин необходимо дополнительно установить инструментальные

наблюдения за смещением стен тоннеля относительно друг друга путем измерения длины хорд.

По высоте поперечного сечения тоннеля измеряют не менее трех хорд (у основания стен на верхнем уровне тротуаров или служебных проходов, пятах свода и в серединах стен). По длине тоннеля количество измеряемых створов определяется техническим состоянием и протяженностью дефектного участка.

Измерение длины хорд рекомендуется выполнять лазерными рулетками по маркам, закрепленным на обделке. По каждой хорде должно быть не менее 5 измерений, после чего результаты усредняются. Лазерные рулетки обеспечивают высокую производительность измерений, стабильность результатов и безопасность при выполнении работ без перерыва движения транспорта по тоннелю.

Развитие дугообразной трещины влечет за собой отслоение участка бетона, оконтуренного ей. В случае обнаружения дугообразной трещины во время обследования следует простучать обделку внутри и снаружи контура трещины. Если имеется бунение, отслоившийся кусок бетона немедленно обрушить или включить в плановые мероприятия с последующим восстановлением целостности обделки.

11. В безобделочных тоннелях особое внимание следует уделять устойчивости грунтов в своде. Процессы выветривания и колебания земной коры являются причиной выпадения отдельных камней. Для оценки устойчивости кровли выработки при обследовании свод остукивают стальной заостренной штангой длиной 2-2,5 м в стороне от передвижных подмостей, исключая падение на них кусков обрушаемого грунта.

12. В тоннелях с облицовочной обделкой из торкрета или набрызг-бетона по анкерам отслаивающаяся облицовка должна быть немедленно обрушена, проверены устойчивость грунтов на обнаженном контуре, а также закрепление и натяжение анкеров с целью исключения смещения кровли. При необходимости следует наметить места дополнительного анкерования с последующим восстановлением облицовки.

13. При обследовании тоннельных обделок из сборных железобетонных конструкций в первую очередь следует обращать внимание на наличие трещин по телу сборных элементов (блоков, тюбингов), которые, как правило, имеют силовую природу

возникновения. Также следует обращать внимание на продольные и радиальные стыки, где возникают трещины, нарушающие герметичность обделки или происходит разрушение (выпадение) чеканочного материала, что обеспечивает свободу проникновения подземных вод внутрь тоннеля.

В случае возникновения большого количества трещин в сборных элементах одного или нескольких колец подряд следует установить наблюдения за их эллиптичностью.

Эллиптичность колец устанавливается по результатам измерений горизонтального, вертикального и косых (под углом 45^0 к горизонту) диаметров. Измерения следует производить методом тахеометрии, в исключительных случаях допускается измерение лазерной рулеткой по установленным маркам.

При прогрессирующем укорочении вертикального диаметра и изменениях длины других диаметров требуется срочное проведение специального обследования с привлечением научно-исследовательских и проектных организаций для решения вопросов усиления или переборки обделки.

14. В сборных обделках из чугунных тюбингов последствиями силовых воздействий являются трещины в спинках и ребрах, а также расстройство или разрыв связей растяжения, приводящие к образованию эллиптичности.

Во время обследования обделок из сборных чугунных тюбингов следует проверять состояние чеканки продольных и радиальных стыков, а также уплотнительных шайб в болтовых соединениях. Расстройство чеканки и уплотнений на болтах открывают пути проникновения воды в тоннель. Также следует обращать внимание на коррозию как крепежа, так и самих тюбингов, имеющую вероятность возникновения в определенных сочетаниях агрессивности подземных вод, загазованности атмосферы и наличия блуждающих токов.

15. Обследование конструкций наземных сооружений, порталов, подходов к тоннелю и надтоннельной поверхности следует производить в дневное время, желательно в сухую ясную погоду.

Все результаты проведенного обследования должны быть сравнены с результатами предыдущего обследования с целью определения возможности развития дефектов, а также уточнения их параметров и дислокации дефектов.

По результатам обследования составляется акт установленного образца, делаются соответствующие записи в тоннельной книге по выполнению незамедлительных мероприятий и составляется карта – развертка тоннеля с нанесением обнаруженных дефектов (приложения Ж, И, Е).

