

Противопожарная защита тоннелей и подземных транспортных сооружений

Объёмы строительства тоннелей возрастают год от года и необходимость применения огнезащиты становится все более и более актуальной.

Растущий уровень грузоперевозок приводит к повышению вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций. В добавлении к этому следует указать дополнительные факторы, которые увеличивают потенциальные риски в тоннелях:

- увеличение длины современных тоннелей;
- перевозки горючих и опасных материалов;
- строительство тоннелей со встречным движением;
- высокая плотность движения на трассе;
- повышение средней скорости движения в тоннелях.

Необходимость обеспечения противопожарной защиты в тоннелях вызвана, прежде всего, следующим.

Во-первых - это вопрос безопасности людей. И речь идет не столько о предотвращении разрушения самого тоннеля, что, конечно, создает угрозу для жизни людей, сколько об обеспечении работоспособности систем жизнеобеспечения при аварийной ситуации - аварийного освещения, дымоудаления, сигнализации и оповещения о пожаре, пожаротушения и т.д.

Во-вторых, это предотвращение разрушения тоннельных конструкций. При разрушении тоннеля ущерб может быть нанесен, как напрямую, так и косвенно, из-за перекрытия путей эвакуации и/или путей для подъезда пожарных расчетов.

В-третьих, это экономический эффект. Экономический эффект достигается существенным снижением стоимости ремонтных работ в случае возникновения пожара в тоннеле, если были применены огнезащитные технологии при его строительстве. Однако даже большее значение может иметь воздействие на экономическую ситуацию района, который этот тоннель обслуживает. При остановке работы тоннеля, изменяются маршруты грузопотоков, ухудшается экологическая обстановка в прилегающих областях, нарушается их инфраструктура и т.д.

Пожар в тоннеле - специфический, с весьма тяжелыми последствиями. Ограниченные возможности эвакуации и сложность доступа пожарных расчетов к очагу пожара требуют очень качественной проработки и реализации мероприятий по обеспечению безопасности в тоннелях. Поэтому сохранение целостности тоннельных конструкций, в отличие от объектов гражданского и промышленного строительства, является одной из важнейших целей применения огнезащитных материалов и технологий.

Что происходит с конструкцией тоннеля при пожаре

При пожаре в тоннеле температура может подняться свыше 1300°C за несколько минут. По сравнению со стандартными пожарами, такой режим нагрева стоит особняком, в условиях которого конструкции испытывают сильнейший термический удар.

Существуют различные температурные графики набора и развития пожара в тоннелях. В соответствии с некоторыми из них, максимальная температура может подниматься до 1400°C. Это очень важный аспект, так как многие огнезащитные материалы не могут обеспечить защиту конструкций при температурах свыше 1200°C.



Во время нагрева возникают внутренние напряжения по площади сечения конструкции. Разность температур, различные значения давления водяного пара внутри конструкции приводят к механическим напряжениям, которые могут быть причиной разрушения бетона, т.н. скалывания бетона.

Однако скалывание бетона лишь одна из причин. Также причинами разрушения бетона во время пожара являются внутреннее трещинообразование, пластические деформации, а также фазовые химические переходы. Все это приводит к тому, что конструкции тоннеля теряют свои прочностные свойства и разрушаются.

Типы пожаров в тоннелях

Пожары в тоннелях могут быть различного типа. Это может быть стандартный целлюлозный пожар, вызванный горением бумаги, дерева или высокоинтенсивный углеводородный пожар, возникающий при горении пропана с температурой 1350°C и тепловыделением до 300 кВт на м². Источниками возгорания могут быть, как небольшой автомобиль с низкой тепловой нагрузкой, так и грузовой тягач с цистерной, наполненной горючими нефтепродуктами. Пожары в тоннелях Европы, таких как Монт-Блан, Таурен, Сент-Готтард и Шаннель в первую очередь показывают, что интенсивность реального пожара может быть гораздо выше, чем ожидалось. Разрушение конструкций



тоннеля, долгий период его ремонта и, как следствие, потери доходов от его остановки, могут иметь катастрофические экономические последствия. Для отдельных видов тоннелей, например, для тоннелей погружного типа, потеря изоляционной способности стыков тоннеля может привести к его уничтожению.

Категории средств огнезащиты тоннелей

На сегодняшний день, средства огнезащиты делятся на 2 основные категории. Это активная и пассивная защита.

Активная огнезащита реагирует на изменения условий окружающей среды при возникновении пожара, такие как повышение температуры, задымление и прочие, и призвана контролировать процесс пожара. Обычно это делается с помощью пожарных гидрантов, спринклерной системы и т.п. Активная защита без сомнения очень эффективна, но объективным ее недостатком является зависимость от каждого из множества различных составляющих этой системы. Это могут быть кабельные линии, датчики, управляющие механизмы, трубопроводы и т.д. Любое разрушение, в том числе и при пожаре, механизмов водообеспечения, водных клапанов, кабельных линий или простое «игнорирование» сигнала датчиками, могут привести к сбою работы всей системы. Таким образом, было бы неблагоразумным обеспечивать пожарную безопасность тоннеля с помощью единственной системы, которая не может обеспечить 100 % гарантию.

Пассивная огнезащита не требует специального обслуживания и при пожаре защищает конструкции и оборудование тоннеля, в том числе и системы активной огнезащиты, от разрушения, как при прямом воздействии пламени, так и предотвращает его распространение. Такая защита в случае пожара может гарантировать обеспечение значительного времени для эвакуации людей из тоннеля. Применение пассивной защиты также дает время для прибытия пожарной службы к месту возгорания и обеспечивает их безопасность в процессе тушения пожара.

Для обеспечения пожарной безопасности в тоннеле необходимо использовать оба типа защиты.

Критерии определения материалов для пассивной защиты тоннелей

Вид и применение материалов для пассивной защиты тоннелей в первую очередь основывается на прогнозируемом виде кривой роста температуры при пожаре. Кроме того, важное значение имеют требования к пределу огнестойкости конструкции или критерии температурного разрушения системы, которая требует защиты. Таким образом, эта необходимость предписывает различный дизайн пожарной кривой в проекте защиты тоннеля совместно с критерием термического разрушения. Критерий термического разрушения может быть произведен из натуральных испытаний и тестов. Зачастую в проектной документации тоннеля указывается только Уровень Теплового Излучения и продолжительность пожара, без какого-либо указания на тип кривой пожара. Это вызывает вопросы: как соотносить эти параметры к типу сертифицированной пожарной кривой, для которой испытывался тот или иной материал? Какой пожарной кривой соответствует, например, уровень теплового излучения 100 МВ на 240 минут? Какой материал, какой толщины и с какими характеристиками необходимо применять для обеспечения пожарной безопасности?

Факторы, влияющие на характеристики пожара

На характеристики пожара влияют множество факторов, которые необходимо учитывать при определении способов пожарной защиты тоннелей. Вот некоторые из них:

1. Место возгорания

В случае, когда источник возгорания расположен поблизости от выхода из тоннеля, тепло может непосредственно уходить и рассеиваться в атмосфере. Если пожар происходит в центре или на значительном расстоянии от выходов из тоннеля, тогда тепловой поток «застревает» и начинает разогревать стены и свод тоннеля, которые в свою очередь отражают тепло обратно в тоннель.

Также, большое значение имеет длина тоннеля. В небольших тоннелях тепло, выделяемое при пожаре, будет быстро уходить через оба конца тоннеля, снижая при этом температуру пожара в тоннеле.

2. Скорость вентиляции

Система вентиляции тоннеля является очень важной составляющей создания целостной картины пожара.

Результаты полноценных тестов пожара в тоннелях показывают, что при увеличении степени воздухообмена в зоне возгорания, размер пожара значительно увеличивается, что может потенциально способствовать распространению пламени от одного транспортного средства к другому. Увеличение скорости воздушного потока приводит к увеличению содержания кислорода воздуха в зоне возгорания, что дает пламени разгораться более интенсивно, в тоже время, при этом происходит повышение потребления горючего топлива, что уменьшает время продолжительности пожара. Низкая степень воздухообмена снижает размер пожара, но увеличивает его длительность.

Также на силу пожара и его продолжительность могут влиять методы и тип вентиляции тоннеля.

Скорость вентиляции влияет на температуру дымовых газов в тоннеле. Для пожара, определенного размера и продолжительности, увеличение скорости вентиляции будет способствовать уменьшению температуры газа вне зоны пожара и, как следствие, снижению дополнительного нагрева конструкций тоннеля вне зоны пожара.

3. Уклон тоннеля

Уклон тоннеля влияет на так называемый эффект дымовой трубы. Если тоннель не имеет уклона, тепло и дым будут распространяться через тоннель в разных направлениях, в зависимости от направления вентиляции. Там, где низкая скорость вентиляции, тепло будет наращиваться в зоне пожара, приводя к увеличению температуры пожара.

Там, где есть уклон 5%, например, тепло и дым будут подниматься вверх. Если вентиляция идет в этом же направлении, то тепло будет уходить от зоны пожара значительно быстрее, понижая температуру в зоне пожара.

4. Площадь поперечного сечения тоннеля

Пожар в тоннелях большого поперечного сечения будет расти с более низким выделением тепла, чем для тоннеля меньшего поперечного сечения. В больших тоннелях объем воздуха, который необходим для разогрева, и также площадь поверхности стен и потолка больше, таким образом тепло абсорбируется больше.

5. Длительность пожара

Количество и тип воспламеняемых материалов, будет напрямую влиять на продолжительность пожара и на рост температуры в первые минуты возгорания.

Если все параметры, приведенные выше, известны, может быть выполнен расчет гидро- и газодинамики, демонстрирующий понимание развития температуры при определенных пожарных сценариях.

Однако невозможно спроектировать тоннель с учетом всех возможных сценариев развития пожара.

Все вышесказанное показывает, что, хотя Уровень теплового излучения – это очень важный параметр для проектирования пожарной безопасности в тоннелях, однако этот параметр не может быть и не должен быть использован как единственный определяющий фактор.

Поведение железобетона при пожаре

Поведение железобетона при пожаре обусловлено поведением его составляющих компонентов – цементного камня, наполнителей и стальной арматуры.

Основной причиной разрушения бетона при пожаре является наличие свободной воды в микропорах цементного камня. При пожаре, вода в порах из жидкого состояния переходит в парообразное. Этот процесс характеризуется повышением давления в порах и приводит к разрушению целостности цементного камня.

Помимо этого, разрушению железобетонных конструкций при нагреве способствуют:

- возникновение внутреннего давления/напряжения из-за разницы температур в объеме и на нагреваемой поверхности;
- внутренние разрушения из-за разницы в коэффициентах температурного расширения цемента, наполнителей и арматуры;
- появление различных противоположно направленных деформаций, составляющих железобетона;
- повышение пластичности конструкций;
- разрушение химической структуры связующего.

Разрушение бетона характеризуется скалыванием участков поверхности. При этом различают следующие виды разрушения в течение пожара:

- взрывное скалывание бетона;
- мелкое «отшелушивание» покрытия;
- скалывания углов конструкции;
- разрушение в процессе/после остывания конструкции.

Скорость разрушения бетона, и потеря прочности железобетонной конструкции зависят от многих факторов, в том числе и от состава самого бетона. Обычный бетон с влажностью менее 3% начинает разрушаться уже через 5-30 минут после начала пожара.

Огнезащитные облицовки Promat для тоннельных сооружений

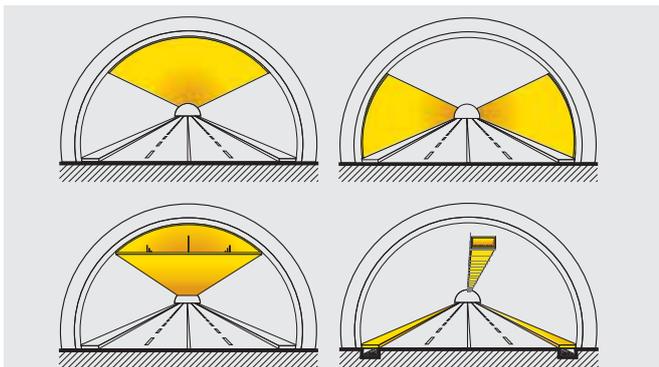


Схема А – облицовка стен и потолочной зоны, промежуточный потолок для устройства вентиляции, кабельные каналы

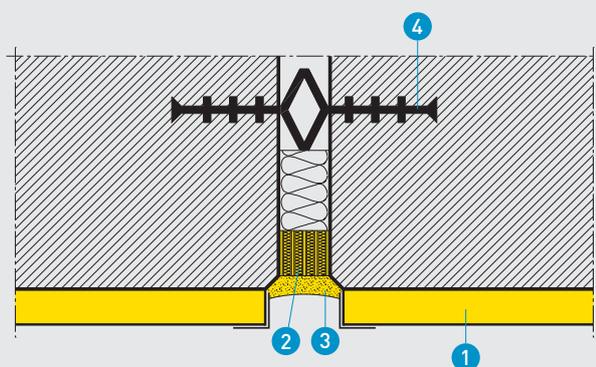


Схема В – деформационный шов

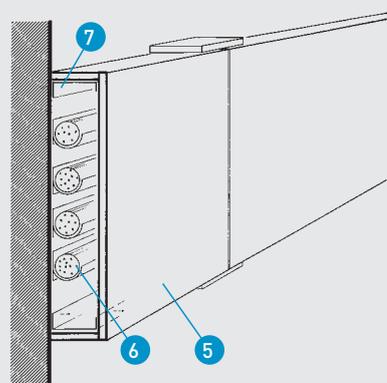


Схема С – кабельный канал

Технические данные

1. облицовка из плит PROMATECT®-H
2. защита стыка PROMASEAL®-PL
3. силикон PROMASEAL®
4. лента для уплотнения стыков, например, из ПВХ
5. канал кабельный из плит PROMATECT®-H
6. электрокабель
7. профиль из листовой стали для крепления

Сертификация: заключения экспертизы и сертификаты испытаний из Германии, Бельгии, Нидерландов и США

Общие указания

Наряду с облицовкой стен и потолка, в тоннельных сооружениях защищают от возможного пожара: электрокабель, коммуникации, пути эвакуации, вентиляционные каналы, уплотнения деформационных стыков и т. д. В качестве примера в каталоге представлена облицовка и кабельные каналы из плит PROMATECT®-H, а также защита уплотнения в деформационных стыках. Запрашивайте наш технический отдел по разработке решения для Вашего объекта.

Схема А

Под воздействием очага пожара на железобетонные конструкции происходит выкрашивание бетона. Это может привести к уменьшению защитного слоя или к полному обнажению стальной арматуры и преждевременной потере конструкцией несущей способности. Для защиты железобетонных конструкций применяют тоннельные плиты PROMATECT®-H. При соответствующей толщине плитной облицовки обеспечивается предел огнестойкости железобетонной обделки тоннеля до REI 180. Плиты могут крепиться к обрешетке (например, из стенового профиля или полос из самих плит) или непосредственно к бетону на стальных дюбелях. При необходимости поверхность плит обрабатывают соответствующими защитными составами.

Схема В

Герметичность деформационных швов обеспечивается эластичными уплотнителями (4). Существует опасность того, что уже при незначительном пожаре, не причиняющем железобетонным конструкциям вреда, уплотнители будут повреждены или разрушены. Для их защиты применяется стыковой элемент PROMASEAL®-PL (2). Схемы см. конструкцию 482.20.

Схема С

Важные инженерные коммуникации и оборудование должны сохранять свою работоспособность как раз в случае пожара. Кабельные каналы из плит PROMATECT®-H – лучшее решение защиты кабеля и электрической проводки.

Огнезащитные штукатурки Promat для тоннельных сооружений

Для предотвращения разрушения железобетонных конструкций компания Promat предлагает различные конструктивные решения на основе огнезащитной штукатурки Fendolite® MII, обеспечивающей предел огнестойкости железобетонных конструкций обделки тоннеля до REI 180.

Огнезащитное покрытие Fendolite® MII, помимо сертификатов РФ имеет различные международные сертификаты на углеводородные пожары в условиях тоннеля и рекомендуется для применения снаружи помещений, в тоннелях и на объектах промышленного и гражданского строительства.

Огнезащитная штукатурка Fendolite® MII наносится только механизированным способом методом мокрого торкретирования.

Толщина защитного штукатурного слоя определяется исходя из заданного предела огнестойкости, значения нагрузки на конструкцию, типа конструкции и прочих факторов. Более подробно вопросы подбора необходимой толщины слоя описаны в Технологических регламентах, выдержки из которых представлены в соответствующих разделах каталога.

Технологические регламенты предоставляются по запросу в технический отдел компании Promat.

Проектирование и производство работ по огнезащите конструкций должны осуществляться организациями, имеющими лицензию на данные виды деятельности (Постановление правительства РФ от 21.03.2002 № 174).