

Г.О. СМИРНОВА,
ведущий научный сотрудник
НИЦ «Тоннели и метрополитены»
АО «ЦНИИС»

Обеспечение нормативных сроков службы, эксплуатационной надежности и долговечности сооружений путем защиты их от поступления грунтовых вод через ограждающие конструкции является основным назначением гидроизоляции подземных сооружений.

Оценку пригодности новых материалов для гидроизоляции конструкций и тампонажных смесей для заполнения строительного зазора при сооружении подземных транспортных объектов необходимо выполнять с учетом рекомендаций нормативной документации на такие виды работ и соблюдением существующего порядка подготовки документов, разрешающей их применение в метро-и тоннелестроении.

НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ И ПОРЯДОК ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В МЕТРО- И ТОННЕЛЕСТРОЕНИИ

Возросшие за последнее время объемы подземного транспортного строительства, в частности, в Москве, в сложных инженерно- и гидрогеологических условиях требуют обоснованного подхода к выбору материалов для гидроизоляции конструкций подземных сооружений. Если говорить о метро- и тоннелестроении, то это, в первую очередь, относится к подземным сооружениям открытого способа работ.

Гидроизоляция тоннелей и метрополитенов при закрытом способе работ, сооружаемых преимущественно механизированными тоннелепроходческими комплексами, обеспечивается за счет высокой водонепроницаемости бетона блоков (W12) и герметизации стыков между блоками обделки путем обжатия резинового уплотнительного контура, установленного по периметру боковой поверхности каждого блока и находящихся в упруго сжатом состоянии весь период эксплуатации тоннелей. Дополнительным

элементом гидроизоляции в этом случае служит эффективное заполнение строительного зазора при проходке тоннелей и характеристики используемого тампонажного материала.

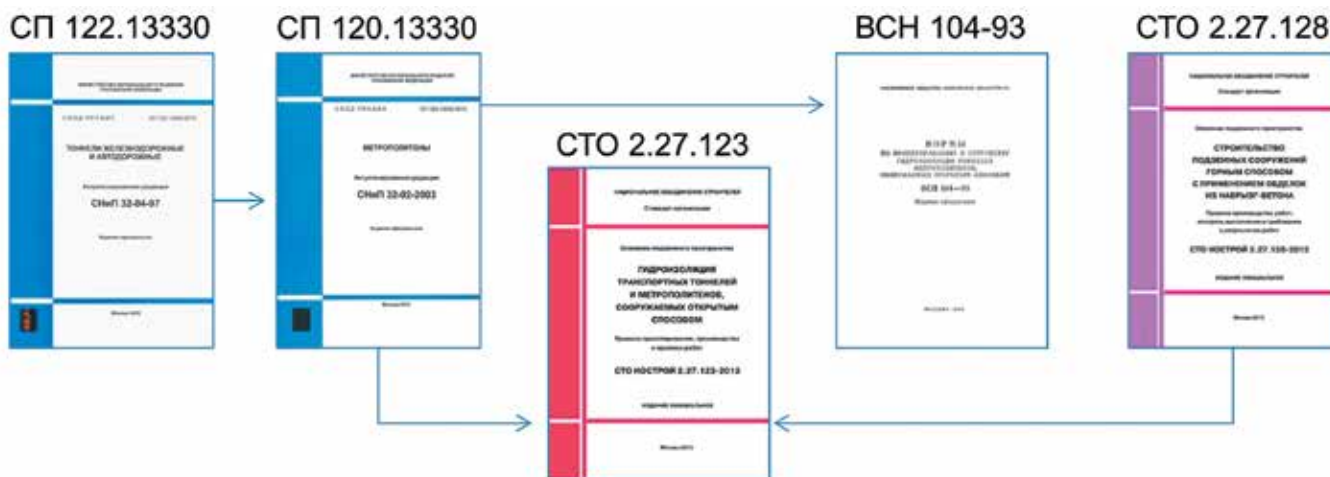
Для устройства гидроизоляции подземных сооружений метрополитена открытого способа работ существует ряд технологий, применение которых регламентируется действующими на настоящий момент нормативными документами (представлены на рисунке).

Нормативная база подземного строительства при открытом способе работ

На основании многолетнего опыта исследований гидроизоляционных материалов, подготовки нормативно-технологической и проектной документации по устройству гидроизоляции подземных транспортных

Нормативная документация

1. По гидроизоляции подземных транспортных сооружений



2. По заполнению строительного зазора при сооружении тоннелей и метрополитенов

Таблица 1.
Технические требования к материалам для гидроизоляции конструкций тоннелей и метрополитенов

Характеристики материала	Показатели для материалов		ГОСТ, раздел ГОСТ на испытания
	битумно-полимерных (на основе полотна из полимерных волокон)	полимерных (безосновных)	
Условная прочность, МПа, не менее	не нормируется	10	ГОСТ 2678, п.3.4
Разрывная сила при растяжении, Н, не менее	600	не нормируется	ГОСТ 2678, п.3.4
Относительное удлинение при разрыве, % [*]	30–40	150–200	ГОСТ 2678, п.3.4
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1	1	ГОСТ 2678, п.3.10
Водонепроницаемость при гидростатическом давлении, МПа, не менее	0,2	0,3	ГОСТ 2678, п.3.11
Температура хрупкости вяжущего, °С, не выше	минус 25	минус 50	ГОСТ 2678, п.3.11
Гибкость на брусе с закруглением радиусом 10±0,2 мм, не выше	минус 15	минус 40	ГОСТ 2678, п.3.9
Теплостойкость, °С, в течение 2 ч, не ниже	85	85	ГОСТ 2678, п.3.12
Адгезия к бетону, МПа, не менее ^{**}	0,5	0,5	ГОСТ 28574, ГОСТ 26589
Химическая стойкость (снижение условной прочности и относительного удлинения или разрывной силы при воздействии солей, кислот, щелочей, бензина, минеральных масел и др.), %, не более ^{***}	10	10	ГОСТ 2678, п.3.4
<i>Примечания</i>			
[*] Определяется условиями эксплуатации тоннеля			
^{**} За исключением гидроизоляционных мембран, не имеющих адгезии к железобетонным конструкциям			
^{***} Для гидроизоляции тоннельных конструкций, подверженных воздействию агрессивных сред			

сооружений открытого способа работ НИЦ ТМ АО «ЦНИИС» в развитие СП 120.13330 (СП 120.13330-2015 0 (СНиП32-02-2003) Метрополитены) на базе ведомственного документа ВСН 104-93 «Нормы по проектированию и устройству гидроизоляции тоннелей метрополитенов открытого способа работ», разработал стандарт организации СТО НОСТРОЙ 2.27.123-2013. «Гидроизоляция транспортных тоннелей и метрополитенов, сооружаемых открытым способом».

Документ учитывает большой объем предлагаемой строительным рынком номенклатуры современных гидроизоляционных материалов и технологий, определяет требования к физико-механическим характеристикам разных видов гидроизоляционных материалов — битумно-полимерных материалов, полимерных мембран, напыляемых систем и области их применения, порядка ведения гидроизоляционных работ и контроля их качества.

В обязательных к применению по Федеральному закону «Технический регламент

о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 №384-ФЗ пунктах раздела 5.6 СП «Метрополитены» кратко даны общие положения по устройству гидроизоляции, перечислены основные виды ее и дана таблица требований к материалам для гидроизоляции конструкций открытого способа работ. По вопросам проектирования и устройства гидроизоляции СП отсылает к упомянутому выше СТО НОСТРОЙ в котором, в зависимости от вида гидроизоляционного материала, определены основные положения по выбору конструктивных и технологических решений и условий устройства гидроизоляции, приведены методики испытаний материалов и контроля качества при производстве работ.

Еще один нормативный документ — СТО НОСТРОЙ 2.27.128-2013. «Строительство подземных сооружений горным способом с применением обделок из набрызгбетона», регламентирующий устройство гидроизоляции мембранного типа или методом напыления на тоннельные конструкции

при строительстве подземных сооружений горным способом с применением обделок из набрызгбетона, по вопросам выбора, требованиям к материалам, устройству гидроизоляции и контролю ее качества также отсылает пользователей к стандарту по открытому способу работ.

Нормативная база подземного строительства при закрытом способе работ

Что касается гидроизоляции тоннельных сооружений закрытого способа работ, кроме упомянутой выше технологии возведения обделки из набрызгбетона, необходимо обратить внимание на дополнительную гидроизоляцию обделок тоннелей, которая обеспечивается за счет эффективного заполнения тампонажным материалом строительного зазора при проходке выработок.

В этом случае речь идет о тампонажных растворах для первичного нагнетания за об-

Таблица 2.
Требования к тампонажным растворам для нагнетания за обделку

Наименование показателей тампонажных растворов	Вид раствора			Методика измерения показателя
	на основе цемента	бесцементные	двухрастворная система (компоненты А и Б)	
Плотность раствора, т/м ³	1,4–1,8		1,2–1,4 (А)	ГОСТ 5802
Условная вязкость *1, с, не более	—	—	150	ГОСТ 33213
Подвижность (растекаемость), см	12–30	—	—	ГОСТ 31356
Подвижность (по осадке конуса), см	—	15–20	—	ГОСТ 10181
Жизнеспособность (осадка конуса) через 24 ч, см	—	7–10	—	ГОСТ 10181
Срок годности*2 (жизнеспособность) через 72 ч, не менее	—	—	95–100	ГОСТ 31356
Водоотделение в %, в течение: 1 ч, не более	2,0	—	—	ГОСТ 26798.1
2 ч, не более	—	1,0	2	
Водоотделение под давлением 0,1 МПа через 1 ч, %	—	2–10	—	ТУ 5745-001-40279705-05
Выход тампонажного камня, %	95–100	—	—	ВСН 132-92
Сроки схватывания: ■ начало, мин, не ранее ■ окончание, ч, не более	40 3	—	(А+Б) 40–50 с	ГОСТ 310.3
Пластическая прочность раствора (через 1 ч), МПа	—	0,03–0,05	—	ГОСТ 5802
Прочность на сжатие тампонажного камня, МПа, не менее	3,0	0,3–0,5	(А+Б) 2–5	ГОСТ 5802
Примечания:				
*1) Условная вязкость определена по воронке ВБР-1				
*2) Срок годности определяется по показателю подвижности раствора				

делку, приготовленных из сухих смесей или отдельных строительных материалов. Работы по проектированию и производству работ по нагнетанию растворов за тоннельную обделку, согласно СП «Метрополитены», регламентируются двумя нормативными документами — ВСН 132-92. «Правила производства и приемки работ по нагнетанию растворов за тоннельную обделку» и СТО НОСТРОЙ 2.27.19-2011. «Сооружение тоннелей тоннелепроходческими механизированными комплексами с использованием высокоточной обделки».

Все проектные решения на проведение работ по заполнению строительного зазора — выбор составов тампонажного раствора в зависимости от гидрогеологических условий трассы, порядок их приготовления и нагнетания, контроль качества работ для конкретного объекта — определяются, как правило, Технологическим регламентом на проходку тоннелей.

Возникающие проблемы

Так как технологические регламенты часто разрабатываются организациями без достаточного опыта и квалификации в этом вопросе, а иногда и подразделениями строительных фирм, надеяться на соблюдение нормативных требований к тампонажным растворам (табл. 2) и выбору их для конкретных условий строительства не приходится. Тем более что разработкой новых и модификацией существующих тампонажных материалов часто занимаются фирмы, предприятия и строительные лаборатории, не имеющие отношения к подземному транспортному строительству, например, лаборатории строительных материалов, занимающиеся цементами, бетонами, минеральными порошками и даже асфальтобетонными смесями, требования к которым никак не совпадают с требованиями к тампонажным растворам.

Набор и наименование контролируемых характеристик растворов, составы тампонажных растворов в таких случаях принимается произвольно, ГОСТы и методики, которым необходимо следовать при испытании материалов, часто не указаны или не соответствуют принятым нормативам. Все это затрудняет оценку пригодности предлагаемых для приготовления тампонажных растворов сухих смесей, вяжущих, составов растворов.

Как нормируются инновации?

Фирмы-производители гидроизоляционных материалов, в том числе, смежных областей строительного комплекса (например, гражданского), предлагают различные по техническим, физико-механическим характеристикам материалы, часто не зная или не учитывая повышенные требования подземного строительства к качеству гидроизоляционных материалов (табл. 1). С просьбами о замене проектных решений по гидроизоляции конструкций на новые материалы или технологии нередко обращаются и строительные организации.

Во всех случаях для применения новых материалов в подземном строительстве, даже в опытным порядке, требуется наличие документов, разрешающих и обосновывающих их применение. Такие документы, в виде «заключений» или «рекомендаций», могут быть подготовлены только после проверки профильными НИИ (например, НИЦ ТМ АО «ЦНИИС») заявляемых производителями характеристик материалов на соответствие их требованиям нормативной документации.

Заключения или рекомендации разрабатывают на основе исходной документации по материалу (ТУ, сертификатов и приложений к нему — протоколов и актов испытаний, технических описаний технологии, оборудования и т.п.), а если таковых нет, то после испытаний материала с определением всех нормируемых показателей и оформления соответствующей документации на материал. Только после опытно-производственного устройства гидроизоляции из предложенного материала, отработки технологии и контроля качества гидроизоляционного покрытия на объекте материал может быть рекомендован для гидроизоляции конструкций подземного сооружения.

Проектные и строительные организации, имеющие достаточный опыт проектирования и строительства тоннелей и метрополитенов, к которым обращаются разработчики новых материалов, как правило, отсылают их за

Таблица 3.

Испытания и разработка нормативно-технологической документации на применение строительных материалов в метро— и тоннелестроении

Испытания и сертификации материалов Аттестат аккредитации № RA.RU.21A557, выдан 25.06.2015 Федеральной службой по аккредитации на соответствие ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009					
Испытания и оценка качества материалов с определением физико-механических и реологических характеристик:					
Гидроизоляционных материалов для подземного транспортного строительства		Тампонажных смесей и растворов для заполнения строительного зазора		Инъекционных растворов для укрепления грунтов на основе цементов, силикатов, смол	Бентонитовых материалов для пригрузки забоя, устройства «стен в грунте», микротоннелирования, ГНБ, гидроизоляции подземных сооружений
Подготовка: заключений по составам и характеристикам материалов, сертификатов соответствия качества материалов нормативной документации					
Разработка нормативно-технологической документации: технических условий на материалы, технологических регламентов на производство работ для конкретных строительных объектов, стандартов организаций (СТО), рекомендаций на применение материалов в метро— и тоннелестроении, проектно-сметной документации, нормативной документации (СП, ГОСТ)					

получением заключений или рекомендаций по предлагаемым материалам в НИЦ ТМ АО «ЦНИИС» (или АО «ЦНИИС»).

Порядок получения заключений на новые материалы

Заключение или рекомендации на применение новых гидроизоляционных или тампонажных материалов может быть подготовлено только на основании анализа технической информации по материалу и лабораторных исследований физико-механических и реологических характеристик материалов, при этом можно действовать в двух направлениях:

1. Представить в НИЦ ТМ техническую документацию на предлагаемый материал в полном объеме:

- технические условия (ТУ) на материал, сертификат соответствия материала ТУ с обязательным приложением акта и протокола испытаний материала сертифицированной строительной лабораторией с определением контролируемых параметров по методикам, предусмотренным в перечисленных выше нормативных документах;

- дополнительно представить техническую информацию по технологии применения материала — условия, особенности устройства гидроизоляции, необходимое оборудование или порядок приготовления тампонажных растворов;

- если имеются, заключения сторонних организаций по материалу, опытно-производственному или производственному его применению в других отраслях строительства.

2. Передать НИЦ ТМ предлагаемый материал в необходимом количестве для проведения испытаний и техническую документацию, перечисленную в п. 1 для оценки пригодности материала в метро- и тоннелестроении.

На основании анализа технической документации и проведения испытаний материалов в лаборатории НИЦ ТМ готовится заключение или рекомендации на применение материала в метро- и тоннелестроении. По заданию заказчика ЦНИИС-ТЕСТ может оформить Сертификат на соответствие предлагаемого гидроизоляционного или тампонажного материала ТУ.

Во всех случаях, перед применением материала на строительном объекте рекомендуется его опытно-производственная проверка, при этом результаты ее должны быть оформлены комиссионно Протоколом и Актом испытаний с указанием объекта, характеристик материала, условий и технологии применения, результатов контрольных работ по оценке качества гидроизоляции или данных по заполнению строительного зазора тампонажным раствором.

Завершающим этапом может являться разработка, на основании технической документации (по пп. 1, 2) и результатов применения материала на строительных объектах, нормативно— технологической документации на применение предлагаемого материала в метро- и тоннелестроении — Технологического регламента, Руководства или Стандарта организации.

Виды строительных материалов, качество и пригодность которых для сооружения тоннелей и метрополитенов могут быть определены, а также номенклатура разрабатываемой НИЦ ТМ АО «ЦНИИС» нормативно-технологической и нормативной документации представлены в табл. 3. ■