Приложение Ж

Акт по результатам обследования автодорожного тоннеля

(наименование тоннеля и его код)

1. Дата проведения обследования:
2. Оценка технического состояния тоннеля в целом:
3. Эксплуатационная скорость автотранспорта:
4. Оценка технического состояния объектов тоннельного перехода

№№ п.п.	Наименование обследованных объектов и инженерных систем	Техническое состояние. Оценка
1	Тоннельная обделка	
2	Порталы	
3	Проезжая часть	
4	Тротуары, служебные проходы (сбойки. рассечки)	
5	Сервисная штольня (РТШ – ВДШ)	
6	Гидроизоляция	
7	Водоотвод	
8	Энергоснабжение	
9	Вентиляция	
10	Освещение	
11	Электрооборудование	
12	Автоматика, сигнализация, связь, телевидение, громкоговорящее оповещение	
13	Противопожарная защита	
14	Охрана окружающей среды	

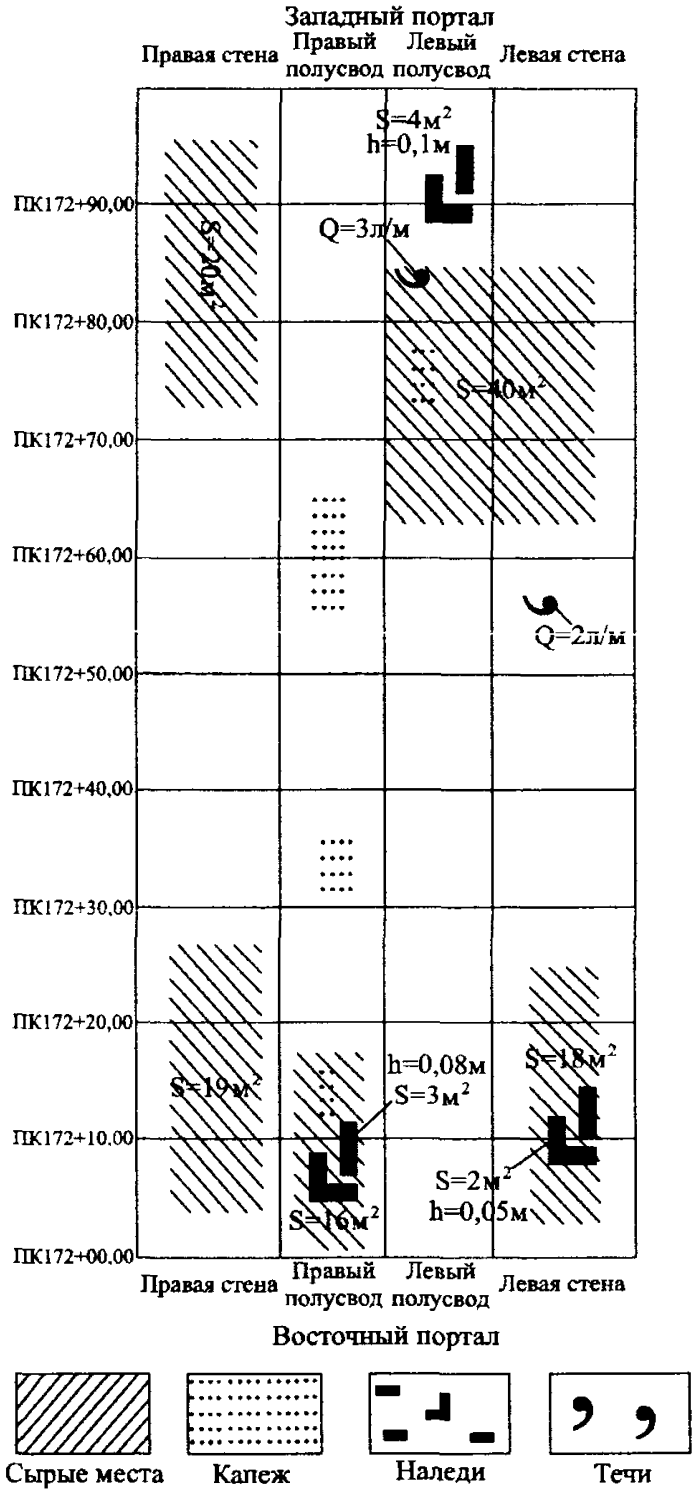
5. Наиболее значимые дефекты:

6. Рекомендации:

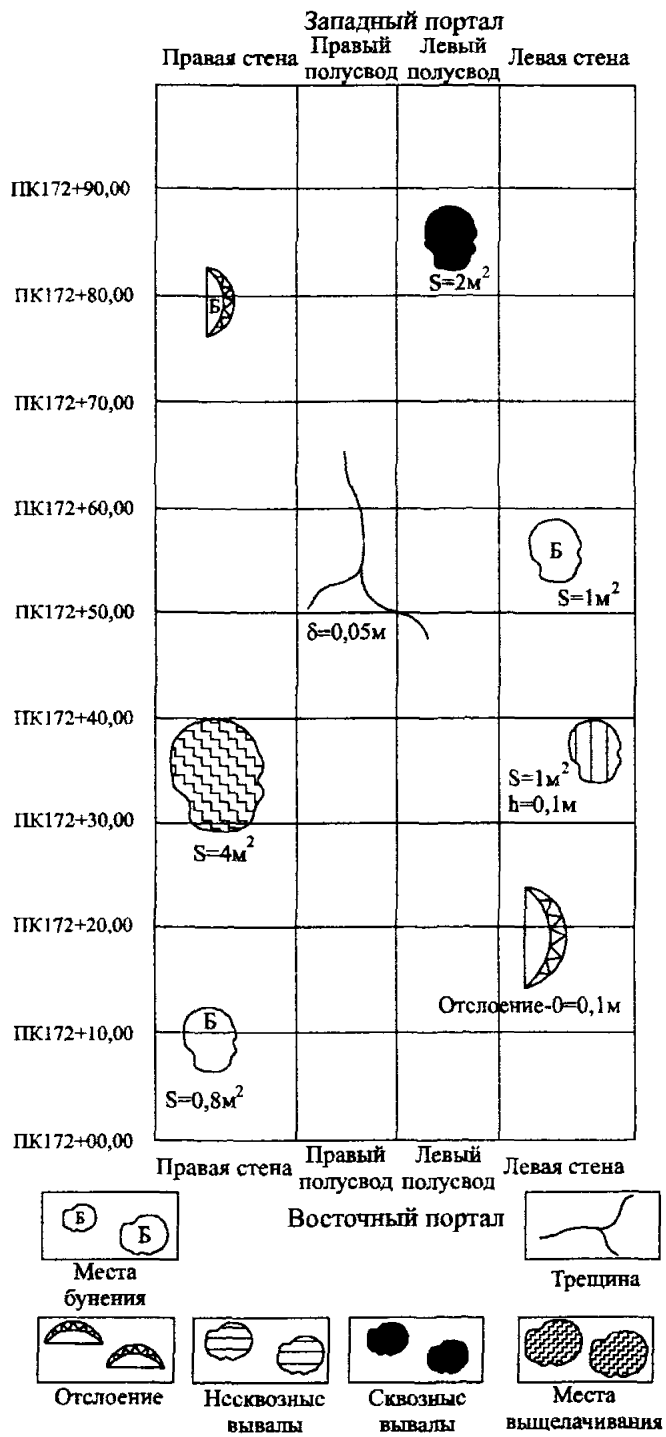
Руководитель организации,
проводившей обследование _____

(Фамилия, имя, отчество)

Приложение И
Пример карты-развертки обводненности



Приложение К
Пример карты-развертки с нанесенными дефектами



УДК 624.19: 625.1

Ключевые слова: тоннельное пересечение, безопасность систем, анализ видов и последствий отказов, критичность отказов, потребительские свойства, транспортно-эксплуатационное состояние, риск, ремонт, реконструкция

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
Раздел 1. Область применения 4
Раздел 2. Нормативные ссылки 4
Раздел 3. Термины и определения 5
Раздел 4. Общие положения 9
Раздел 5. Классификация дефектов и отказов 10
5.1 Классификация по признаку «вид дефекта» 11
5.2 Классификация последствий отказов 12
5.3 Классификация отказов по критичности 14
Раздел 6. Методика оценки транспортно-эксплуатационного состояния тоннельных переходов (ТЭС ТП) 15
6.1 Предпосылки оценок; состав исходных данных 15
6.2 Технический уровень тоннельного перехода 17
6.3 Техническое состояние тоннельного перехода (ТС ТП) 19
6.4 Сравнительные оценки изменений в техническом состоянии тоннельного перехода 28
6.5 Транспортно-эксплуатационное состояние тоннельного перехода (ТЭС ТП) 30
Приложение А. Структурная схема тоннельного перехода. Функции, их параметры и характеристики. 31
Приложение Б. Пример анализа транспортно-эксплуатационного состояния тоннельного перехода 37
Приложение В. Пример расчета оценки технического состояния тоннельных конструкций и обустройств 48
Приложение Г. Организация надзора в автодорожных тоннелях 55
Приложение Д. Техническая и отчетная документация на эксплуатируемый тоннель 58
Приложение Е. Методика сбора и систематизации данных натурных обследований тоннелей 61
Приложение Ж. Акт по результатам обследования автодорожного тоннеля 68
Приложение И. Пример карты-развертки обводненности 69
Приложение К. Пример карты-развертки с нанесенными дефектами 70
Ключевые слова 71

Подписано в печать 30.04.2009 г. Формат бумаги 60х84 1/16.
Уч.-изд.л. 4,3. Печ.л. 4,8. Тираж 400. Изд. № 1001. Ризография № 500.

Адрес ФГУП "ИНФОРМАВТОДОР":
129085, Москва, Звездный бульвар, д. 21, стр. 1
Тел.: (495) 747-9100, 747-9105, тел./факс: 747-9113
E-mail: gost.e-ecolog.ru
Сайт: gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru