

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2020, №2, Том 7 / 2020, No 2, Vol 7 <https://t-s.today/issue-2-2020.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/21SATS220.pdf>

DOI: 10.15862/21SATS220 (<http://dx.doi.org/10.15862/21SATS220>)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Дубиняк А.Н., Овчинников И.И. Гидроизоляционные материалы для защиты конструкций транспортных сооружений // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2020 №2, <https://t-s.today/PDF/21SATS220.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/21SATS220

**For citation:**

Dubinyak A.N., Ovchinnikov I.I. (2020). Waterproofing materials to protect the structures of transport structures. *Russian journal of transport engineering*, [online] 2(7). Available at: <https://t-s.today/PDF/21SATS220.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/21SATS220

УДК 624.01

**Дубиняк Анастасия Николаевна**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия  
Магистрант 2 курса базовой кафедры «Мостострой-11»  
E-mail: [nastia250475@gmail.com](mailto:nastia250475@gmail.com)

**Овчинников Илья Игоревич**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия  
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия  
Доцент  
Доцент, кандидат технических наук  
E-mail: [bridgeart@mail.ru](mailto:bridgeart@mail.ru)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8370-297X>  
РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=177132](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=177132)  
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57191523104>

## Гидроизоляционные материалы для защиты конструкций транспортных сооружений

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме обеспечения гидроизоляционной и пароизоляционной защиты от воздействия просачивания воды или противогололедного раствора соли. Поднимается вопрос о том, что в текущих условиях современного строительства не всегда должным образом уделяют внимание вопросу качественного гидроизоляционного покрытия, которое в свою очередь является одним из важнейших компонентов для сохранения долговечности, для обеспечения прочности и надежности основных конструктивов транспортных сооружений, а самое главное, для безусловного обеспечения безопасности жизнедеятельности людей на данных сооружениях. В рамках данной работы были проанализированы и классифицированы виды гидроизоляционных материалов, рассмотрены способы и условия применения гидроизоляционного материала, а также описаны положительные и отрицательные черты гидроизоляции транспортных сооружений.

Помимо этого в данной статье авторами подробно рассматривается каждый из видов гидроизоляционного материала в отдельности, приводятся положительные и отрицательные стороны каждого из них, а также описана технология нанесения. Также описывается опыт применения напыляемой, наплавленной и обмазочной гидроизоляции. Рассматривается положительный пример использования каждого вида гидроизоляции, а где-то и целые гидроизоляционные системы в области тоннелестроения, как в России, так и в зарубежных

странах. Описан также опыт применения продуктов наиболее популярных производителей гидроизоляционных материалов на российском рынке в мостостроении, однако в этой области имеются, как положительные примеры, так и, к сожалению, негативные.

Проанализировав виды гидроизоляционных систем и опыт их применения можно сделать вывод о том, что в мировой практике за последнее время уделяется особое внимание защите конструкций, однако эффективной и универсальной гидроизоляции для инженерных сооружений еще не изобретено, в виду этого область перспективна для новых открытий.

**Ключевые слова:** гидроизоляция; наплавляемая гидроизоляция; мастика; напыляемая гидроизоляция; технология нанесения; мостовое полотно; тоннель; транспортные сооружения

## Введение

Транспортные сооружения являются важными объектами инфраструктуры, соединяющими различные области и позволяющими беспрепятственно перемещать людей, материалы и оборудование из одного места в другое. Ухудшение состояния мостового полотна, железобетонных или стальных конструкций является одной из наиболее серьезных проблем эксплуатации транспортных сооружений, влияющих на срок службы. Разрушение несущих конструкций нарушает движение транспорта и оказывает серьезное влияние на социальное и финансовое положение регионов.

## Состояние проблемы

Железобетонные и металлические конструкции в области мостостроения и тоннелестроения нередко проявляют недостаточные показатели в области несущей способности и долговечности в условиях интенсивного воздействия окружающей среды.

Такие факторы, как агрессивность среды, утечка и просачивание воды или противогололедного раствора соли, негативно сказываются на состоянии несущих конструкций транспортных сооружений. Проникание влаги и хлоридов солей в железобетон может привести к последующей коррозии стальной арматуры. Это приводит к растрескиванию бетона или ослаблению сечения арматуры, в итоге ухудшается несущая способность, надежность и долговечность конструкции [1].

Если рассматривать стальную ортотропную плиту мостов или другие металлические элементы, то излишняя влага может привести к коррозии металла и приведет всю несущую конструкцию в негодность.

Проблему в значительной степени можно решить, если поверхности железобетонных или стальных конструкций защитить от попадания влаги и солей. Другими словами, если на конструкции транспортного сооружения наносится защитный слой в виде надежной системы гидроизоляции.

В мировой практике существует множество мостовых и транспортных сооружений, повреждение дорожного полотна, опорных или подземных конструкций которых наступило вследствие неправильного выбора типа, а иногда и отсутствия гидроизоляционной системы, несоблюдения технологии нанесения гидроизоляции, а также использовании некачественного материала.

В [2] говорится о том, что повреждения дорожного полотна характеризуются видом вызывающих их причин. Например, из-за старения битума, деградация материала заполнителя и снижения прочности битумных материалов из-за низкой вязкости при высоких температурах

может уменьшиться сцепление между плитой пролетного строения и дорожной одеждой. После нарушения сцепления между несущей конструкцией и поверхностными слоями наступает разрушение дорожной одежды, что может привести к коррозии металла ортотропной или арматуры железобетонной плиты проезжей части.

Помимо мостового полотна гидроизоляцию следует наносить на подземные конструкции транспортных сооружений, чтобы предотвратить преждевременное разрушение, как самих конструкций, так и сооружения в целом [3; 4].

В итоге перед строительными организациями возникает проблема выбора качественной и эффективной гидроизоляционной системы, от использования которой зависит срок службы конструкции без применения дорогостоящих ремонтных работ.

Гидроизоляционная система – это материал или комбинация материалов, которые образуют непроницаемую мембрану, чтобы защитить железобетонные или стальные конструкции от проникания воды и противогололедных солей<sup>1</sup>.

При выборе гидроизоляционного материала необходимо учитывать следующие основные технические условия и функциональные требования [5]:

- водо- и воздухопроницаемость в любых условиях;
- морозостойкость и эластичность;
- материал должен быть экологически безопасным и нетоксичным;
- гидроизоляция должна обладать хорошей адгезией к плите проезжей части моста и к вышележащим слоям дорожной одежды;
- устойчивость к УФ-излучению, биологическим и химическим воздействиям;
- механическая прочность (транспортная нагрузка, тепловое расширение);
- совместимость с асфальтобетонной смесью;
- стойкость к высоким температурам при укладке горячей асфальтобетонной смеси;
- экономическая эффективность.

Помимо основных физико-механических характеристик гидроизоляционного материала и функциональных требований не менее важными факторами являются технологические и технико-экономические показатели [6]:

- для сокращения трудозатрат и человеческих ресурсов возможность использования механизированного способа выполнения работы;
- для уменьшения зависимости от климатических условий гидроизоляция должна удовлетворять требуемому диапазону температур при выполнении работ;
- возможность нанесения гидроизоляционного материала на влажную поверхность приведет к сокращению расходов на её осушение;
- чтобы сократить дополнительные затраты на принятие дополнительных мер по охране труда и охране окружающей среды при устройстве гидроизоляционных систем должны отсутствовать выделения токсичных веществ.

---

<sup>1</sup> DN-STR-03009 Waterproofing and Surfacing of Concrete Bridge, Decks December 2000.

Вид гидроизоляционного материала выбирают в зависимости от типа конструкции и условий эксплуатации сооружений [7].

Несоблюдение требований к гидроизоляционным материалам, а также нарушение технологии нанесения гидроизоляции может привести к плачевному результату.

## Основные способы устройства гидроизоляции

### Штукатурная гидроизоляция

Штукатурная гидроизоляция представляет собой водонепроницаемое покрытие, наносимое цементно-песчаным или асфальтовым раствором на защищаемую железобетонную конструкцию в несколько слоев [8].



*Рисунок 1. Устройство штукатурной гидроизоляции*

(источник: <http://fccland.ru/podzemnoe-stroitelstvo/351-shtukaturnaya-gidroizolyaciya.html>)

### Инъекционная гидроизоляция

Инъекционная гидроизоляция основывается на создании водонепроницаемой мембраны между агрессивной средой и самой конструкцией. Гидрофобный материал вводится внутрь несущей конструкции, заполняя поры, неровности, трещины конструкции из железобетона, создавая эластичный, водонепроницаемый барьер [8].



*Рисунок 2. Устройство инъекционной гидроизоляции*

(источник: <https://www.texnonovo.ru/rabota/ineksionnaya-gidroizolyatsiya>)



### Металлическая гидроизоляция

Металлическая гидроизоляция выполняется в виде ограждений из стальных листов, которые соединяют между собой при помощи сварки, а с изолируемой конструкцией – анкерами, заделываемыми в бетон. Такую систему гидроизоляции называют тубингами и используют при повышенных требованиях к механической прочности и высокой агрессивности воды при строительстве тоннелей [8].



*Рисунок 3. Металлические тубинги метро*

(источник: [http://promyshlennosts.ru/prom\\_kat/podrobno-o-chugunnyx-tyubingax.html](http://promyshlennosts.ru/prom_kat/podrobno-o-chugunnyx-tyubingax.html))

### Рулонная гидроизоляция

Представляет собой самоклеящийся или наплавляемый материал в виде рулонов. Наиболее распространенным типом листовой системы является битумная гидроизоляционная мембрана, в состав которой включают асфальт, полимеры и наполнитель. Также иногда добавляют некоторые смолы и масла для улучшения характеристик адгезии [7].



*Рисунок 4. Устройство рулонной гидроизоляции*

(источник: <http://bridge-builder.ru/tehnologii/gidroizolyaciya-mostovyh-sooruzhenii.html>)

### Окрасочная (обмазочная) гидроизоляция

Это гидроизоляция, выполняемая из мастик на основе битумно-полимерных или других полимерных материалов, образующих на защищаемых поверхностях водонепроницаемое эластичное покрытие.

Обычно этот вид гидроизоляции подразделяют на жидкие и мастичные системы.

Жидкие системы состоят из специально разработанных высокоэластичных и долговечных силиконовых полимеров, встроенных градуированных наполнителей, светостойких, устойчивых к погодным условиям, микроволокон и других добавок.



**Рисунок 5.** Устройство насыпной гидроизоляции (источник: <https://lrgidroizolyaciya.ru/services/gidroizolyatsiya/gidroizolyatsiya-dorozhnogo-polotna/>)

Мастичные системы – клеевые вязко пластичные составы, получаемые смешением органических вяжущих веществ с тонкодисперсными наполнителями и специальными добавками, обладающими клеящей способностью [7].



**Рисунок 6.** Устройство мастичной гидроизоляции (источник: <https://stroy-magazin.ru/catalog/transport-built-products/waterproof-rubberflex-55/>)

Наибольшее распространение в строительстве транспортных сооружений нашли рулонные, мастичные и жидкие материалы.

Наклеиваемая или, как ее еще называют, рулонная гидроизоляция является одним из самых используемых материалов в строительстве. Примером такого вида гидроизоляции отечественного производства, применяемой для защиты железобетонных, металлических и сталежелезобетонных пролетных строений, являются рулонные битумно-полимерные

напыляемые гидроизоляционные материалы: «Изопласт», «Изоэласт», «Техноэластмост С», «Техноэластмост В» [2].

Напыляемая гидроизоляция, или как еще ее называют бесшовная «жидкая резина», нашла свое применение в результате развития технологии производства традиционных битумных материалов. Основная её особенность заключается в способности соединения с любыми материалами на уровне молекулярных связей [8]. Применяют такую гидроизоляцию для антикоррозионной защиты фундаментов, при строительстве, а также ремонте и реконструкции тоннелей и водопропускных труб, для антикоррозионной и гидроизоляционной защиты пролетных строений мостов и других транспортных сооружений.

Распространенные производители напыляемой гидроизоляции: «ТехноНИКОЛЬ», «Sika», «Polyurea», «Славянка», «Нова-брит» и другие.

Битумная мастичная гидроизоляция представляет собой покрытие, которое обычно состоит из грунтового слоя, армирующего материала из стеклоткани и двух или трех слоев мастики, которые наносятся валиком или кистью.

Считается, что они превосходят рулонные материалы, так как не имеют стыков. Однако необходимо соблюдать осторожность при нанесении, чтобы обеспечить правильную толщину.

Распространенные производители битумно-мастичной гидроизоляции: «ТехноНИКОЛЬ», «Поликров», «Гермокрон-Гидро», «Рабберфлекс-55», «Sika» и другие.

Таблица 1

**Сравнительный анализ технических характеристик распространенных видов гидроизоляции**

№	Наименование	Рулонная гидроизоляция		Напыляемая гидроизоляция		Мастичная (обмазочная) гидроизоляция	
		Техноэластмост <sup>2</sup>	Поликров <sup>3</sup>	Полиуреа <sup>4</sup>	Sikalastic <sup>5</sup>	Matacryl <sup>6</sup>	Рабберфлекс-55 <sup>7</sup>
1	Удлинение при разрыве	40 %	280–300 %	95 %	380 %	400 %	350 %
2	Расход на один слой кг/м <sup>2</sup>	-	-	3.5–5.0	0.35–1.5	0.75–1.0	0.7–2.1
3	Трещиностойкость	низкая	низкая	высокая	высокая	высокая	высокая
4	Температура эксплуатации, С°	от -25 °С до +45 °С	от -60 °С до +70 °С	от -40 °С до +50 °С	от -50 °С до +70 °С	от -50 °С до +70 °С	от -50 °С до +90 °С
5	Теплостойкость	до +140 °С кратковременно до +220 °С	до +140 °С кратковременно до +220 °С	до +140 °С	до +250 °С	до +150 °С	до +150 °С кратковременно до +250 °С
6	Устойчивость к УФ	средняя	средняя	низкая	низкая	средняя	средняя

<sup>2</sup> Техническое описание ТЕХНОЭЛАСТМОСТ URL: <https://www.tn.ru/catalogue/gidro/49/> (дата обращения 24.05.2020).

<sup>3</sup> Техническое описание Поликров URL: <http://polikrov.ru/bridges/gidroizolyatsiya-zhelezobetonnyih-puteprovodov/index.html> (дата обращения 24.05.2020).

<sup>4</sup> Техническое описание Полиуреа URL: [http://www.legkostroy-ekb.ru/goods/54028365-gidroizolyatsiya\\_polimochevinoy](http://www.legkostroy-ekb.ru/goods/54028365-gidroizolyatsiya_polimochevinoy) (дата обращения 24.05.2020).

<sup>5</sup> Waterproofing. Sika solutions for below ground structure URL: [https://www.sikawaterproofing.co.uk/wp-content/uploads/2014/09/bro\\_sika-waterproofing-brochure.pdf](https://www.sikawaterproofing.co.uk/wp-content/uploads/2014/09/bro_sika-waterproofing-brochure.pdf) (дата обращения 20.05.2020).

<sup>6</sup> Полимерное покрытие для мостов «Матакрил» URL: <https://stroy-magazin.ru/catalog/transport-built-products/matacryl/> (дата обращения 20.05.2020).

<sup>7</sup> Гидроизоляционная система искусственных сооружений транспортной инфраструктуры «Рабберфлекс-55» URL: [https://stroy-magazin.ru/upload/iblock/254/rabberfleks\\_55\\_komplekt\\_dokumentacii.pdf](https://stroy-magazin.ru/upload/iblock/254/rabberfleks_55_komplekt_dokumentacii.pdf) (дата обращения 20.05.2020).

№	Наименование	Рулонная гидроизоляция		Напыляемая гидроизоляция		Мастичная (обмазочная) гидроизоляция	
		Техноэластост <sup>2</sup>	Поликров <sup>3</sup>	Полиуреа <sup>4</sup>	Sikalastic <sup>5</sup>	Matacryl <sup>6</sup>	Рабберфлекс-55 <sup>7</sup>
7	Адгезия к металлу	3–5 кгс/см <sup>2</sup>	> 9,4 кгс/см <sup>2</sup>	8–30 кгс/см <sup>2</sup>	11 кгс/см <sup>2</sup>	> 40 кг/см <sup>2</sup>	> 20 кгс/см <sup>2</sup>
8	Адгезия к бетону	3– 5 кгс/см <sup>2</sup>	> 5 кгс/см <sup>2</sup>	8– 30 кгс/см <sup>2</sup>	15 кгс/см <sup>2</sup>	> 34 кг/см <sup>2</sup>	> 20 кгс/см <sup>2</sup>
9	Устойчивость к механическим повреждениям	средняя	средняя	низкая	низкая	высокая	высокая
10	Трудоемкость	высокая	высокая	низкая	низкая	средняя	средняя
11	Квалификация рабочих	средняя	средняя	высокая	высокая	средняя	средняя
12	Стоимость материалов руб./м <sup>2</sup>	265	1400	2022	3225–4125	4335	1750

Составлена авторами

**Таблица 2**

**Сравнительный анализ отличия выполнения работ по гидроизоляции**

№	Наименование	Наплавляемая (оклеечная) гидроизоляции	Напыляемая гидроизоляция	Мастичная (обмазочная) гидроизоляция	
				Холодная	Горячая
1	Очистка и подготовка поверхности	Требуется	Требуется	Требуется	Требуется
2	Выполнение усадочных и температурных швов	Требуется	Не требуется	Требуется	Требуется
3	Подготовка материала на поверхности	Требуется	Не требуется	Не требуется	Не требуется
4	Использование открытого огня	Требуется	Не требуется	Не требуется	Требуется
5	Предварительный прогрев материала	Требуется	Не требуется	Не требуется	Требуется
6	Наличие подгрунтового слоя	Не требуется	Иногда требуется	Требуется	Требуется
7	Пожароопасность	Присутствует	Отсутствует	Отсутствует	Присутствует
8	Наличие армированного слоя	Не требуется	Не требуется	Иногда требуется	Иногда требуется
9	Толщина слоя	0,5–10 мм, иногда больше	1–3 мм	0,5–1 мм	1–2 мм
10	Образование стыков и швов	Присутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
11	Способ нанесения	Наплавление на поверхность с проклейкой / проплавлением рабочих швов и стыков	Напыление механическим способом, с использованием специальной установки	Нанесение на поверхность кистью, валиком или шпателем	Нанесение на поверхность кистью, валиком или шпателем

Составлена авторами

По результатам анализа представленных гидроизоляционных материалов можно сказать, что оптимальным материалом для гидроизоляции транспортных сооружений в России является мастичная гидроизоляция, эффективная благодаря широкому диапазону температуры эксплуатации, высокой устойчивости к механическим повреждениям за счет достаточного толстого слоя, высокой трещино- и теплостойкости, а также ряду других, как технических так и технологических положительных качеств.

Также можно заметить, что использование отечественных производителей экономически выгодней, однако если брать тенденцию развития новых технологий, то



зарубежные производители стремятся быстрее внести новшества в свое производство, что позволяет улучшить качество продукции

### **Опыт применения гидроизоляционных материалов**

Что касается опыта применения гидроизоляционных материалов в области мостостроения, то чаще всего проблемы возникают с гидроизоляцией мостового полотна. Учитывая повышенные нагрузки на такие сооружения, следует обратить особое внимание на гидроизоляционный материал, так как благодаря ему можно увеличить срок службы конструкции дорожной одежды.

Рулонный гидроизоляционный материал используется для гидроизоляции железобетонной или ортотропной плиты проезжей части, в качестве адгезионного и защитного слоя в конструкциях дорожного полотна на проезжей части пролётных строений транспортных сооружений, а также в качестве гидроизоляции балластного корыта пролётных строений железнодорожных мостов, тоннельных сооружений и других строительных конструкций гражданского и промышленного назначения.

Мастика горячего нанесения чаще применяется в условиях высокой химической агрессивности или интенсивном притоке воды, для гидроизоляции тоннелей, а также для гидроизоляции деформационных швов и примыканий на наземных транспортных сооружениях.

Так как в России довольно часто преобладает суровый климат с отрицательными температурами, на большей части страны распространены вечномёрзлые породы грунтов. Лучшим вариантом гидроизоляционного материала в таких условиях можно считать мастику.

«Горячая» мастика глубже проникает в поры поверхности, это увеличивает защиту поверхности конструкции транспортного сооружения.

Чаще всего применяется мастика холодного нанесения. Для гидроизоляции металлических поверхностей ортотропных плит используют холодную битумно-резиновую мастику, предотвращающую попадание влаги и предупреждающую появление коррозии. Для гидроизоляции фундамента опор можно использовать как холодную, так и горячую мастику.

Одним из примеров для гидроизоляции мостового полотна можно предложить систему напыляемой гидроизоляции, которая состоит из быстросхватывающей грунтовки, распылителя, быстро нанесенной отвердевающей мембраны и липкого покрытия для асфальта. Такая система имеет хорошую адгезию к бетонному основанию и вышележащему слою асфальтобетона, что обеспечивает хорошую прочность на сдвиг.

Также, для железобетонного покрытия мостового полотна, можно применять систему, состоящую из эпоксидного покрытия и жидкой мембраны, а для стальных пролётных строений подойдет система, состоящая из грунтовки и гидроизоляционного слоя.

Несмотря на множество положительных отзывов и преимуществ, имеется неудачный опыт использования данного вида гидроизоляции в России.

На примере проезжей части эстакады ПК 121-131 на автомобильной дороге II технической категории «Обход г. Сочи, I очередь, III пусковой комплекс» можно рассмотреть, как использование нового типа гидроизоляции «Полиуреа» повлияло на дорожное полотно.

По данным [2] слой плотного асфальтобетона на гидроизоляцию «Полиуреа» начали укладывать в конце августа 2009 года. Но во время подачи асфальта происходил отрыв гидроизоляции от бетона, поэтому работы по укладке остановили. В скором времени решили

укладывать слой асфальтобетона на гидроизоляцию без подгрунтовки. Сдачу объекта в итоге провели в декабре 2009 года.

В процессе эксплуатации объекта, дорожное полотно получило такие повреждения, как дугообразные трещины, дефекты в области стыка деформационных швов и деформации проезжей части в виде наплывов. В итоге вода от дождевых осадков, проникала в дорожную одежду и за счет динамического нагружения пролетных строений распространялась по нижнему слою конструкции на значительные расстояния от мест образования повреждений.

Наличие влаги в нижнем слое дорожной одежды может привести к его последующему разрушению как дорожного полотна, так и нижележащей конструкции пролетного строения.

Гидроизоляция фирмы «Sika» на мосту через Волгу в Казани продержалась 2,5 года. При вскрытии дорожной одежды для ремонта обнаружилось разрушение гидроизоляции [2].

Также в [2] говорится о сталежелезобетонных мостовых сооружениях через реки Малая Каюковка и Большая Каюковка на мостовом переходе через Волгу, на которых устраивалась гидроизоляционная система с использованием оклеечного материала «Мостопласт». В итоге на первом мостовом переходе произошла деформация литого асфальтобетона. На дорожную одежду оказывали влияние сдвиговые и вибрационные воздействия от транспортных средств, перепады температур, вследствие чего сцепление гидроизоляционного слоя с бетонной поверхностью ослабло, что привело к разрушению дорожной одежды [2].

На второй мост через Волгу повлияло несоблюдение технологии нанесения гидроизоляции. В процессе производства работ перед устройством гидроизоляции шли проливные дожди. В итоге устройство гидроизоляции произвели на увлажненную поверхность бетона, на которую затем укладывали слой асфальтобетона.

В результате под гидроизоляционным слоем скопилось значительное количество воды, что со временем привело к образованию так называемых «пузырей» [2].

Еще один случай с проблемой несоблюдения технологии и характеристик гидроизоляционного материала связан с Золотым мостом во Владивостоке.

Одним из предположений о причине повреждений дорожной одежды мостового полотна является то, что характеристика гидроизоляционного материала не соответствовала условиям при устройстве асфальтобетона. Возможно, из-за слишком высоких температур, используемых при устройстве асфальтобетона, гидроизоляционный слой был поврежден ввиду низкой теплостойкости материала. Во время весенних перепадов температур было обильное увлажнение дорожной одежды, что привело к ее повреждению.

Если говорить о гидроизоляционных системах для тоннельных сооружений, то они сталкиваются с очень строгими требованиями в отношении долговечности, воздействия напряженного состояния, применяемых методов строительства, простоты применения<sup>8</sup>.

В последнее время в ряде подземных проектов в Европе на постоянной основе использовались однослойная водонепроницаемая тоннельная обделка, состоящая из напыляемой мембраны и набрызг-бетона [9].

Для этого метода гидроизоляции тоннелей существует несколько категорий напыляемых мембран. Для целей тоннельной гидроизоляции мембраны на основе этил-винил-

---

<sup>8</sup> Waterproofing Sika Solutions For Watertight Tunnel Structures, Sika Hellas ABEE  
[URL:https://grc.sika.com/dms/getdocument.get/c9c11979-d708-3edd-879e-989aa4ae9a8f/HE\\_00396\\_Sika\\_Solutions\\_for\\_Watertight\\_Tunnel\\_Structures\\_eng\\_Greek\\_Address.pdf](https://grc.sika.com/dms/getdocument.get/c9c11979-d708-3edd-879e-989aa4ae9a8f/HE_00396_Sika_Solutions_for_Watertight_Tunnel_Structures_eng_Greek_Address.pdf) (дата обращения 20.05.2020).

ацетатного сополимера являются наиболее часто используемой категорией мембран, наносимых распылением.

Тоннельная обделка с напыленной мембраной и набрызг-бетоном в ряде проектов была исследована в условиях влажности в течение нескольких лет в Норвегии. Влажность как бетонных, так и мембранных материалов служит важной основой для оценки долговечности от потенциального разрушения, вызванного воздействием воды и циклов замерзания-оттаивания. С функциональной точки зрения структура футеровки (облицовочный слой) с двойной связующей мембраной и набрызг бетоном является паро- и водонепроницаемой для потока жидкости, что позволяет увеличить срок службы сооружения.

В данной конструкции все слои в структуре обделки тоннеля прочно связаны друг с другом, не имея воздушного зазора или механического разрыва между обделкой тоннеля и массой горных пород.

В России имеется опыт применения напыляемой гидроизоляции в тоннелях открытого и закрытого типа.

В тоннелях закрытого типа гидроизоляция распылялась на основание тоннеля, затем укладывался слой геотекстиля, выравнивающая стяжка, а поверх нее – асфальтобетонное покрытие. Напыление изнутри при гидроизоляции тоннеля позволяет сформировать водонепроницаемую резиновую поверхность по всему контуру, что предотвращает проникновение грунтовых вод в тоннель и предотвратит разрушение конструкции.

Напыляемая гидроизоляция позволяет выполнять работу быстро, так как может наноситься на горизонтальные, вертикальные и потолочные поверхности примерно в равной степени.

При открытом строительстве тоннелей используется котлованный или траншейный способ. В таком случае гидроизоляция выполняется снаружи.

Чтобы покрыть весь тоннель снаружи в водонепроницаемую и паронепроницаемую оболочку, сначала выполняется гидроизоляция подошвы, затем осуществляется монтаж железобетонных плит основания, стен и плит перекрытия. После выполняется нанесение гидроизоляции на стены тоннеля, так, что внизу осуществляется переход с нахлестом на тот гидроизоляционный слой, который был изначально нанесен при гидроизоляции подошвы. Поднимаясь наверх, выполняется напыление на верхнюю плиту.

Гидроизоляция из жидкой резины дополнительно защищается геотекстилем. Это касается, как подошвы и верхней плиты, где поверх резины укладывается стяжка, так и стен, чтобы защитить гидроизоляцию от механических повреждений при обратной засыпке.

При нанесении напыляемой гидроизоляции необходимо соблюдать технологию, нарушение которой может привести к снижению качества продукции, повреждению гидроизоляционной системы, и как следствие, к разрушению конструкции.

Для тоннелей, проходимых открытым способом, чаще применяют наплавляемую рулонную гидроизоляцию, так как она наиболее трещиностойчива по отношению к другим видам. Например, при строительстве московского метрополитена отказались от использования гидроизоляции, состоящей из нескольких слоев гнилостойкого толя с последующим слоем рулонной гидроизоляции, и стали чаще применять сложную гидроизоляционную систему, показавшую себя с лучшей стороны, состоящую из нескольких слоев оклеечной гидроизоляции, изготовленной из гидростеклоизола, наклеиваемого на резинобитумной мастике.

В качестве использования новых решений можно рассмотреть опыт зарубежных коллег-строителей, примененный при проходках транспортных тоннелей. В данном случае гидроизоляционный материал представлял собой листы из пластифицированного поливинилхлорида шириной от 0.5 до 1.5 м и толщиной 2 мм, которые при монтаже сваривали в стыках нагретым воздухом с использованием присадочных стержней.

Стоит отметить также, что при проходке тоннеля под системой проливов Лим-Фьорд датские строители использовали листы гидроизоляции, изготовленные из бутилкаучука. Листы наклеивались на поливинилхлоридные-цементные композиции, примечательна данная конструкция тем, что все защитное покрытие состояло из одного слоя, а лист гидроизоляции имел толщину всего 2 мм. Помимо этого иногда для гидроизоляции транспортных тоннелей в странах Европы используется полимерная пленка [10].

В Санкт-Петербурге на транспортных тоннелях вдоль Невы у мостов Александра Невского и Литейного была применена холодная асфальтовая гидроизоляция из мастики с армированием стеклотканью.

### Заключение

В заключении, хотелось бы еще раз отметить высокую необходимость в нужном и правильном выборе типа гидроизоляции для тех или иных условий. Разнообразие материалов обширно и подходить к выбору нужно серьезно, оценивая все факторы. Также, выполнять работы по нанесению гидроизоляции необходимо с особым вниманием и с точным соблюдением технологии, так как от этого зависит долговечность возводимой конструкции, что в дальнейшем увеличит срок службы без необходимости в капитальном ремонте или реконструкции.

Также можно сказать, что в мировой практике за последнее время уделяется особое внимание защите конструкций, однако эффективной и универсальной гидроизоляции для инженерных сооружений еще не изобретено и стоит только надеяться на добросовестный подход организаций, осуществляющих меры по гидроизоляционной защите конструкций.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Waterproofing of Bridge Decks The Latest Technique and Material / Singh Rautela // National research council. NBMCW January 2008.
2. Овчинников И.Г. Эффективные конструкции дорожных одежд с применением асфальтобетона на мостовых сооружениях / Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Телегин М.А., Хохлов С.В. // Интернет-журнал Науковедение. – 2014. – № 1. – С. 76. <https://naukovedenie.ru/PDF/76TVN114.pdf>.
3. Овчинников И.И., Майстренко И.Ю., Овчинников И.Г., Кокодеев А.В. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ из причин. Часть 2 // Транспортные сооружения, 2017 №4, <https://t-s.today/PDF/14TS417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
4. Антонов Б.А. Мосты Санкт-Петербурга / Антонов Б.А. // «Глагол», Санкт-Петербург, 2002.
5. Bridge Decks Waterproofing and Wearing Course / John Erik Haga // Norwegian Public Roads Administration, January 1997.
6. Борисов Н.А. Гидроизоляция строительных объектов методом холодного бесшовного напыления жидкой резиной / Борисов Н.А. // [Электронный ресурс] URL: [www.interactive-plus.ru](http://www.interactive-plus.ru) (дата обращения 24.05.2020).
7. Sillatekkide asfaltkatendid (Asphalt pavements on bridge decks) / Eestindanud Aleksander Kaldas // EAPA arvamusraport, Detsember, 2013.
8. А.Б. Фадеев Гидроизоляция подземных частей зданий и сооружений / А.Б. Фадеев // Учебное пособие Санкт-Петербург, 2007.
9. Testing of properties and constructability considerations of EVA-based sprayed membranes for waterproofing of tunnels / Karl Gunnar Holter // «SEE Tunnel: Promoting Tunneling in SEE Regio» ITA WTC 2015 Congress and 41st General Assembly, May 22–28, 2015.
10. Попченко С.Н. Гидроизоляция сооружений и зданий / Попченко С.Н. // Ленинград: Стройиздат ленинградское отделение, 1981.

**Dubinyak Anastasia Nikolaevna**

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia  
E-mail: nastia250475@gmail.com

**Ovchinnikov Ilya Igorevich**

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia  
Yuri Gagarin state technical university of Saratov, Saratov, Russia  
E-mail: bridgeart@mail.ru

## Waterproofing materials to protect the structures of transport structures

**Abstract.** The article is devoted to the problem of providing waterproofing and vapor barrier protection against the effects of water seepage or deicing salt solution. The question is raised that in the current conditions of modern construction, they do not always pay due attention to the issue of high-quality waterproofing coating, which in turn is one of the most important components for maintaining durability, for ensuring the strength and reliability of the main constructive structures of transport structures, and most importantly, for unconditional safety of people at these facilities. In the framework of this work, the types of waterproofing materials were analyzed and classified, the methods and conditions for the use of waterproofing materials were examined, and the positive and negative features of waterproofing transport structures were described.

In addition, in this article, the authors examine in detail each of the types of waterproofing material separately, provide the positive and negative sides of each of them, and also describe the application technology. The experience of using sprayed, surfaced and coated waterproofing is also described. A positive example of the use of each type of waterproofing, and somewhere and the whole waterproofing system in the field of tunneling, both in Russia and in foreign countries, is considered. The experience of using the products of the most popular manufacturers of waterproofing materials on the Russian market in bridge building is also described, however, there are both positive examples and, unfortunately, negative ones in this area.

Having analyzed the types of waterproofing systems and the experience of their application, we can conclude that in recent years special attention has been paid to the protection of structures, but effective and universal waterproofing for engineering structures has not yet been invented, in view of this, the area is promising for new discoveries.

**Keywords:** waterproofing; sheet waterproofing; mastic; sprayed waterproofing; application technology; bridge canvas; tunnel; transportation facilities

## REFERENCES

1. Singh Rautela (2008). Waterproofing of Bridge Decks The Latest Technique and Material. *National research council. NBMCW*.
2. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Telegin M.A., Khokhlov S.V. (2014). Effective asphalt pavement structure on the bridges. *Naukovedenie*, [online] 1(6). Available at: <https://naukovedenie.ru/PDF/76TVN114.pdf> (in Russian).
3. Ovchinnikov I.I., Maystrenko I.Yu., Ovchinnikov I.G., Kokodeev A.V. (2017). Failures and collapses of bridge constructions, analysis of their causes. Part 2. *Russian journal of transport engineering*, [online] 3(4). Available at: <https://t-s.today/PDF/14TS417> (in Russian) DOI 10.15862/14TS417.
4. Antonov B.A. (2002). Mosty Sankt-Peterburga. [*Bridges of Saint Petersburg.*] Saint Petersburg: "Verb".
5. John Erik Haga (1997). Bridge Decks Waterproofing and Wearing Course. *Norwegian Public Roads Administration*.
6. Interactive-plus. (n.d.). Borisov N.A. *Waterproofing of construction sites by cold seamless spraying with liquid rubber*. [online] Available at: [www.interactive-plus.ru](http://www.interactive-plus.ru) (in Russian). [Accessed 24.05.2020].
7. Eestindanud Aleksander Kaldas (2013). Sillatekkide asfaltkatendid (Asphalt pavements on bridge decks). *EAPA arvamusraport*.
8. Fadeev A.B. (2007). *Gidroizolyatsiya podzemnykh chastey zdaniy i sooruzheniy. [Waterproofing of underground parts of buildings and structures.]* Saint Petersburg.
9. Karl Gunnar Holter (2015). *Testing of properties and constructability considerations of EVA-based sprayed membranes for waterproofing of tunnels*.
10. Popchenko S.N. (1981). *Gidroizolyatsiya sooruzheniy i zdaniy. [Waterproofing of structures and buildings.]* Leningrad: Stroyizdat Leningrad branch.