

#112/2022

# Дорожная Сервиса

[www.dorvest.ru](http://www.dorvest.ru)

# MASSENZA



  
**KORRUS-TEH**  
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

[KORRUS.RU](http://KORRUS.RU)  
[YOUTUBE.COM/KORRUSTEH](https://www.youtube.com/korrusteh)  
[MASSENZA.RU](http://MASSENZA.RU)

8-495-156-02-20

ОТДЕЛ СБЫТА ГК КОРРУС-ТЕХ

КАЧЕСТВО ПО  
РАЗУМНОЙ ЦЕНЕ



## ОБОРУДОВАНИЕ

ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ АСФАЛЬТА • ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ  
• ВЯЖУЩЕГО • БЕТОНА • ЦЕМЕНТА • ГРУНТА



88

ГИРАТОРОВ



94

ВАЛЬЦОВЫХ  
УПЛОТНИТЕЛЯ



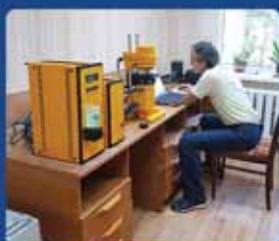
14

DTS  
СИСТЕМ



105

СМАР-  
ТРЕКЕРОВ



43

DSR  
РЕОМЕТРА



8

ПРАЛЛ  
ТЕСТЕРОВ

# БИТУМНЫЕ ХРАНИЛИЩА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ «ПОД КЛЮЧ»



## СОХРАНЕНИЕ КАЧЕСТВА БИТУМА

*За счет снижения температуры основной массы битума обеспечивается минимизация структурных преобразований и уменьшается улетучивание легких фракций.*



## СОКРАЩЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПОДГОТОВКИ

*На этапе весенней подготовки наземного битумохранилища к эксплуатации.*



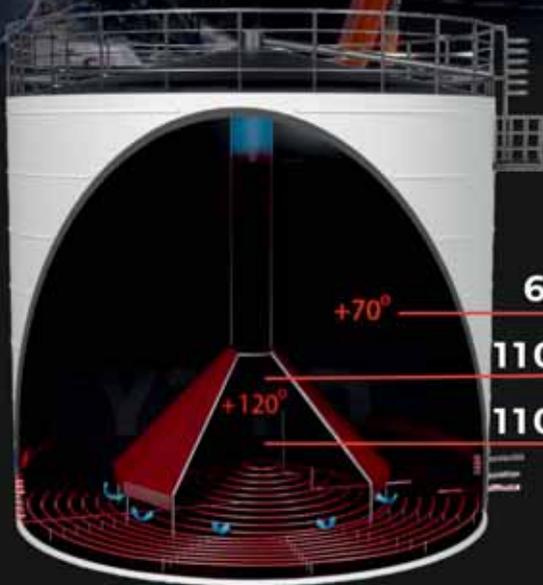
## УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

*В зоне расположения наземного битумохранилища за счет снижения температуры на поверхности резервуара.*



## НЕПРЕРЫВНАЯ ПОРЦИОННАЯ ВЫДАЧА НАГРЕТОГО БИТУМА

*И никаких дополнительных энергозатрат на догрев.*



РВС с купольной системой представляет собой резервуар, внутри которого расположен купол для аккумуляции битума до необходимого объема и температуры. *Теперь для того, чтобы разогреть битум до температуры текучести 100-110°С и забрать его в рабочие ёмкости, не нужно прогревать весь РВС.*



## **ЗАТРАТЫ НА РАЗОГРЕВ БИТУМА СОКРАТЯТСЯ ВДВОЕ!**

*За счет локального нагрева и забора битума требуемого объема, а также за счет существенного снижения тепловых потерь в окружающую среду.*



Спорные темы, острые дискуссионные вопросы, нескончаемые обсуждения нескончаемых проблем...

На это уходит драгоценное время, на это затрачивается много сил, эмоций. Но у любого противостояния должен быть итог, ведь «слово делом красно». Если же принятие сложного решения откладывается на «когда-нибудь», то вряд ли даже самые жаркие дебаты смогут принести пользу. Да и культура спора сегодня оставляет желать лучшего. Однако – «от слова – к делу».

Те, кто скор не на обещания, а на исполнение, кто имеет четкие ориентиры в своей работе, – только те и достигают наглядных, порой поражающих воображение, результатов. Тогда и в словах рождается та самая истина, которую часто ищут, но не находят в бездействии физическом.

Истина эта – в старании для других, в искренних переживаниях за качество своего труда, в стремлении к высокому уровню мастерства и, наконец, в здоровом, радостном энтузиазме. И не нужно далеко ходить в поисках какой-то идеологической подоплеки, важно помнить, что идеология, в том числе и труда, берет свое начало в Библии, где сказано: «Наполняйте Землю и обладайте ею» (Бытие 1-28).

A handwritten signature in cursive script, reading 'Svetlana Pichkur'.

*Светлана Пичкур, главный редактор*



# VIATOR

## Сделано в России Нижегородская область Балахна

Гранулы **VIATOR**<sup>®</sup> для щебёночно-мастичного асфальтобетона производятся в г. Балахна Нижегородской области на немецком оборудовании, что является гарантом качества, и полностью из российского сырья, соответствующего стандартам Российской Федерации.

- Находящийся в грануле битум обеспечивает быстрое и равномерное распределение волокон в смесителе.
- Отличная эффективность и стабилизирующий эффект благодаря плотной трехмерной структуре из волокон.
- Экономичное производство асфальтобетона – нет снижения производительности АБЗ благодаря отсутствию дополнительного сухого смешивания.
- Высочайшие стандарты качества **VIATOR**<sup>®</sup> обеспечивают неизменно высокое качество асфальтобетона.



реклама

ООО Реттенмайер Рус  
Российская Федерация  
115280, Москва,  
ул. Ленинская Слобода д. 19 стр. 1  
Тел. (495) 276 0640  
info@rettenmaier.ru

ООО РЕТТЕНМАЙЕР РУС



Природные  
волокна  
Член концерна JRS

[www.viator.ru](http://www.viator.ru)

## Дорожная держава #112/2022

**ИЗДАТЕЛЬ И УЧРЕДИТЕЛЬ:** ООО «Отраслевая медиа-корпорация «Держава» (Санкт-Петербург)

### РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор  
Выпускающий редактор  
Зам. главного редактора  
Арт-директор  
Ответственный секретарь  
Руководитель отдела рекламы  
Корректор

Светлана Викторовна Пичкур (pressa@dorvest.ru)  
Елена Шикова (center@dorvest.ru)  
Григорий Демченко (info@dorvest.ru)  
Дмитрий Серов (ad@dorvest.ru)  
Ольга Брусина (office@dorvest.ru)  
Наталья Гуляева (dd@dorvest.ru)  
Анастасия Клубкова

### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

**Ю.А. Агафонов**, генеральный директор Ассоциации «АСДОР», Санкт-Петербург; **В.Н. Бойков**, МАДИ (ГТУ), профессор, Москва; **Н.В. Быстров**, канд. техн. наук, председатель ТК 418 «Дорожное хозяйство», Москва; **А.И. Васильев**, проф. кафедры мостов и транспортных тоннелей МАДИ (ГТУ), директор по науке ООО «Научно-исследовательский институт мостов и гидротехнических сооружений», д-р техн. наук, Москва; **В.А. Досенко**, первый вице-президент Международной академии транспорта, Москва; **А.А. Журбин**, генеральный директор АО «Институт «Стройпроект», Санкт-Петербург; **А.Е. Еремин**, генеральный директор ОАО «Союздорпроект», Москва; **А.С. Малов**, генеральный директор Российской ассоциации подрядных организаций в дорожном хозяйстве (АСПОР), Москва; **К.П. Мандровский**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Дорожно-строительные машины», МАДИ, Москва; **С.В. Мозалев**, исполнительный директор Фонда «АМОСТ»; **Г.К. Мухамеджанов**, ОАО «НИИ Нетканых материалов», заведующий лабораторией, эксперт, Москва; **Д.М. Немчинов**, канд. техн. наук, Москва; **И.А. Пичугов**, генеральный директор группы предприятий «Дорсервис», Санкт-Петербург; **П.И. Поспелов**, первый проректор Московского автомобильно-дорожного института; **В.Н. Свежинский**, генеральный директор ЦИТИ «Дорконтроль», Москва; **В.Н. Смирнов**, ПГУПС, д-р техн. наук, Санкт-Петербург; **А.Д. Соколов**, вед. науч. сотр. НИЦ «Мосты» ОАО ЦНИИС, проф. кафедры строительной механики МГУП, канд. техн. наук, Москва; **С.Ю. Тен**, депутат ГД ФС РФ, заместитель председателя Комитета ГД ФС РФ по транспорту; **Е.В. Углова**, зав. кафедрой «Автомобильные дороги» Донского государственного технического университет, д-р техн. наук, профессор; **Т.С. Худякова**, руководитель лаборатории Санкт-Петербургского ГКУ «Дирекция транспортного строительства», канд. техн. наук, Санкт-Петербург; **А.И. Школов**, исполнительный директор Регионального центра по ценообразованию в строительстве, Санкт-Петербург.

### РАСПРОСТРАНЕНИЕ:

- Министерство транспорта РФ
- Федеральное дорожное агентство
- Администрации федеральных округов
- Центральные и региональные органы управления дорожного хозяйства
- Федеральные и региональные службы по содержанию и эксплуатации дорог и мостов
- Отраслевые ассоциации и общественные организации
- Проектные институты и подрядные организации России
- Научно-исследовательские институты, отраслевые вузы, научно-практические центры
- Отраслевые выставки, специализированные мероприятия (конференции, семинары, круглые столы)



### АДРЕС РЕДАКЦИИ И ИЗДАТЕЛЯ:

197046, Санкт-Петербург  
ул. Чапаева, 25, лит. А  
тел./факс: (812) 320-04-08, 320-04-09

**ЗАРЕГИСТРИРОВАН:** Федеральная служба по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-51034. Издается с 2006 года.

Установочный тираж 8 000 экз.

Номер подписан в печать 09.09.2022

Дата выхода 16.09.2022

Цена свободная. Журнал выходит 7 раз в год.

12+

Отпечатано в типографии «ЛЮБАВИЧ»

194044, Санкт-Петербург, ул. Менделеевская, 9

Рекламируемые товары и услуги имеют все необходимые сертификаты и лицензии.

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет. Любое использование опубликованных материалов допускается только с разрешения редакции.



## Производство антиадгезионной упаковки для полимерно-битумных материалов

- Упаковка для герметика
- Упаковка для мастики
- Упаковка для битума, ПБВ
- Антиадгезионная бумага
- Антиадгезионная пленка

8 (800) 250-40-76

alekspack76@mail.ru

www.alekspack.ru



## КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ



### РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО

Разработка и производство передвижных лабораторий, измерительных систем, приборов и оборудования.



### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Специализированное программное обеспечение для разработки проектов организации дорожного движения.



### ИНЖЕНЕРНЫЕ УСЛУГИ

Паспортизация и диагностика автомобильных дорог. Разработка проектов организации дорожного движения.

# Содержание

## НОВОСТИ, СОБЫТИЯ

Возможности, достижения, перспективы ..... 14

## ПРОЕКТЫ РАЗВИТИЯ

**И.В. Чанцев, А.А. Домницкий**

Развитие системы стандартизации в области мостовых сооружений ..... 19

**Светлана Пичкур**

Мостовой переход в Череповце ..... 22

## ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Едем плавно!

(ООО «ДШР») ..... 25

**С.В. Гошовец**

Перспективы развития мостостроения в России ..... 28

## БЕЗОПАСНОСТЬ

**А.В. Рубежанский**

Особенности оценки ровности покрытия

и безопасности проезда по мостовым сооружениям ..... 33

**И.И. Овчинников, Ш.Н. Валиев, О.Н. Герасимов,**

**И.Г. Овчинников, И.Р. Гасанов**

Проблема аварийности и безопасности существующих конструкций

транспортных сооружений ..... 37

**Г.С. Шестопёров**

Южно-Азовское землетрясение 1751 года ..... 42

**ЛУКОЙЛ**

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



**МОТОРНОЕ МАСЛО**

# LUKOIL AVANTGARDE ULTRA M3

## ДВИГАТЕЛЬ ЗАЩИЩЕН

- Увеличенный интервал замены
- Совместимо с системами SCR и EGR
- Спецификации: API CI-4 / ACEA E7 / MTU Oil Category 3 / MB 228.3  
Cummins CES 20078 / MAN M 3275 / Volvo VDS-3 / Mack EO-N / Renault RLD-2

Рекомендовано для двигателей,  
требующих масел категории API CI-4/ SL

## Балтийская консалтинговая группа «ПРОМЕТЕЙ»

специализируется на юридическом и бухгалтерском сопровождении предпринимательской деятельности и предоставлении юридических услуг для организаций строительного комплекса.

🔥 Регистрация юридических лиц и внесение изменений в учредительные документы.

🔥 Юридические консультации, составление исковых заявлений, жалоб и иных процессуальных документов.

🔥 Юридические услуги по корпоративному, налоговому, административному праву.

🔥 Защита (представление интересов) в Арбитражном суде и услуги по сопровождению исполнительного производства.

🔥 Договорная и претензионная работа.

🔥 Юридические услуги по имущественным отношениям, сопровождение сделок с недвижимым имуществом.

Санкт-Петербург  
Каменноостровский пр., 37, лит. А  
офис 627 (6-й этаж)  
тел./факс: 329-30-53  
8-921-43-800-77  
e-mail: lvv@bcgprometey.ru  
www.bcgprometey.ru



## МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ

**И.М. Сапронов, Р.С. Чурилов**

Мостовые сооружения  
из сверхпрочных фибробетонов –  
отдельный класс несущих конструкций ..... 46

Соблюдение технологии гидрофобизации –  
путь к долговечности бетона  
(ООО «ПК «САЗИ»)..... 55

**Григорий Демченко**

Минеральные вяжущие  
в транспортном строительстве..... 58

**О.Г. Воробьева**

Укрепленные цементом слои дорожной одежды  
под асфальтобетонным покрытием ..... 60

**А.А. Семенов**

Рынок цемента в России ..... 64

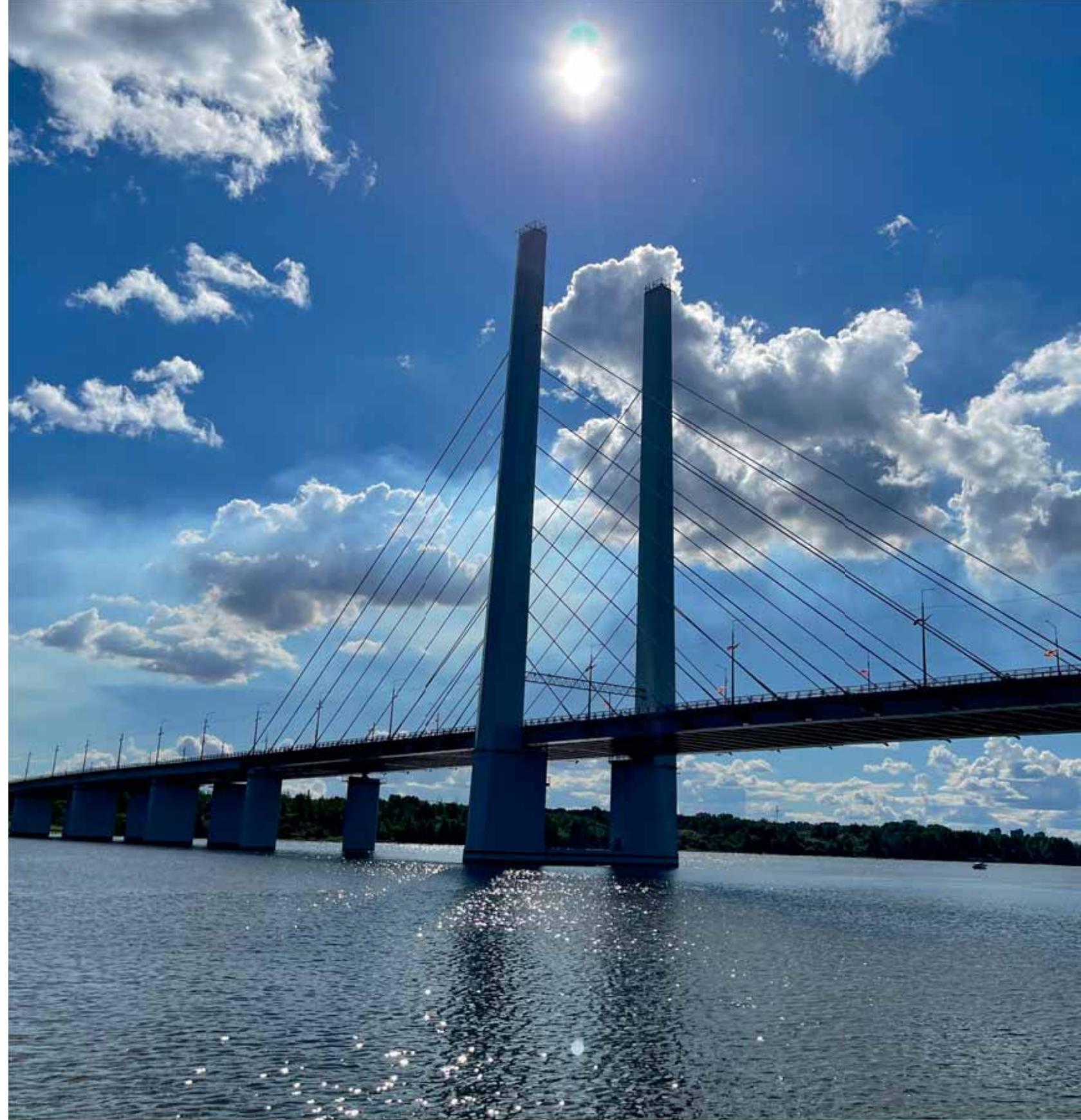
**А.В. Кочетков, А.Ф. Иванов, Н.С. Семенова**

Битумоцементный бетон  
с формированием каркаса укаткой..... 66

## ТЕХНИКА, ОБОРУДОВАНИЕ

Как экономить на хранении битума?  
(ООО «Научно-Производственная организация  
«АсфальтМаш»)..... 74

Современные многоуровневые  
транспортные развязки Китая  
(Компания NFLG)..... 77



**РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ**

**ИСПЫТАНИЯ**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

**ОБСЛЕДОВАНИЕ**

**МОНИТОРИНГ**

реклама



Москва, ул. Полярная, дом 33, стр. 3, пом. 6.  
Тел./факс: +7 (499) 476 79 72

[nic-mosty@mail.ru](mailto:nic-mosty@mail.ru)  
[nic-mosty.ru](http://nic-mosty.ru)



*ДОРОГА  
2022*

МЕЖДУНАРОДНАЯ  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ  
ВЫСТАВКА-ФОРУМ

**12–14**  
**ОКТЯБРЯ**

Г. КАЗАНЬ  
МВЦ «КАЗАНЬ ЭКСПО»

[doroga2022.ru](http://doroga2022.ru)

12+



## ВЫПОЛНЯЕМ ИСПЫТАНИЯ А/Б СМЕСЕЙ И АСФАЛЬТОБЕТОНОВ:

- Соответствие российским и иностранным стандартам
- Динамические тесты на приборе AsphaltQube
- Новейшее оборудование производства IPC Global / Controls
- Четкое исполнение методик

## ПРОВОДИМ ОБУЧЕНИЕ:

- Демонстрационный зал оборудования
- Практические курсы по проведению испытаний
- Обучение методикам по новым стандартам



**ЦЕНТР ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ «ПРО-АСФАЛТ»**

**+7 (495) 221-04-33**

telegram: [bavcorp](#)

[proasphalt.bavcompany.ru](#)



## ВОЗМОЖНОСТИ, ДОСТИЖЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ

➔ ВВЕДЕН В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ПЕРВЫЙ УЧАСТОК СТРОЯЩЕЙСЯ АВТОМАГИСТРАЛИ М-12 «МОСКВА – КАЗАНЬ»

Президент России Владимир Путин 8 сентября в формате видео-конференц-связи дал старт движению по первому пусковому комплексу нулевого этапа федеральной трассы М-12 Москва – Нижний Новгород – Казань. Президент отметил, что проделанная работа – еще один важный шаг в развитии надежного трансконтинентального автомобильного маршрута, соединяющего Запад и Восток России. «Подобные скоростные, хорошо оборудованные автотрассы имеют огромное, стратегическое значение для нашей страны. Они содействуют привлечению инвестиций и наращиванию экспорта, помогают лучше раскрыть потенциал прилегающих к ним территорий, положительно отражаются на всей национальной экономике, на качестве жизни людей», – отметил глава государства.

Движение по новому участку М-12 протяженностью 23 км (от ЦКАД до автомобильной дороги А-108) было запущено досрочно. В торжественной церемонии открытия участка, проходящего по территории Московской области, приняли участие полномочный представитель президента РФ в Центральном федеральном округе Игорь Щеголев, губернатор Московской области Андрей Воробьев, депутат Государственной думы, член наблюдательного совета госкомпании «Автодор» Сергей Неверов, председатель правления госкомпании «Автодор» Вячеслав Петушенко, генеральный директор ООО «Трансстроймеханизация» Владимир Монастырев.

На этом пусковом комплексе протяженностью 23 км возвели 11 искусственных сооружений, в том числе мосты через реки Клязьма

и Вырка, а также две транспортные развязки – с ЦКАД и А-108. Участок удалось построить примерно за год. Для строительства было использовано 495 тыс. кубометров песка, щебеночно-песчаной смеси – 490 тыс. кубометров, вдоль дороги с обеих сторон смонтировано 50 984 пог. м барьерного ограждения, 34 621 кв. м шумозащитных экранов.

➔ РОССИЙСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА НОВОЙ ТРАССЕ М-12

Отечественные разработчики достигли высоких результатов по импортозамещению оборудования и ПО для безбарьерной системы взимания платы на скоростных автомобильных дорогах России. Система «Свободный поток», которая внедряется на М-12, – стопроцентно отечественная разработка.

В Московской области на первом пусковом комплексе нулевого этапа М-12 Москва – Нижний Новгород – Казань установлено российское оборудование. Эта трасса стала второй, где внедрен «Свободный поток». После завершения строительства в 2023 году она станет самой протяженной

дорогой в России, где будет запущена система оплаты проезда без шлагбаумов. Она уже успешно зарекомендовала себя на Центральной кольцевой автомобильной дороге (ЦКАД) в Московской области.

«Свободный поток в эксплуатации и в строительстве дешевле, чем барьерная система взимания платы, примерно на 15–20% на различных участках дорог. Автомобилистам она обеспечивает возможность оплаты услуги на скорости потока, без замедления движения для проезда через шлагбаумы. В дальнейшем мы планируем использовать, масштабировать это решение как успешный, экономически оправдавший себя способ взимания платы», – отметил заместитель председателя правительства Марат Хуснуллин.

Система позволяет при проезде через рамку с датчиками и камерами определить габариты автомобиля, распознать государственные номера регистрации транспортных средств, считать информацию с транспондера. Инновационное решение разработал отечественный концерн «Телематика», который единственный в



России реализует проекты платности на дорогах по принципу «Свободный поток» по заказу государственной компании «Автодор».

«На всей протяженности дороги М-12 запроектировано 19 рамок «Свободного потока», предусмотрены резервные рамки. Это позволит обеспечить стабильное и непрерывное функционирование системы. Если говорить про ЦКАД, то с момента открытия первого платного участка на этой дороге через рамки «Свободного потока» было зафиксировано более 103 млн проездов автомобилей», – сказал председатель правления Госкомпании «Автодор» Вячеслав Петушенко.

«Система на М-12 немного отличается от той, что работает на ЦКАД. Одним из элементов стала установка дополнительного контейнера в придорожной полосе. Он обеспечен системой беспереывного питания, которая даже в случае отключения электричества продолжит фиксировать информацию с оборудования на рамке для последующей передачи в центральную систему. Что же касается компонентов рамки, были добавлены дополнительные камеры для распознавания транспортных средств», – уточнила заместитель председателя правления по интеллектуальным транспортным системам и цифровизации Госкомпании Виктория Эркенова.

Применение технологии «Свободный поток» на платных трассах способствует улучшению экологической обстановки за счет отсутствия ожидания на пунктах оплаты, увеличивает пропускную способность дорог, сокращает время проезда для водителей.

#### ➔ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Новый вантовый мост в г. Череповец – Архангельский – построен с применением листового проката и арматуры Череповецкого ме-



таллургического комбината. На объект было поставлено свыше 9 тыс. тонн горячекатаного листа производства Череповецкого металлургического. Из этой стали изготовлен весь объем основных металлоконструкций мостового сооружения.

«Все металлоконструкции пролетных строений изготовлены из горячекатаного конструкционного проката специальных мостовых марок стали 10ХСНД и 15ХСНД. Из такого металла получают качественные элементы сварных металлоконструкций, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости. Свариваемость сплава не имеет ограничений и может производиться различными способами. Кроме того, такие марки стали могут работать при экстремальных температурах, им не страшен диапазон от +70 до -450°С, что и требуется для обеспечения надежности и долговечности таких стратегических объектов, как мосты», – прокомментировал генеральный директор дивизиона «Северсталь Российская сталь» и ресурсных активов Евгений Виноградов.

В строительстве опор моста использовано 400 тонн череповецкой арматуры марки 25Г2С (класс А 400). Данный сортament широко распространен и проверен в воз-

ведении мостовых сооружений. Арматура обладает хорошей свариваемостью и пластичностью, обеспечивает прочное сцепление с бетоном.

«В августе 2019 мы погрузили первую сваю в основание мостового сооружения. Мост построили в рекордно короткие сроки – за 1000 дней. Более 800 строителей и рабочих сделали невозможное – построили уникальный вантовый мост, который по своим техническим характеристикам стал первым подобным мостом в России... Я благодарю компанию «Северсталь», которая поставила более 9 тыс. тонн металлопроката для строительства этого моста, и компанию «ВАД», лидера дорожного строительства, которая построила здесь 8 км подходов к мостовому сооружению», – прокомментировал губернатор Вологодской области Олег Кувшинников.

*(Подробнее о новой мостовой переправе, возведенной в Череповце, читайте в этом номере).*

#### ➔ РЕКОНСТРУКЦИЯ М-7 «ВОЛГА» В ТАТАРСТАНЕ

Росавтодор продолжает реконструкцию федеральной автодороги М-7 «Волга» Москва – Владимир – Нижний Новгород – Казань – Уфа на территории Татарстана. Работы

финансируются в рамках проекта строительства международного коридора Европа – Западный Китай, включающего маршрут М-12 Москва – Казань с продолжением до Екатеринбурга. Главгосэкспертиза России выдала положительное заключение по проекту реконструкции участка М-7 «Волга» с 1120 по 1138 км.

Проект включает строительство двух транспортных развязок в разных уровнях и двух надземных переходов. Кроме того, до начала основного этапа дорожных работ предусмотрено переустройство участка газопровода-отвода к автоматической газораспределительной станции (АГРС) в населенном пункте Ахматовка. Протяженность трассы трубопровода с рабочим давлением 5,4 МПа составит 444 м, его диаметр – 219 мм.

Отрезок М-7 «Волга» будет построен по нормам категории ІБ с двумя полосами движения в каждую сторону с разделением встречных потоков.

«В проекте также приняты решения по замене моста через реку Ик по-

стройки 1983 года. Он расположен на 1127 км трассы М-7, из трех рассмотренных вариантов выбрана мостовая конструкция с металлическими пролетными строениями по схеме 42+63+63+42 метра», – сообщила Светлана Головорушко, главный эксперт проекта отдела объектов транспортного комплекса Северо-Западного филиала Главгосэкспертизы России.

➔ ПРОИЗВОДСТВО  
ИННОВАЦИОННОГО БИТУМА ДЛЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОГ

Компания «Газпром нефть» разработала и внедрила собственную технологию производства полимерно-битумных вяжущих. Технология предусматривает использование в рецептуре исключительно российских компонентов. Новый продукт дополнительно повысит долговечность дорог, их устойчивость к деформациям и образованию трещин.

Высокие характеристики нового вяжущего также упрощают его транспортировку и процесс строительства дорог. Благодаря

модификациям продукция не подвержена процессам расслаивания при транспортировке и хранении, не требует дополнительного специального оборудования при приготовлении асфальтобетонных смесей. Новая технология разработана специалистами Научно-исследовательского центра «Газпромнефть – Битумные материалы» в Рязани, а выпуск продукции обеспечивает крупнейшая в Европе битумная установка Московского НПЗ.

«Качественная дорожная инфраструктура – это основа развития экономики всех регионов страны, поэтому наша задача – предлагать рынку продукцию самого высокого уровня. Полимерно-битумные материалы, произведенные по новой отечественной технологии, не уступают по своим характеристикам лучшим европейским образцам. Это значимый вклад в развитие дорожно-строительной отрасли страны», – подчеркнул генеральный директор «Газпромнефть – Битумные материалы» Дмитрий Орлов.





МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Минтранс России

**АВТОДОР**  
ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ



# XIV Международная Конференция «Освоение инновационных технологий и материалов в дорожном хозяйстве»

30 ноября – 1 декабря 2022 года

Санкт-Петербург, ул. Шпалерная, 56  
[www.asdor-np.ru](http://www.asdor-np.ru)

12+

Генеральный  
информационный  
партнер

**Дорожная  
Ержава**



ДОРОЖНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

# УРАЛЬСКИЙ ПУТЬ ~ 2023

15-17 февраля в Екатеринбурге  
состоится 5-я масштабная  
научно-практическая конференция  
на тему:

**«Асфальтобетон в новых реалиях.  
Щебень, битум, технологии».**



Программа конференции и регистрация на сайте  
**Уральскийпуть.рф**

12+

✉ **info@уральскийпуть.рф**

📞 **8-922-03-75-322**

При поддержке:



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО  
**РОСАВТОДОР**



**РОСАСФАЛЬТ**  
Ассоциация Производителей и Потребителей  
Асфальтобетонных Смесей



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

На данном этапе Правительством Российской Федерации намечен вектор на снижение административных барьеров и форсирование темпов строительства капитальных объектов, в том числе с учетом применения новых технологий. ФАУ «РОСДОРНИИ», понимая значимость данной задачи, принимает активное участие в вопросах нормативно-технического регулирования дорожной отрасли.

«Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» – так называется один из шести федеральных проектов, включенных в Национальный проект «Безопасные качественные дороги». В качестве одного из результатов в данном документе предусматривается утверждение к 2030 году не менее 350 разработанных и актуализированных национальных стандартов в области дорожного хозяйства.

Для достижения указанной цели утвержден График обновления стандартов и технических требований в области дорожного хозяйства, которым предусмотрены разработка и утверждение не менее 239 стандартов к 2024 году,

из них по мостовой тематике – не менее 29 документов (рис. 1).

Разработка новых и актуализация действующих стандартов должны осуществляться на основе научно обоснованных предложений.

В связи с этим, согласно поручению Минтранса России, ФАУ «РОСДОРНИИ» с 2018 года выполняет работы по анализу нормативно-технических документов в сфере дорожного хозяйства в разрезе объектов и аспектов стандартизации.

Самим предметом исследования является совокупность нормативных документов, устанавливающих требования к автомобильным

дорогам, включая связанные с ними процессы проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта и эксплуатации, а также требования к применяемым дорожно-строительным материалам и изделиям.

Для установления правовых и технических факторов, которые оказывают непосредственное влияние на формирование и функционирование системы стандартизации, используется один из методов системного анализа – метод «черного ящика» (Домницкий А.А., Каргин Р.В., Шемшур Е.А. Системный подход к вопросам стандартизации в сфере дорожного хозяйства Российской Федерации // Дороги и мосты. 2022. № 1. С. 36–50).

Функционирование системы стандартизации в сфере дорожного хозяйства происходит в условиях влияния большого числа факторов и ограничений. Так, согласно

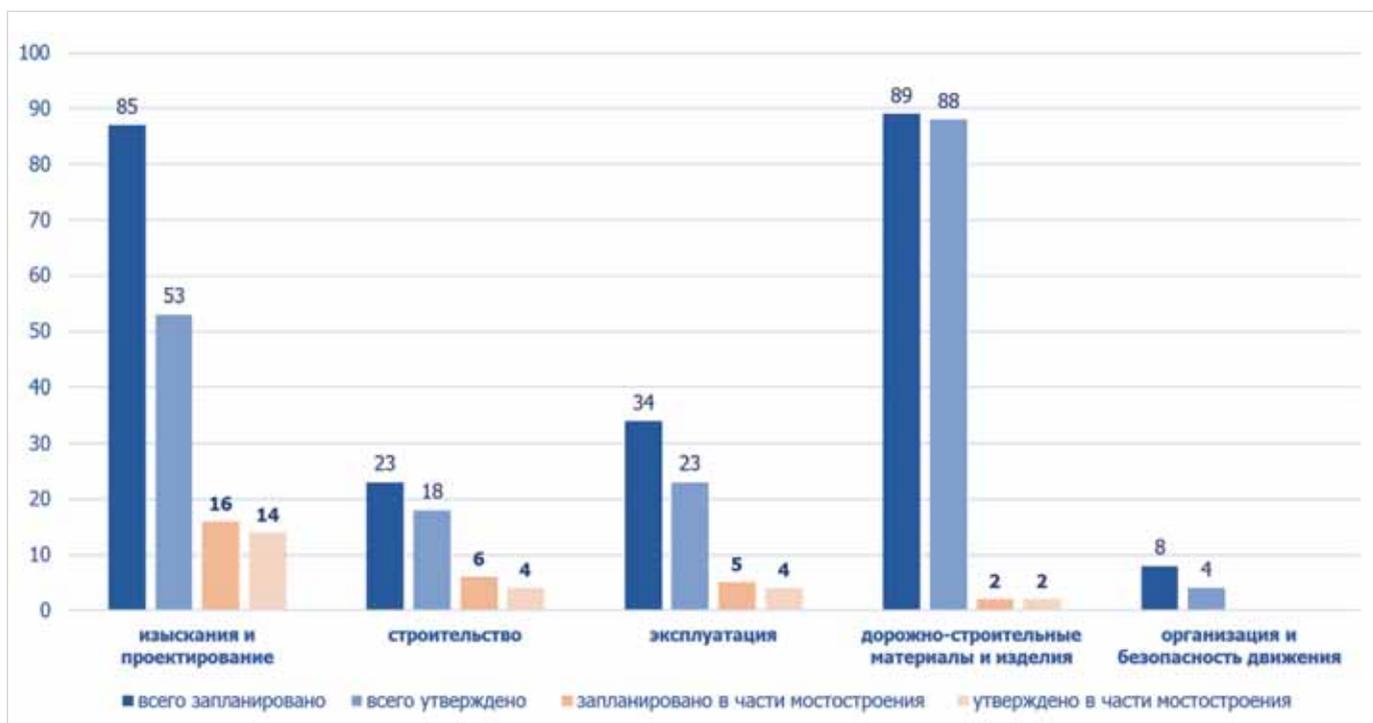


Рис. 1. Количество стандартов по направлениям в соответствии с этапами жизненного цикла по ТР ТС 014/2011, разрабатываемых в рамках Графика

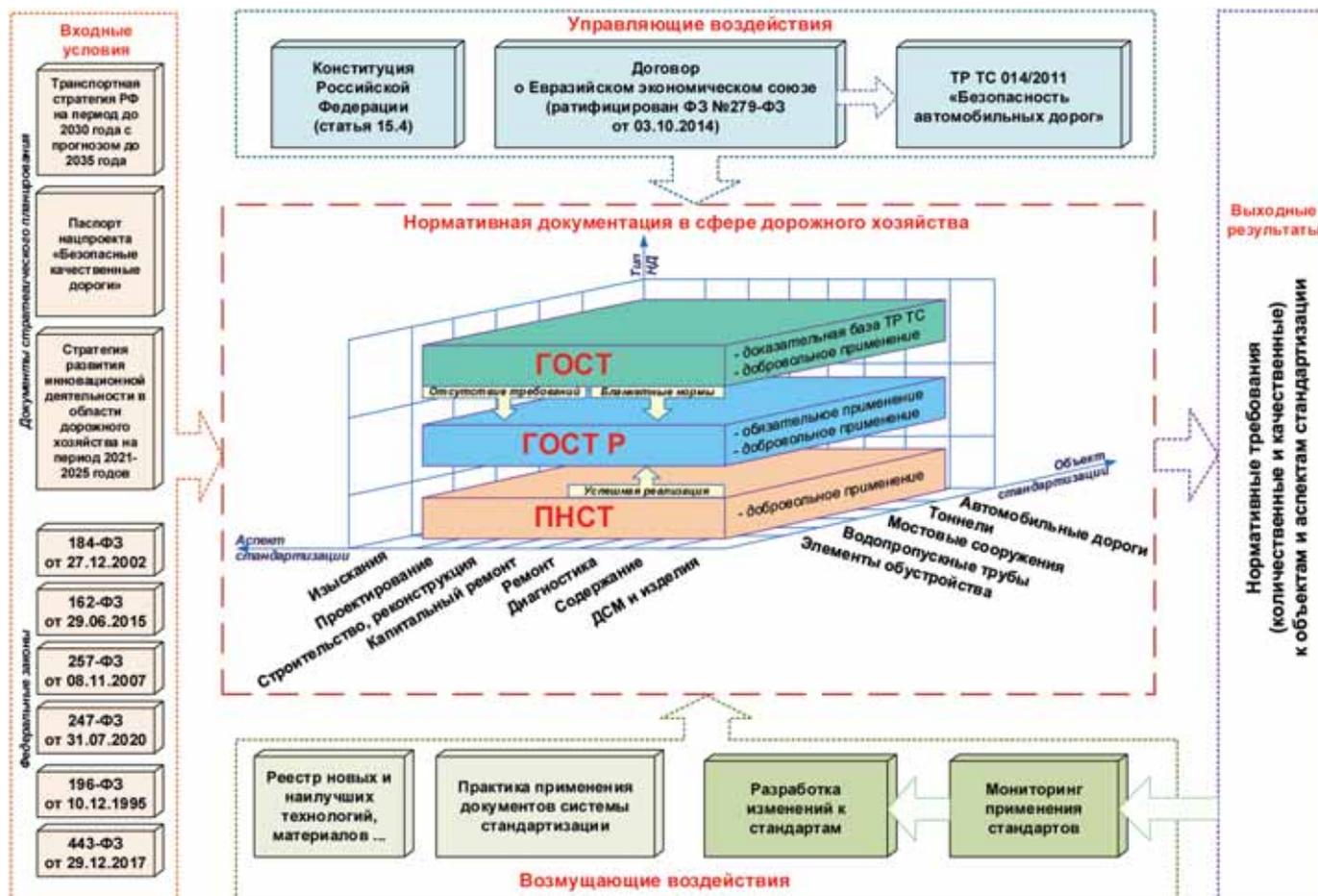


Рис. 2. Система стандартизации в области дорожного хозяйства

правилам стандартизации (п. 4.3.1 ГОСТ Р 1.2-2020), в качестве ограничений выступают требования правовой системы Российской Федерации, а также принципы и нормы международного права, которые являются ее составной частью.

Требования, установленные правовыми документами и правилами международных договоров, действующих в дорожной сфере, относятся к так называемой «внешней среде» объекта исследования. Именно она определяет текущее состояние объекта и, соответственно, влияет на результат его функционирования, которым являются устанавливаемые стандартами нормативные требования.

Первоначально при использовании «метода черного ящика» система стандартизации в сфере дорожного хозяйства анализируется как единое целое, без учета вну-

тренних взаимосвязей ее составных элементов. При этом формируется внешняя среда. Происходит деление внешних воздействий на группы, в зависимости от характера их участия в техническом регулировании: входные условия, управляющие и возмущающие воздействия; выходные результаты (рис. 2).

В процессе совокупного влияния рассмотренных факторов формируются выходные результаты функционирования системы стандартизации, к которым относятся содержащиеся в межгосударственных, национальных и предварительных национальных стандартах конкретные нормативные требования, как количественные, так и качественные, к отдельным объектам и аспектам стандартизации.

При этом следует учитывать принцип стандартизации «о непротиворечии» требований стан-

дартов национального уровня межгосударственным стандартам и государственному законодательству.

Таким образом в части дорожной деятельности на основании федерального законодательства и требований ТР ТС 014/2011 выделены объекты стандартизации первого уровня:

- автомобильные дороги общего пользования;
- мостовые сооружения;
- тоннели;
- водопропускные трубы;
- элементы обустройства.

В качестве аспектов стандартизации приняты процессы жизненного цикла автомобильной дороги, установленные ТР ТС 014/2011:

- изыскания;
- проектирование;
- строительство и реконструкция;
- эксплуатация;
- диагностика.

Сюда же следует отнести применяемые дорожно-строительные материалы и изделия.

В частности, для мостовых сооружений на основании положений межгосударственных стандартов ГОСТ 33178, ГОСТ 33384 выделены наиболее характерные конструктивные элементы, такие как основания и фундаменты, опоры, пролетные строения, мостовое полотно и другие.

При этом для каждого выделенного объекта второго и последующих уровней определены документы, устанавливающие требования к отдельным аспектам стандартизации, в том числе проектирование, строительство и реконструкция, капремонт, эксплуатация, диагностика, материалы и изделия, а также информационно-управляющие системы и прочее.

В результате выполненного анализа нормативно-технических документов в сфере дорожного хозяйства по объектам и аспектам стандартизации в части мостостроения установлено:

- 1) действующие межгосударственные стандарты в целом обеспечивают требования ТР ТС 014/2011;
- 2) содержащиеся в межгосударственных стандартах бланкетные нормы не полностью обеспечены национальными стандартами;

3) на аспекты стандартизации «Проектирование» и «Строительство» действуют ГОСТ, ГОСТ Р и СП.

При этом требования многих действующих сводов правил не гармонизированы с положениями ГОСТ и ГОСТ Р в области дорожного хозяйства.

В развитие доказательной базы ТР ТС 014/2011 в области искусственных дорожных сооружений в 2021–2022 годах на национальном уровне было введено в действие Росстандартом несколько новых национальных стандартов, учитывающих современный отечественный и зарубежный опыт, в том числе по направлениям:

- проектирование (14);
- строительство (3);
- эксплуатация (7);
- технологии и материалы (4).

Отдельно стоит отметить, что ФАУ «РОСДОРНИИ» выступило в качестве разработчика двух национальных стандартов:

- ГОСТ Р 59200-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Мосты и трубы. Капитальный ремонт, ремонт и содержание. Технические правила» – действует с 01.09.2021;
- ГОСТ Р 59402-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Проектирование усиления конструкций для пропуска тяжеловесных транс-

портных средств» – действует с 01.05.2021.

Таким образом, следует отметить, что нормативно-техническая база постоянно совершенствуется. В ходе ее применения у пользователей зачастую вызывает затруднение выбор необходимых документов применительно к конкретному случаю, а также в плане соответствия (или непротиворечия) положений того или иного стандарта положениям ТР ТС 014/2011.

В настоящее время на официальном сайте ФАУ «РОСДОРНИИ» создан и регулярно обновляется информационный ресурс с описанием всех изменений отраслевой нормативно-технической базы, который включает в себя базовые перечни действующих стандартов в дорожном хозяйстве с учетом требований ТР ТС 014/2011 для всех видов дорожной деятельности: строительство, реконструкция, капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог и мостов.

Применение заказчиками дорожных работ этих перечней при разработке соответствующих технических заданий на дорожные работы позволит повысить качество производства работ, а также во многом облегчит жизнь самим заказчикам при формировании технических заданий.

Следует отметить, что также в целях повышения качества дорожных работ ФАУ «РОСДОРНИИ» проводится работа по регулярному информированию субъектов Российской Федерации о введении в действие новых нормативно-технических документов, соответствующих требованиям ТР ТС 014/2011.

**И.В. Чанцев,**

заместитель начальника проектного офиса по науке ФАУ «РОСДОРНИИ»;

**А.А. Домницкий,** д-р техн. наук, заместитель начальника проектного офиса по науке ФАУ «РОСДОРНИИ»



# МОСТОВОЙ ПЕРЕХОД В ЧЕРЕПОВЦЕ

Новое искусственное сооружение через реку Шексну в створе Архангельской улицы города Череповца связало расположенные на разных берегах Шексны районы индустриального центра Вологодчины. Строительство объекта, начавшееся в конце 2017 года и разделенное на четыре пусковых комплекса, было досрочно завершено компанией «ВАД» летом этого года.

Торжественное открытие движения по мостовому переходу состоялось накануне Дня строителя – 10 августа. Старт движению дал Президент Российской Федерации Владимир Путин. Выступая в формате видео-конференц-связи, глава государства поздравил участников реализации проекта с профессиональным праздником и отметил чрезвычайную важность мостового перехода как для Череповца и Вологодской области, так и для развития межрегионального транспортного сообщения.

«Возведение этого моста – один из ярких и достойных результатов работы строительной отрасли России. Несмотря на непростую ситуацию, отрасль уверенно демонстрирует эффективность, работает действительно ударно, выходит на новые рекордные показатели и по праву считается одним из локомотивов национальной экономики... Названный горожанами «Архангельский», этот

мост послужит развитию всей череповецкой агломерации, станет важнейшим звеном между Северо-Западом страны и другими регионами России», – сказал Президент.

В церемонии открытия мостового перехода приняли участие полномочный представитель Президента Российской Федерации Александр Гуцан, министр транспорта Российской Федерации Виталий Савельев, губернатор Вологодской области Олег Кувшинников, генеральный директор АО «ВАД» Валерий Абрамов.

Виталий Савельев, отметив архитектурные особенности нового автотранспортного сооружения, подчеркнул: «Архангельский мост – один из крупнейших вантовых мостов России. Хочу добавить, что длина вантового перехода составляет 220 метров, а сам мост имеет протяженность 1132 метра... Исторически Череповец является городом, где в 1979 году был по-

строен первый в нашей стране вантовый мост – Октябрьский».

По словам губернатора Вологодской области, строительства мостового перехода через Шексну ждали несколько поколений жителей края. Не случайно Олег Кувшинников назвал появление моста историческим событием не только для Череповца и Вологодчины, но и других регионов Северо-Запада. Он отметил, что было сформировано большое транспортное кольцо, соединившее четыре микрорайона Череповца, благодаря чему транзитный транспорт пущен в обход центра города, а путь от Череповца до Москвы сократился на 132 км.

Глава региона также указал на новые возможности, которые обозначились в результате ввода в эксплуатацию этого искусственного сооружения. Все это подчеркивает не только экономическую, но и социальную значимость мостового перехода, построенного через Шексну.

Сняв транспортную напряженность на Октябрьский мост, новая мостовая переправа открыла перспективы масштабного инфраструктурного развития на левом берегу Шексны. Кроме того, с момента введения в эксплуатацию мостового перехода значительно улучшилась транспортная доступность жителей к промышленным площадкам ПАО «Северсталь» и АО «Апатит».

Возвращаясь к этапам строительства мостовой переправы, следует добавить, что в рамках первого пускового комплекса было выполнено уширение проезжей части участка улицы Архангельской (протяженность – 740 м) до шести полос движения. Работы здесь были завершены на месяц раньше предусмотренного государственным контрактом срока.





Второй, третий и четвертый пусковые комплексы включили в себя возведение самого моста через реку Шексну, подходов к нему со стороны улицы Архангельской и со стороны Зашекснинского района, а также строительство Южного шоссе с выходом на региональную автодорогу Сергиев Посад – Калязин – Рыбинск – Череповец.

Вопреки непростым климатическим условиям, а также несмотря на сложность ситуации, связанной в том числе с пандемией коронавируса, работы, начатые на этих пусковых комплексах весной 2019 года, были завершены с высоким качеством более чем на три года раньше срока! Такому удивительному достижению, вероятно, способствовал и тот факт, что генеральный подрядчик строительства – компания «ВАД» – работает в Вологодской области с 2000 года, поэтому специалисты предприятия отлично знакомы с особенностями региона.

В процессе реализации нового автотранспортного объекта были выполнены выносы из зоны проведения работ сетей связи, осуществ-

лено переустройство различных инженерных коммуникаций. В составе объекта – 18 примыканий и три кольцевых пересечения в одном уровне. На участках автомобильной дороги предусмотрены водопропускные трубы и дождеприемное сооружение.

Построенное современное мостовое сооружение через Шексну имеет по три полосы для движения в каждом направлении и

двусторонний тротуар шириной 1,5 м. Опоры двухпилонного вантового автомобильного моста возведены на свайном основании: под 15 опор погружено 967 свай. В основании пилона находится ростверк из монолитного железобетона, объединяющий буронабивные сваи диаметром 1,5 м и длиной до 34,4 м. Высота железобетонных монолитных опор Н-образной формы достигает 119 м.





Одними из ключевых элементов моста являются ванты (72 троса), которые расположены по схеме «арфа», по девять вант с каждой стороны пилона. Для создания эстетического восприятия местности специалистами произведена архитектурная подсветка моста с использованием более 3 тыс. светодиодных светильников.

Для повышения безопасности движения, а также лучшего ориентирования водителей и пешеходов на автодороге выполнено устройство наружного освещения и светофорных объектов, установлены дорожные знаки, барьерные и перильные ограждения.

Огромную роль в реализации строительства современного мостового перехода сыграло применение инновационных технологий и материалов. Была задействована дорожно-строительная техника с технологиями 3D-нивелирования (экскаваторы, бульдозеры). Такие системы, позволяющие контролировать в автоматическом или ручном режиме положение рабочего органа строительной машины, обеспечили точность и ровность формирования земляного полотна, а также способствовали увеличению скорости работ и сокращению вынужденных простоев техники и ускорению рабочих процессов, связанных, на-

пример, с очередными проверками отметок геодезистами. Кроме того, использование систем нивелирования привело к существенной экономии материалов, обеспечило, наряду с высоким качеством работ, более низкую их себестоимость и повышенную производительность.

Устройство верхнего слоя покрытия было выполнено из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА 20). Преимущественными особенностями таких покрытий являются высокие показатели шероховатости и сцепления с колесом автомобиля, сдвигоустойчивость в покрытии, износостойкость, в том числе к действию шипованных шин, а также повышенная водо- и морозостойкость, коррозионная стойкость, устойчивость к усталостным трещинам и старению. Все это, в свою очередь, обеспечивает увеличение срока службы покрытия, приводит к уменьшению затрат на содержание и ремонт дорожного покрытия. Сюда же следует отнести снижение уровня шума при движении автомобилей.

На мостовом объекте специалистами была эффективно решена проблема защиты деформационных швов от нежелательных ударно-динамических воздействий в зоне примыкания. Этому способство-

вала специальная прочно-упругая гранитно-мастичная композиция ПУГМК (VJ VAUM). Была обеспечена и качественная гидроизоляция плиты проезжей части пролетных строений за счет использования мембраны на основе метилметакрилатной смолы.

Мостовой переход через Шексну вместе с прилегающими к нему новыми автомобильными подходами стал достойным украшением Череповца. Торжественное открытие этого современного транспортного гиганта стало настоящим праздником и для жителей, и для гостей города. Увенчался праздник 11 августа автопробегом: колонна из 60 автомобилей белого, голубого и красного цветов, символизируя российский триколор, проследовала по малому транспортному кольцу: Архангельскому мосту, улице Архангельской, проспекту Победы, улице Сталеваров, Октябрьскому мосту, Шекснинскому проспекту и Южному шоссе.

В автопробеге приняли участие губернатор Вологодской области Олег Кувшинников, председатель законодательного собрания Вологодской области Андрей Луценко, советник руководителя Федерального дорожного агентства Игорь Астахов, мэр Череповца Вадим Германов, первый заместитель генерального директора АО «ВАД» Виктор Перевалов. В завершение автомобильного пробега глава региона Олег Кувшинников дал старт движению общественного транспорта – с этого момента новый мостовой переход стал доступен для пользователей.

В скором будущем Архангельский мост, став частью инфраструктурного каркаса Северо-Западного и Центрального федеральных округов, позволит расширить транспортно-логистический коридор в южном направлении, увеличить транзитные перевозки и укрепить автомобильные связи Вологодской области с центральными регионами России.

Подготовила Светлана Пичкур

# ЕДЕМ ПЛАВНО!

## НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЛАВНОСТИ ПРОЕЗДА

В последние годы, в том числе в связи со строительством и вводом в эксплуатацию ряда высокоскоростных автомагистралей (М-4 «Дон», М-11 Москва – Санкт-Петербург, ЦКАД, М-12 Москва – Казань), особое внимание уделяется обеспечению плавности проезда через конструкцию деформационного шва.

ООО «ДШР» специализируется на производстве деформационных швов и опорных частей с 1994 года. За 28 лет деятельности нами накоплен огромный опыт в области проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации всего спектра конструкций, обеспечивающих перемещения пролетных строений.

На нашем производстве мы разработали и внедрили ряд технических решений, позволяющих, сохраняя высокие эксплуатационные характеристики конструкций, достигнуть максимально комфортных и безопасных условий проезда. Данные технические решения на сегодняшний день имеют успешный многолетний опыт эксплуатации.

### Конструкция переходных зон деформационных швов

Одним из ключевых факторов, влияющих на плавность проезда, является состояние примыкающего к деформационному шву асфальтобетонного покрытия. Об-

разование колеи, отрыв и разрушение асфальтобетона от кромки примыкания к ДШ приводят к активному воздействию ударных нагрузок от колес автотранспорта на деформационный шов – вследствие возвышения металлических профилей окаймления относительно покрытия проезжей части.

После начала разрушения зоны примыкания требуются постоянные оперативные дорогостоящие мероприятия по содержанию конструкции ДШ в нормативном состоянии (устранение разрушений примыкания дорожной одежды к конструкции ДШ), эффект от которых носит временный характер.

Причины разрушения асфальтобетона в зоне примыкания:

- недостаточное уплотнение асфальтобетона в зоне примыкания к ДШ;
- образование колеи на примыкающем асфальтобетоне;
- недостаточная адгезия асфальтобетона к металлическим элементам окаймления ДШ;

- проникновение воды между конструкцией ДШ и примыкающим асфальтобетоном;
- ошибки монтажа.

Эффективным решением данной проблемы является устройство переходных зон ДШ из материалов, имеющих более высокие прочностные и адгезионные характеристики, чем асфальтобетон. Переходная зона устраивается с двух сторон от деформационного шва на всю толщину асфальтобетонного покрытия шириной от 300 мм в виде заполнения специальными материалами вырезанной в асфальтобетонном покрытии штрабы.

ООО «ДШР» были разработаны инновационные материалы заполнения для конструкций переходных зон:

- ПУГМК (VJ BAUM) (прочнo-упругая гранитно-мастичная композиция), состоящая из армирующего высокопрочного щебня и специального мастичного материала;
- ДШРКРИТФЛЕКС – двухкомпонентный ударостойкий полимербетон.

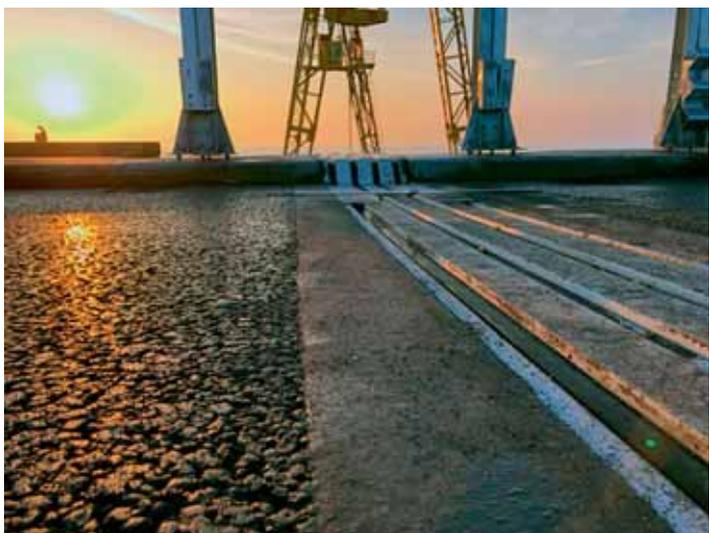
Данные материалы обладают рядом свойств, обеспечивающих



Характерные разрушения примыкания к деформационному шву



Переходная зона ПУГМК (VJ BAUM)



Переходная зона ДШРКРИТФЛЕКС



Переходная зона ПУГМК (В) ВАУМ)

их эффективную работу в конструкциях переходных зон:

- восприятие динамических нагрузок за счет эластично-упругих свойств материалов заполнения и обеспечение эффекта демпфирования, защищающего конструкцию ДШ от негативных ударных воздействий;

- повышенная адгезия к металлическим элементам деформационных швов и к примыкающим слоям дорожной одежды;

- устойчивость к колееобразованию;

- водонепроницаемость – обеспечение надежного водонепроницаемого сопряжения слоя гидроизоляции с конструкцией деформационного шва.

Переходные зоны ПУГМК (В) ВАУМ) и ДШРКРИТФЛЕКС



Деформационный шов ОП ДШ 100 ПГ

были применены более чем на 330 мостовых сооружениях и показали свою высокую эффективность. Обе конструкции одобрены Минстроем РФ и имеют Техническое свидетельство о пригодности для применения в строительстве новых технологий и продукции.

В Изменении №3 к СП 35.13330.2011, вступившем в действие в 2021 году, конструкция переходной зоны официально введена нормативом как элемент обустройства конструкции деформационного шва.

#### Деформационные швы ОП ДШ ПГ и МП ДШ ПГ с гребенчатыми элементами перекрытия

Еще одним техническим решением, позволяющим обеспечить плавность проезда через кон-

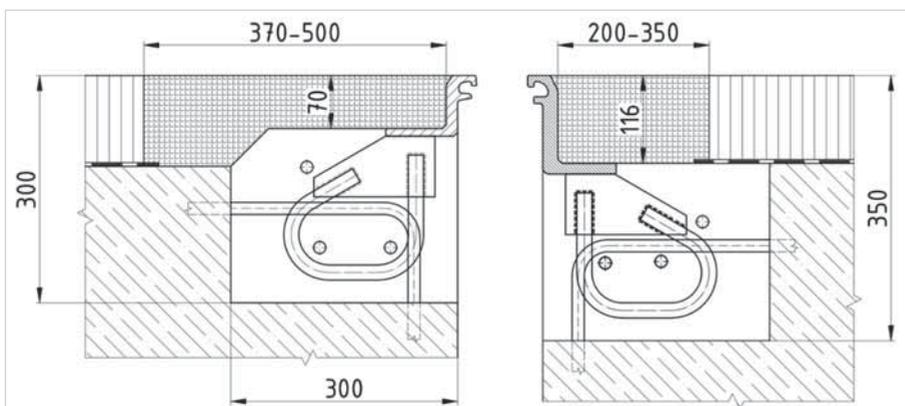


Деформационный шов МП ДШ 320 ПГ

струкцию ДШ, является применение гребенчатых элементов перекрытия.

В соответствии с рекомендациями Федерального дорожного агентства ОДМ 218.2.025-2012 «Деформационные швы мостовых сооружений на автомобильных дорогах», для снижения динамического воздействия на КДШ, шумового воздействия; повышения плавности проезда на мостовых сооружениях в населенных пунктах и находящихся на расстоянии менее 2 км от них, а также на автодорогах с разрешенной скоростью движения автотранспорта более 90 км/ч рекомендуется в конструкциях деформационных швов применять дополнительные элементы перекрытия, предотвращающие попадание колеса в зазор и исключая удар о нижерасположенные конструкции.

В конструкциях ОП ДШ ПГ и МП ДШ ПГ отсутствуют зазоры, перпендикулярные направлению движения автотранспорта. Это позволяет избежать скачков и ударов даже при максимальном раскрытии зазора ДШ в зимний период, а также существенно снизить шумовую эмиссию при пересечении ДШ автотранспортом, что особенно актуально при строительстве искусственных сооружений в крупных городах, в условиях плотной жилой застройки.



Деформационный шов со стандартной (слева) и увеличенной (справа) высотой профиля окаймления



Конструкция деформационного шва ОП ДШ-80 с высотой профиля окаймления 116 мм.

### Деформационные швы ОП ДШ и МП ДШ с увеличенной высотой профиля окаймления

Большинство применяемых в настоящее время конструкций однопрофильных и многопрофильных деформационных швов имеют высоту окаймления 70 мм. Это приводит к необходимости устройства бетонного прилива омоноличивания и уменьшению толщины асфальтобетона в пришовной зоне, что негативно сказывается на прочностных характеристиках покрытия.

В Изменении № 3 к СП 35.13330.2011 п. 5.69 указано, что «высоту металлического окаймления модульных и однопрофильных деформационных швов следует принимать соответствующей толщине дорожной одежды на пролетном строении».

Таким образом, учитывая требование СП 35.13330.2011 п. 5.66 по минимальным толщинам асфальтобетонного покрытия, необходимая высота окаймления деформационного шва (с учетом толщины гидроизоляции) для наиболее широко используемых в настоящее время типов дорожной одежды составляет 96–116 мм.

Специалистами ООО «ДШР» более шести лет назад была разработана и внедрена конструкция деформационного шва с увеличенной высотой окаймления. Такая конструкция исключает необходимость устройства прилива омоноличивания выше отметки плиты пролетного строения и позволяет выполнить требования нормативных документов.



В соответствии с ОДМ 218.2.025-2012 «Деформационные швы мостовых сооружений на автомобильных дорогах», в швах заполненного и перекрытого типов положение поверхности проезда конструкции деформационного шва должно полностью соответствовать проектным уклонам верха покрытия проезжей части и располагаться на 4–5 мм ниже отметки верха покрытия. Это позволяет сформировать «прикаточный слой» и обеспечить плавный, безударный проезд

Совместное использование вышеперечисленных технических решений (переходная зона, увеличенная высота профиля окаймления, гребенчатые элементы перекрытия) и соблюдение требо-



ваний нормативных документов позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики конструкций ДШ, гарантировать их надежную работу в течение всего срока эксплуатации и обеспечить комфортные, безопасные условия движения на мостовом сооружении.



ООО «ДШР»  
143006, Московская обл.  
г. Одинцово  
ул. Транспортная, д. 2  
тел: +7 (499) 189-42-87  
www: dshr.pf  
e-mail: info@dshoch.ru

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОСТОСТРОЕНИЯ В РОССИИ

Область современного российского мостостроения неразрывно связана с динамикой совершенствования направлений научно-технического характера, к которым относятся появление новых материалов, конструкций, технологий, оборудования и пр. Сюда же следует отнести новые возросшие требования к потребительским свойствам, предъявляемым к мостовым сооружениям, а также эффективные подходы по обеспечению этих требований.

Федеральное дорожное агентство активно осуществляет реализацию организованной системной работы по нормированию всех этапов жизненного цикла мостовых сооружений, начиная с проектирования, включая технологии строительства, эффективное использование материалов, и заканчивая строительным контролем. Сюда же следует отнести направления, связанные с диагностикой сооружений и конструкций в процессе их эксплуатации.

На данном этапе разработано более 40 документов по стандартизации, в том числе межгосударственные стандарты, являющиеся доказательной базой ТР ТС, и национальные, гармонизированные с ТР ТС.

По своим целям национальные стандарты, разрабатываемые на протяжении нескольких последних лет, можно разделить на:

- стандарты, выпущенные в развитие межгосударственных стандартов (порядка 7 стандартов);
- стандарты на методы контроля различных параметров мостовых сооружений (порядка 15 стандартов);
- стандарты на правила проектирования (порядка 8 стандартов);
- стандарты, регламентирующие правила обследования, ремонта и эксплуатации мостовых сооружений (порядка 5 стандартов);
- стандарты, призванные решать определенную задачу, возникающую на определенном этапе жизненного цикла мостового сооружения (порядка 5 стандартов).

Так, в области проектирования разработан ГОСТ Р 59621-2022 «ДАОП. Мостовые сооружения. Проектирование металлических гофрированных элементов», в котором впервые приведены базовые правила проектирования мостовых сооружений из металлических гофрированных труб и арок, в том числе конструктивные и расчетные требования, требования к материалам и покрытиям, а также рекомендации к конечно-элементному моделированию. Выпуск данного национального стандарта позволяет перевести в правовое поле проектирования такие крайне востребованные конструкции, как большепролетные гофрированные арки под насыпями, что будет способствовать сокращению сроков и трудоемкости проектирования и упростит проведение экспертизы проектной документации.

Известно, что во время строительства мостовых сооружений довольно часто возникают аварийные ситуации. Такое положение ранее осложнялось тем, что нормативная база в части проектирования вспомогательных и специальных сооружений и устройств отсутствовала. Поэтому для ликвидации данного существенного пробела Росавтодором разработан ГОСТ Р 59626-2022 «ДАОП. СВСУ для строительства мостов. Правила проектирования. Общие требования».

В части осуществления строительства и проведения строительного контроля впервые разработаны и утверждены Росстандартом национальные стандарты ГОСТ Р

70072-2022 «ДАОП. Мосты и трубы дорожные. Технические требования» и ГОСТ Р 70073-2022 «ДАОП. Мосты и трубы дорожные. Методы определения геометрических и физических параметров».

Вышеназванные национальные стандарты не только определяют технические требования, проверяемые при проведении строительного контроля, но и дают соответствие проверяемым параметрам и характеристикам методам контроля, а также допускам и документам, содержащим контролируемые требования. Введение в действие этих стандартов призвано повысить качество выполняемых работ.

Что касается нормирования проведения обследований и диагностики мостов, то разработанный стандарт ГОСТ Р 59618-2021 «ДАОП. Мостовые сооружения. Правила обследований и методы испытаний» фактически заменяет один из основных документов ранее действовавших в этой области – ОДМ 218.4.001 2008 «Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах», утративший силу в мае 2022 года. Не вступая в противоречие с СП 79.133330, новый ГОСТ значительно развивает сложившиеся практики обследования автодорожных мостовых сооружений. Устранены несоответствия и разночтения существовавшей нормативно-методической базы. Проводящие обследование мостов экспертные организации в своей работе могут впервые опираться на национальный стандарт, а не на отраслевые и методические документы, имеющие рекомендательный характер.

Документом ГОСТ Р 59617-2021 «ДАОП. Мостовые сооружения.

Правила обследования фундаментов опор» впервые решены крайне актуальные в настоящий момент задачи обследования подземных частей опор искусственных сооружений косвенными неразрушающими методами. Предшествующий принятию ГОСТа значительный комплекс научно-исследовательских работ позволил не только отобрать самые эффективные геофизические методы контроля, но и систематизировать методики проведения работ. Национальный стандарт отражает правила обследований фундаментов опор мостов с определением физико-механических и геометрических параметров неизвестных конструкций, расположенных под землей.

В настоящий момент реализуется комплексная тематика с разработкой документа ГОСТ Р «ДАОП. Правила ремонта деформационных швов и водоотводных устройств сборных и сборно-монолитных железобетонных пролетных строений». Это позволит решить ряд насущных вопросов, а также упростить, стандартизировать и ускорить проведение ремонтных работ на сооружениях.

Росавтодор активно участвует в научных исследованиях, по итогам которых разрабатываются новые, порой уникальные национальные стандарты.

За последние 10 лет возросло количество построенных большепролетных и внеклассных мостов. Активно проектируются вантовые, арочные и балочные системы с пролетами более 150 м. Для подобных конструкций сложной в своем решении задачей является аэродинамическая устойчивость пролетного строения.

Актуальность подобной задачи и необходимость ее решения были подтверждены ситуацией с так называемым «танцующим мостом» в Волгограде.

До настоящего времени нормативных документов в части оценки



аэродинамической устойчивости не создавалось, что было связано с необходимостью проведения масштабной научной работы, в том числе и с проведением множества натуральных испытаний.

Данные задачи нами были решены, и начиная с этого года введен в действие ГОСТ Р 59625-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила расчета и подтверждения аэроупругой устойчивости».

Впервые в мире разработан уникальный нормативный документ, четко определяющий методы и способы подтверждения аэродинамической устойчивости мостов. Этот стандарт определяет случаи, когда необходимо проведение численных расчетов или натурных испытаний в аэродинамических трубах, а также устанавливает объемы проведения подобных испытаний, требования и условия расчетов, дает рекомендации по установке обтекателей и гасителей колебаний.

Документ разрабатывался в кооперации с двумя проектными и двумя научно-исследовательскими институтами, а доказательной базой стандарта послужили выполненные экспериментальные продувки в аэродинамических трубах и собранные практически со всех крупных отечественных объектов результаты комплексных аэродинамических исследований. Данный стандарт является комплексным трудом большого коллектива и показательным примером кооперации научных и проектных институтов из разных городов.

Не менее важно и внедрение новых материалов, методов расчета и конструирования мостовых конструкций.

Представляется крайне интересной тематика внедрения сверхвысокопрочного фибробетона. Росавтодор поддерживает данное направление развития и будет способствовать внедрению этого материала как в несущие элементы, так и при проведении ремонтных работ.

Еще одним направлением деятельности Федерального дорожного агентства в части мостов является внедрение на новом технологическом уровне большепролетных деревянных клееных конструкций.

Они могут быть востребованы в качестве несущих элементов под пешеходную нагрузку, а также для легких пролетных строений в удаленных районах на дорогах низких категорий. При выполнении научно-исследовательской работы предусмотрена разработка системы нормативных документов, позволяющих внедрить принципиально новые типы деревянных конструкций (ЦЛТ панели), прогрессивные виды монтажных соединений.

В части конструирования железобетонных элементов Федеральное дорожное агентство планирует научно-исследовательские работы по внедрению прогрессивного метода «тяжи и распорки», аналога метода «ферменной аналогии». Это позволит рассчитывать и конструировать

железобетонные элементы в ряде случаев более экономно, чем с применением действующих в настоящий момент отечественных нормативных документов.

Что касается конструирования металлических элементов, то запланирована работа по развитию методов учета пластических деформаций. Выполнение данной работы позволит получить значительную экономию материалоемкости пролетных строений без снижения уровня безопасности.

Все обозначенные выше темы предполагают проведение работ по натурным испытаниям опытных конструкций и образцов.

Перед дорожным хозяйством стоят задачи по вводу в эксплуатацию искусственных сооружений, в том числе в рамках утвержденного пятилетнего плана.

В 2022 году предусмотрен ввод в эксплуатацию 117 искусственных сооружений, протяженностью 10 422 пог. м, в том числе:

- на федеральных автодорогах - 56 шт. / 4331,42 пог. м,
- на автодорогах регионального и местного значения - 61 шт. / 6091 пог. м (в том числе один уникальный – мост через реку Шексну в г. Череповце).

До 2027 года предусмотрен ввод в эксплуатацию 775 шт. / 86 580 пог. м, в том числе на федеральных автодорогах 721 шт. / 19 980 пог. м, включая в составе объектов 709 шт. / 18 634 пог. м; ремонтонепригодные – 12 шт. / 1346 пог. м; уникальные – 9 шт. / 28 516,98 пог. м, в частности:

- пойменный мост протяженностью 769,07 пог. м при реконструкции автодороги А-135 подъездная дорога М-4 «Дон» к г. Ростову-на-Дону на участке км 2+400 – км 7+000;
- мост через реку Свягу протяженностью 781,28 пог. м на автодороге М-7 «Волга»;
- мост через реку Каму протяженностью 1100 пог. м в рамках строительства обхода городов

Нижнекамска и Набережных Челнов;

- мост через реку Сим протяженностью 730 пог. м в рамках реконструкции автомобильной дороги М-5 «Урал» на участке км 1564 – км 1609;

- мост через реку Суру (II очередь) протяженностью 2416,63 пог. м на М-7 «Волга»;

- мост через реку Волгу протяженностью 11 600 пог. м в рамках строительства Южного обхода г. Саратова;

- мост через Волго-Донской судопроходный канал протяженностью 1300 пог. м (в рамках строительства первого этапа обхода Волгограда);

- мост через реку Алдан протяженностью 1600 пог. м, в рамках проводимого обоснования инвестиций;

- мост через реку Вилюй протяженностью 1650 пог. м (на км 660 автомобильной дороги А-331 «Вилюй», реализация после 2027 года).

На автодорогах регионального и местного значения – 54 шт. / 66 600 пог. м, в том числе включая три уникальных:

- мост через реку Лену в районе г. Якутска;
- мост через реку Обь в створе Ипподромской улицы г. Новосибирска;
- мост через реку Зея в г. Благовещенск Амурской области.

В части проектирования мостов в развитие межгосударственных стандартов разработаны и утверждены:

- ГОСТ Р 59619-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила проектирования опор»;

- ГОСТ Р 59621-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Проектирование металлических гофрированных элементов»;

- ГОСТ Р 59622-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Проектирование железобетонных элементов»;

- ГОСТ Р 59623-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Проектирование стальных элементов»;

- ГОСТ Р 59624-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Проектирование сталежелезобетонных элементов».

В разработке:

- ГОСТ Р «Правила устройства и укрепления конусов насыпей подходов»;

- ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила проектирования сопряжений с насыпями подходов»;

- ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила устройства лестничных сходов и эксплуатационных обустройств».

Для решения отдельных специальных задач при проектировании и строительстве разработаны следующие документы:

- ГОСТ Р 59627-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Смотровые ходы и агрегаты. Общие технические условия».

- ГОСТ Р 59620-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Части опорные комбинированные сферические (шаровые сегментные) для мостовых сооружений. Общие технические условия».

- ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила расчета сталежелезобетонных пролетных строений»;

- ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила объединения балочных разрезных пролетных строений в температурно-неразрезные по железобетонной плите проезжей части»;

- ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила расчета при усилении железобетонных балочных пролетных строений».

**С.В. Гошовец**,  
начальник Управления  
научно-технических  
исследований,  
информационных технологий  
и хозяйственного обеспечения  
Федерального дорожного  
агентства

# Правильно – это Цинкировать!

## Цинкирование – технология, позволяющая зарабатывать Больше!

## Это реальная замена горячего цинкования!

### Заключения

ISO-12944:2018 C4veryhigh 121-130 мкм (более 25 лет)

ISO-12944:2018 C5high 121-130 мкм (15-25 лет)

ГОСТ 9.401 УХЛ1-120 мкм (более 25 лет)

Одобрение Российского Морского Регистра Судоходства

Технология Цинкирования внесена в СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85

Защита строительных конструкций от коррозии»

(Цинкирование ( $t = 80-120$  мкм) в слабоагрессивных средах)



## Отличительные особенности Цинкирующего состава

- 1) Образует стабильную субдисперсионную Zn-Fe зону на поверхности металла.
- 2) Обладает свойством межслойной диффузии.
- 3) Сохраняет функцию поверхностной самоконсервации и самовосстановления в течение всего срока службы.
- 4) Отличается достаточной стойкостью к абразивному воздействию.
- 5) Межатомное расстояние в цинкерном слое аналогично межатомному расстоянию в слое цинка, нанесённого с помощью процесса погружения в ванну.
- 6) Наносится даже зимой при температуре от  $-30^{\circ}\text{C}$ .
- 7) UV-стабильно, имеет благородный серый цвет.

**ВНЕСЕНО В СТО-01393674-007**

**ЗАЩИТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ  
ОТ КОРРОЗИИ МЕТОДОМ ОКРАШИВАНИЯ**

Закажите  
**бесплатный  
образец**



01. Подготовка



02. Нанесение



М Е Ж Д У Н А Р О Д Н А Я    К О Н Ф Е Р Е Н Ц И Я

МЕЖДУНАРОДНАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ

**МИР**  
**БИТУМОВ**  
**2022** **+** **ПБВ**  
**ПРОИЗВОДСТВО**



**10 – 11 октября**

КАЗАНЬ • РОССИЯ

## Темы для обсуждения на конференции

- Состояние рынка битумов и ПБВ в России и их перспективы
- Государственное регулирование рынка
- Развитие национальных проектов в условиях новых реалий
- Модернизация производств
- Качество материалов
- Новинки оборудования
- Мостостроение: проектирование, инновации



12+

За дополнительной информацией и по вопросам участия  
пожалуйста обращайтесь к организаторам – 3K EVENTS:

**Денис ЗАЙКИН**  
директор по продажам

+7 495 150 55 63 доб. 10  
d.zaikin@3k.events

**bitumen.3k.events**

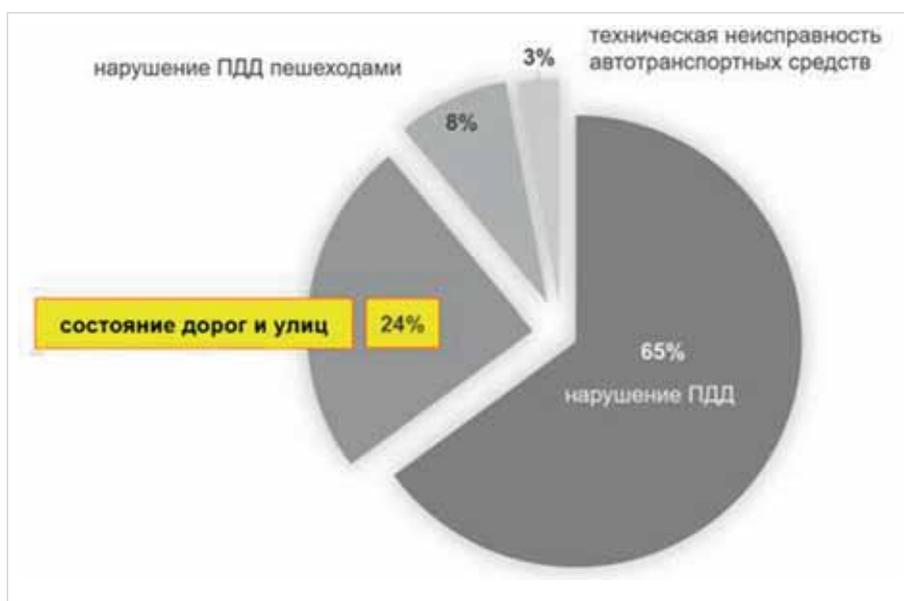
Организатор:



| BUSINESS PLATFORM EVENTS |

# ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ РОВНОСТИ ПОКРЫТИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЕЗДА ПО МОСТОВЫМ СООРУЖЕНИЯМ

Уровень безопасности проезда по автомобильной дороге определяется в том числе техническим состоянием улично-дорожной сети. Так, почти четверть дорожно-транспортных происшествий в 2019 году произошла по причине неудовлетворительного состояния дорог и улиц.



«Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 12 месяцев 2019 года». Информационно-аналитический обзор. М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2020

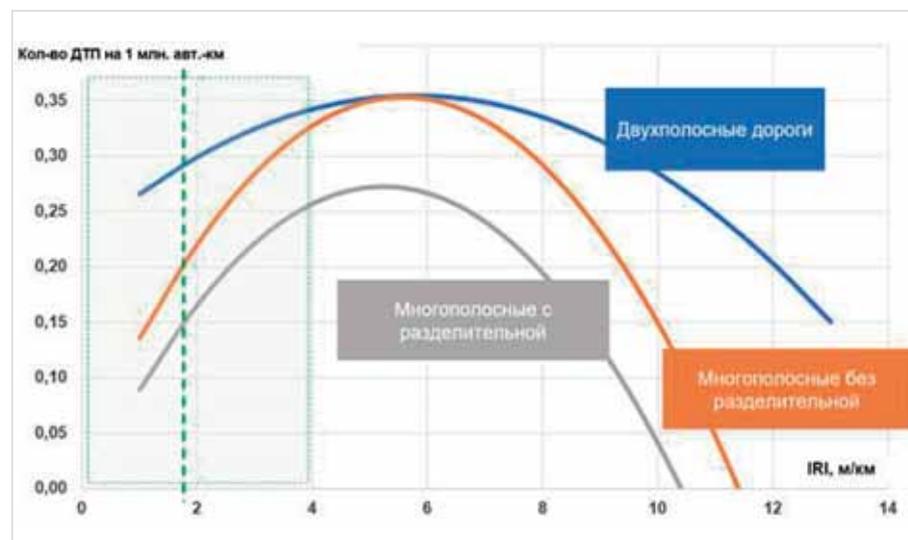
Существенный негативный вклад в эту картину вносят дефекты покрытия на дорогах и мостовых сооружениях:

- выбоины;
- волны, колейность;
- просадки земляного полотна (в том числе на подходах к мостовым сооружениям);
- трещины с разломанными кромками.

Дополнительно на мостовых сооружениях возникают следующие дефекты:

- превышение отметок деформационных швов или пришовных зон над отметками примыкающих участков покрытия;
- «ступенька» в местах сопряжения покрытия и пришовной зоны (или деформационного шва) при наличии колеи;
- провисы пролетных строений.

Влияние этих дефектов на ровность учитывается показателем IRI по ГОСТ 33101-2014 «Дороги автомобильные общего пользова-

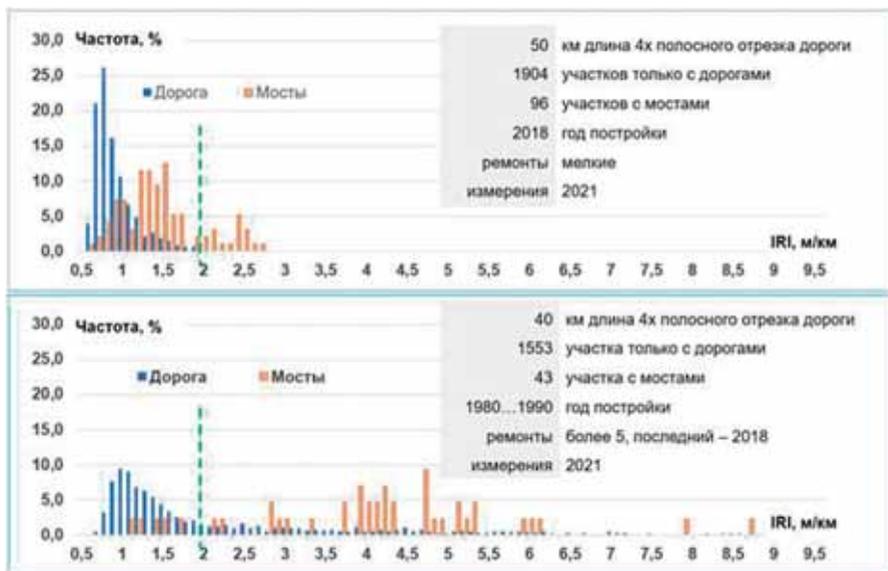


По материалам: «Обоснование требований к ровности дорожных покрытий с учетом обеспечения безопасности движения». В.В. Чванов, Д.А. Стрижевский // «Дороги и мосты». 2 (24). 2010

ния покрытия дорожные. Методы измерения ровности» – отношением величины суммарного перемещения неподрессоренной массы (колеса) относительно поддрессоренной (кузова автомобиля) к длине участка дороги (как правило, отрезки протяженностью 100 м). Чем дорога более неровная, тем выше значение IRI.

Зависимость влияния значений показателя IRI на количество ДТП долгое время исследовалось в ФАУ «РОСДОРНИИ». Зеленый прямоугольник на рисунке – область допустимых значений IRI – до 4 м/км. При этом на платных участках дорог Государственной компании «Автодор» этот показатель установлен на уровне 1,9 м/км.

Снижение аварийности при значениях IRI более 5 м/км объясняется тем, что дефекты покрытия достигают видимых и ощутимых водителями величин, поэтому они снижают скорость на таких участках. При более высоких значениях IRI дорожные службы ставят знаки ограничения скорости. Снижение



По материалам собственных исследований ООО «Автодор-Инжиниринг»

скорости вносит самый значимый вклад в снижение аварийности, поэтому при высоких значениях IRI аварийность становится низкой.

С течением времени количество и степень развития дефектов увеличивается. Ремонт покрытия улучшает ситуацию, но не возвращает ее к исходному состоянию: границы зон восстановления покрытия, стыки «старого» и нового покрытия, незначительная (в допусках) разница в отметках – в любом случае ухудшают ровность, что сказывается на значениях IRI.

Рассмотрим верхний график. Отрезок почти новой дороги длиной 50 км. Всего 2000 участков по 100 м. Из них 1904 участка не содержат мостов, а 96 – с мостами.

Каждый столбец гистограммы – количество стометровых участков с конкретным значением IRI, выраженное в процентах. Синие – по дорогам, коричневые – по мостам. Например, «синий пик» 25% следует интерпретировать так: четверть из 1904 участков дороги без мостов имеют значения IRI=0.69. Или «правый коричневый пик по мостам»: 6% участков с мостами имеют значение IRI=2.5.

Нижний график – по сути то же самое, но на другой, давно эксплуатируемой дороге без ремонта и с ремонтом на разных ее участках, в

том числе с мостами, выполненными в разное время.

Анализ результатов измерений на этих и других участках позволяет сделать следующие выводы:

1. Значений IRI меньше 0,5 практически не встречается; по всей видимости, даже поверхность гладкого металлического листа на всем протяжении участка измерений даст нам до 0,3–0,4 IRI.
2. Распределение частот IRI на участках с дорогами без мостов – логнормальное, с пиком в меньших значениях. По нашему мнению, это свидетельствует о регулярно проводимых ремонтных работах.
3. Распределение частот IRI на участках с мостами имеет несколько пиков. В частности, для отрезка

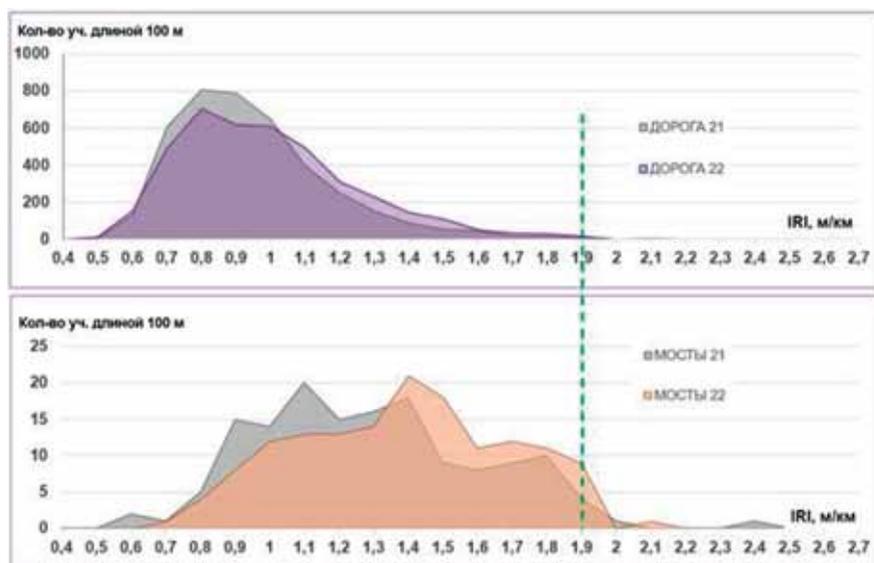
дороги на верхнем рисунке установлено, что левая пиковая область соответствует участкам с деформационными швами мастичного типа, а правая – швам с металлическим окаймлением. На нижнем рисунке таких пиков гораздо больше, но на этом участке анализ по типам швов не проводился. Можно предположить, что количество пиков здесь определяется как большим количеством типов швов, так и большим разбросом в их состоянии в силу более длительной эксплуатации.

4. Сопоставление верхней и нижней картинкой иллюстрирует очевидный тезис о значительном увеличении разброса в значениях IRI как на участках с дорогами, так и на участках с мостами.

Но самый важный вывод – на новой и на старой дорогах «выбросы» значений IRI (то есть превышающие норму) относятся к участкам с мостами.

Далее рассмотрим, как изменился показатель IRI на одном и том же участке за 6,5 месяцев с октября 2021 года по апрель 2022 года.

На верхнем рисунке видно, что изменения по участкам дороги (без мостов) – незначительные. В терминах статистики среднее значение не изменилось, несколько увеличился разброс в сторону больших значений IRI.



По материалам собственных исследований ООО «Автодор-Инжиниринг»





Министерство дорожного  
хозяйства и транспорта  
Челябинской области



Администрация  
г. Челябинска



ЧЕЛЯБИНСКИЙ ОБЛАСТНОЙ  
АВТОТРАНСПОРТ



**ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ТРАНСПОРТНЫЙ КОНГРЕСС**

**26-27 ОКТЯБРЯ, ЧЕЛЯБИНСК**

**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА**

**ТРАНСПОРТ**

**БОЛЬШОГО ГОРОДА.**

**ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО.**

**ЛОГИСТИКА**



**КОММЕРЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ**

**СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫЕ  
МАШИНЫ**

**ДОРОЖНЫЕ ЗНАКИ,  
ОГРАЖДЕНИЕ, ОСВЕЩЕНИЕ**

**ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ РЕМОНТА И СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ**



12+

Генеральные информационные партнеры:



Общероссийский национальный союз Министров транспорта РФ  
**Транспорт России**  
Ведущий федеральный информационно-аналитический портал



**89080706759**

**www.expochel.ru**

# ПРОБЛЕМА АВАРИЙНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

## ЧАСТЬ 2. ПРОГРЕССИРУЮЩЕЕ РАЗРУШЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ

Потеря отдельными несущими элементами конструкции прочностных свойств может повлечь за собой последовательное включение в зону разрушения все большего числа несущих конструкций – возникнет эффект «домино». При разработке конструктивных решений нужно учитывать не только стандартные условия работы конструкции, но и возможные аварийные ситуации. Прогрессирующее или лавинообразное разрушение – это обрушение конструкций сооружения (или существенной его части), в случае потери им опирания при аварийном разрушении элемента.

**Прогрессирующее разрушение** (далее – ПР) может возникнуть в результате воздействий технологического характера, подразделяющихся на силовые, деформационные и коррозионные, а также в случае чрезвычайных ситуаций.

Поскольку впервые ПР начали изучать применительно к строительным объектам (зданиям), то далее следует рассматривать именно ПР зданий.

Возможными техногенными причинами локальных повреждений могут послужить:

- размыв грунтового основания в результате аварий на внутренних или наружных водоотводах;
- подтопление территорий природными водами;
- разрушение части элементов конструкций от воздействия взрывов, ударов, а также местной перегрузки вследствие нарушения правил эксплуатации;
- разрушение отдельных конструкций в результате существенного снижения прочности материалов, дефектов при строительстве и действия коррозии. Аварийными ситуациями, способными вызвать, например, лавинообразное разрушение здания, могут быть [1]:
- пожар,
- столкновение со зданием автотранспорта или летящих объектов,
- взрыв газа.

Человечество впервые столкнулось с проблемой прогрессирующего обрушения в мае 1968 года, когда в Лондоне по причине взрыва бытового газа был полностью разрушен многоэтажный дом Ронан Пойнт (Ronan Point). Жертвами аварии стали 22 человека. Частичное обрушение здания привело к серьезным изменениям в законодательстве: первым из них стала вышедшая в 1970 году пятая поправка к строительным (в части А) нормам Великобритании, касающаяся непропорционального разрушения (disproportional collapse). Поправка содержала требования, согласно которым здание не должно подвергаться разрушению, несоразмерному аварии, иными словами – требовала не допускать прогрессирующего обрушения зданий. Наиболее известным случаем прогрессирующего обрушения конструкций является разрушение Всемирного торгового центра (ВТЦ) в Нью-Йорке, произошедшее 11 сентября 2011 года в результате террористической атаки. Разрушение ВТЦ повлекло за собой катастрофические последствия: жертвами стали 2751 человек.

Преднамеренное столкновение с Boeing 767-222 было не первым террористическим актом, произошедшим в ВТЦ: 26 февраля 1993 года на подземной парковке Северной башни был осуществлен

взрыв автомобиля, нагруженного 680 кг взрывчатки. Шесть человек погибли, более тысячи были ранены. Благодаря высокой прочности каркаса здания, разрушения несущих конструкций в 1993 году не произошло [2].

Проблема прогрессирующего обрушения не обошла и современную Россию. В нашей стране наиболее распространенной причиной аварий, способных повлечь за собой ПР, является взрыв бытового газа, произошедший по неосторожности пользователей. Уже в 2013 году газификация России составила 65,3%, а значит, для большинства жилых домов риск прогрессирующего обрушения существенен. Жертвами подобных катастроф стали тысячи людей, хотя этих трагедий можно было бы избежать.

Очевидно, что учет возможной аварийной ситуации повлечет за собой существенное удорожание проектирования и строительства, поэтому лишь немногие застройщики идут на него добровольно. Следовательно, требуется четкая нормативная документация, строго регламентирующая необходимость и состав расчета. К сожалению, сейчас такой документации в России практически нет. Только строгие рекомендации по составу и алгоритму расчета могут предотвратить подобные аварии.

В настоящее время в стране отсутствуют четкие нормативные документы, регламентирующие проектирование зданий с учетом сопротивления прогрессирующему обрушению, не утвержден единый алгоритм расчета.

Документом наивысшей юридической силы в области обеспечения

живучести строительных конструкций является Федеральный закон №384-ФЗ [3]. В статье 16.6 этого закона утверждается необходимость расчета живучести для зданий и сооружений повышенного уровня ответственности, к которым, в соответствии с Градостроительным кодексом, относят технически сложные, особо опасные и уникальные объекты. Перечень зданий, подлежащих расчету, наиболее полно указан в ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения». Согласно пункту 5.2.6, расчет требуется производить для зданий класса КС-3 и КС-2, при условии большого скопления людей, перечень которых указан в приложении Б.

Таким образом, с 1 июля 2015 года расчет требуется для большинства общественных и жилых зданий. Хотя учет ПР требуется все для большего числа зданий, четкого алгоритма расчета, конкретных рекомендаций по выбору зоны аварий по-прежнему нет. Вопросы возникают также по выбору необходимого количества разрушаемых несущих элементов.

Эти вопросы освещены в широком кругу рекомендаций по проектированию, выпущенных МНИИТЭП и НИИЖБ в 2000-х годах [3–9], стандартов организаций [10, 11], однако ни один из этих документов не имеет законодательной силы. Наиболее существенный пробел имеется в области расчетов стальных каркасов для обеспечения их живучести. Существующая документация (МДС 20-2.2008; СТО 36554501-024-2010) относится только к большепролетным сооружениям. В нормативной литературе утверждается необходимость проведения оценки живучести несущего каркаса для всех железобетонных монолитных зданий (п. 6.2.1 СП 52-103-2007), однако не приводится никаких методологических указаний, помимо рекомендации выполнять расчет методом конечных элементов с использованием сертифицированных в России программных комплексов (п. 6.3.7).

Во многих программных комплексах есть встроенный модуль расчета на прогрессирующее разрушение, однако результаты расчета пока не подтверждены и требуют дополнительного обоснования. Разработчики программных комплексов SCAD и «Лира» предлагают свои методики расчета, но достоверность получаемых результатов также пока не подтверждена и требует проведения исследований в этом направлении.

Разработанные МНИИТЭП и НИИЖБ рекомендации содержат руководства и методологические указания по проведению расчета следующих категорий зданий и сооружений: крупнопанельные здания [4]; жилые здания каркасного типа [5]; жилые здания с несущими кирпичными стенами [6]; монолитные жилые здания; высотные здания [7]; большепролетные сооружения [9].

Эти рекомендации схожи в части алгоритма расчета строительных конструкций – существенные различия появляются лишь в части рекомендаций по мероприятиям конструктивного усиления каркаса, что связано с существенными различиями работы каркаса из каменных и металлических материалов. Согласно всем современным нормативным актам, требуется лишь расчет по первой группе предельных состояний, определение максимальных перемещений и прогибов не требуется.

Подбор наиболее опасного с точки зрения разрушения элемента осуществляется путем анализа конструктивной схемы и результатов расчета для нескольких вариантов аварийной ситуации.

В нормативной документации нет указаний, касающихся необходимости учета нелинейной работы конструкций, что может оказать существенное влияние на корректность результатов расчета, поскольку при прогрессирующем разрушении элементы конструкции зачастую имеют существенные по модулю перемещения, способные повлечь за собой значи-

тельные изменения в работе конструкций. Таким образом, можно утверждать, что сейчас в России активно занимаются разработкой нормативно-правовой базы для расчетов на ПР. При этом постоянно увеличивается количество категорий зданий, требующих учета возможной аварии, строится все больше высотных зданий, для которых учет вероятности лавинообразного обрушения особенно важен.

### Непропорциональное разрушение и прогрессирующее обрушение (ПО)

Непропорциональным считается разрушение здания или его части при непредвиденном воздействии, несоразмерное величине воздействия, вызвавшего такое разрушение [12]. Прогрессирующее – это обрушение конструкций строительного сооружения, когда локальное разрушение приводит к разрушению смежных элементов конструкции из-за потери ими опоры и/или от нагружения весом и динамическим воздействием обломков ранее разрушенных конструктивных элементов здания, сооружения и его содержимого [13]. Термин «прогрессирующее» описывает характер разрушения, а «непропорциональное» – величину последствий. Прогрессирующее обрушение характеризуется возникновением цепной реакции.

### Виды прогрессирующего обрушения

Выделяют следующие типы механизмов развития прогрессирующего обрушения [14]:

«Слоеный пирог» – разрушение вертикального несущего элемента приводит к обрушению вышележащих конструкций на перекрытия и конструкции нижележащих этажей. На нижележащие конструкции добавляется вес обломков и кинетическая энергия от их падения. Примером такого типа является разрушение башен Всемирного торгового центра в Нью-Йорке.

«Зиппер» – разрушение несущего элемента, как правило, удержи-

вающего типа, например ванты моста или грунтового анкера подпорной стены. С выходом из строя элемента удерживаемое им усилие передается на соседние элементы, превышает их несущая способность, и они разрушаются. Далее происходит цепная реакция. Примером такого типа является разрушение моста Такома в 1940 году от флаттера, вызванного сильным ветром.

**«Домино»** – разрушение одного из рядом расположенных вертикальных несущих элементов, как правило, в виде опрокидывания или потери устойчивости положения. При опрокидывании первый элемент воздействует на другой, и так далее.

**«Концентратор»** – хрупкое разрушение вследствие развития трещины или иного дефекта в растянутой зоне сечения несущего элемента. Увеличение трещины или дефекта приводит к значительному увеличению напряжений в зоне концентратора напряжений и инициирует дальнейшее развитие трещины. Последствием является внезапное хрупкое разрушение элемента.

**«Смешанный тип»** – сложный характер прогрессирующего обрушения, для которого возможно выделить разные вышеописанные типы развития разрушения.

#### **Живучесть конструкций**

Анализ аварий промышленных и гражданских сооружений показывает, что во многих случаях процесс разрушения конструкции носил лавинообразный характер, если отказ отдельных элементов и подсистем (даже неполный) инициировал возникновение других, более серьезных отказов и разрушений. Однако имеются и многочисленные примеры систем, где изолированные отказы отдельных элементов не приводят к аварии, что связано с некоторыми резервными возможностями, присутствующими в структуре системы.

Свойство системы сохранять несущую способность при выходе

из строя одного или нескольких элементов естественно называть живучестью. В ГОСТ 27.002-89 понятие «живучесть» означает способность объекта противостоять развитию критических отказов из дефектов и повреждений, сохранение ограниченной работоспособности при выходе из строя некоторых конструктивных компонентов. Еще одна из трактовок живучести – это свойство конструкции частично или полностью обеспечивать свое функциональное назначение при отказе отдельных конструктивных элементов.

При создании новых строительных систем, для которых сведения о надежности аналогов отсутствуют, и для систем, функционирование которых может быть связано с реализацией весьма интенсивных редких воздействий аварийного характера, перед инженером-проектировщиком стоит задача создать систему, способную функционировать (возможно, с резко ухудшившимся качеством) в условиях возможного отказа какой-то ее части. Применительно к строительным объектам понятие живучести появилось сравнительно недавно, в первую очередь применительно к сейсмостойкому строительству. В частности, возникла идея выделения так называемых главных несущих конструкций – далее «ключевых элементов», безотказность которых спасает здание или сооружение от полного разрушения при аварийных воздействиях, даже если его дальнейшее использование по назначению без капитального ремонта станет невозможным. В нормах США и Канады введено такое понятие как «целостность» сооружения.

#### **Анализ публикаций по проблеме прогрессирующего разрушения**

В современном мире вопрос защиты конструкций от лавинообразного обрушения становится все более острым в связи с непрерывным увеличением этажности возводимых зданий. Актуальность изучения прогрессирующего обрушения подтверждает широкий интерес ученых к этой теме. Расчет на лавинообразное (прогресси-

рующее) разрушение относится к расчетам конструкций на кратковременные динамические нагрузки, так как для получения достоверного результата необходимо выполнить динамические нелинейные расчеты, являющиеся крайне сложными для практического применения. Поэтому к числу приоритетных задач по недопущению ПО относится разработка алгоритма сведения динамических расчетов к эквивалентным статическим – например, путем введения коэффициента динамичности. Натурные испытания масштабных моделей зданий являются долгими и экономически невыгодными, поэтому возникает необходимость в математическом моделировании поведения несущих конструкций.

В настоящее время в России ведется активная разработка нормативной документации, регламентирующей расчеты конструкций на недопущение лавинообразного обрушения. Только строгие рекомендации по составу и алгоритму расчета могут предотвратить катастрофические последствия возможных аварийных ситуаций. В нормативной документации нет указаний, касающихся необходимости учета нелинейной работы конструкций, что может оказать сильное влияние на корректность результатов расчета, ведь при ПО элементы конструкции зачастую имеют существенные по модулю перемещения, способные повлечь за собой значительные изменения в работе конструкций.

Широкое внимание современных ученых направлено на решение задач по обеспечению прочности и живучести строительных конструкций в условиях запресделных воздействий. Сейчас в России и странах СНГ этим вопросом занимаются целые проектные институты, такие как МНИИТЭП, НИИБЖ, НИИСК.

Результатом многолетней работы институтов МНИИТЭП и НИИБЖ являются выпущенные в 2000-х годах рекомендации по защите различных типов зданий от ла-

винообразного обрушения [4–9]. Специалисты НИИСК (Украина) разработали ДБН В.2.2-24.2009 «Проектирование высотных и гражданских зданий», содержащие методику расчета высотного здания на прогрессирующее обрушение, на Украине методика носит рекомендательный характер. Многие авторы занимались изучением российской и зарубежной законодательной базы. Обзоры можно найти у В.Ю. Грачева, Т.А. Вершининой, А.А. Пузаткина [15], Ж.С. Джумагуловой и А.К. Стамалиева [16], А.В. Перельмутера [17, 18], а также в статьях [19, 20, 21]. Ученые утверждают, что требуется дальнейшее уточнение и расширение нормативной базы.

В.О. Алмазов разработал классификацию видов прогрессирующего обрушения, дал рекомендации по алгоритму расчета, обосновал экономически выгодные варианты конструктивного усиления зданий. Также ученый исследовал динамический эффект ПО на примере многоэтажных железобетонных каркасов при удалении одной из несущих колонн первого этажа. Он предложил методику вычисления коэффициента динамичности в зависимости от этажности каркаса, что позволяет решать задачу в статической постановке [22–28].

Не менее остро, чем вопрос законодательного регулирования расчета и проектирования, стоит вопрос об общепринятом научно обоснованном подходе к обеспечению прочности каркаса зданий при запредельных воздействиях. Невозможно точно спрогнозировать место приложения и величину экстремальной нагрузки, непредсказуемы дефекты монтажа и изготовления строительных конструкций, отклонения в свойствах материалов. Все это не только усложняет моделирование, но и делает абсолютно точный расчет невозможным.

В связи с этим множество авторов занимается вопросами конструктивных решений, способствующих сохранению структурной целостности здания, прогнозирования

наиболее вероятных аварийных ситуаций и их последствий [29–32]. Компьютерный расчет модели на лавинообразное разрушение осложнен невозможностью использования метода конечных элементов ввиду отсутствия точных данных о поведении конструкции при ПО и достаточного опыта построения структурных комплексных моделей и интерпретации результатов вычислений.

Необходимы разработки по развитию усовершенствованной методики оценки уязвимости конструктивных систем и их совершенствования для смягчения прогрессирующего обрушения при различных вариантах опасности. Инженеры нуждаются в простых методах проектирования и расчетов, способных предотвратить потенциальную опасность ПО зданий. Разработка таких методов активно ведется многими учеными.

При аварийных ситуациях материалы работают вне стадии упругих деформаций, также необходим и учет значительных перемещений, возникающих в несущих конструкциях. Значительные по модулю деформации способны повлечь за собой перераспределение нагрузок, а значит, изменение всей расчетной схемы. Таким образом, при расчете на ПО требуется учет геометрической и физической нелинейности работы несущего каркаса здания. Постоянное совершенствование компьютерной техники позволяет строить все более детализированные модели сооружений и способствует все более широкому распространению решения задач в нелинейной постановке. Оценка корректности расчетных моделей, проверка результатов компьютерных расчетов, искусство интерпретации полученных результатов – одна из центральных проблем не только расчетов на прогрессирующее обрушение, но и всего строительства в целом. В работе над этими проблемами принимают участие и проектные, и научно-исследовательские институты, и разработчики современных расчетных

программ, что способствует постоянному совершенствованию программных комплексов.

В последние годы в зарубежных строительных нормах введено понятие риска, предложены подходы для определения уровня последствий и оценки проектных мер предотвращения ПО, которые учитывают ценность и уязвимость сооружения. Отмечено, что никакими экономически оправданными мерами нельзя полностью исключить риск отказа любого несущего элемента. Каждое сооружение, включая мосты, имеет некоторую вероятность разрушения. Попытка приблизить эту вероятность к нулю сопровождается стремительным ростом стоимости сооружения. Все это способствует постоянному росту заинтересованности в недопущении ПО со стороны как российских, так и зарубежных разработчиков и исследователей.

Например, Hoang Tong Khuyen и Eiji Iwasaki [33] создали метод линейного статического анализа конструкций стальных мостов, использующий коэффициент динамичности. Такой подход позволяет учитывать динамическое воздействие локальных повреждений без выполнения сложных и трудоемких расчетов при динамической постановке задачи. Подбор коэффициента динамичности был произведен по эмпирическим зависимостям. В настоящее время расчет с использованием значения коэффициента 1,854 при затухании 5% ведется для всех типов стальных мостов.

В статье [24] для расчета многоэтажного стального рамно-связевого каркаса здания на недопущение прогрессирующего обрушения была построена трехмерная конечно-элементная модель. Данная модель может проиллюстрировать напряженно-деформированное состояние несущего каркаса здания в случае внезапного удаления колонны из каркаса. На основе этой модели были проведены параметрические исследования структурного поведения с вариациями: прочности стальных конструкций,

прочности бетона и размеров ячеек армирования. Посредством параметрического исследования были рекомендованы меры по предотвращению прогрессирующего обрушения конструкции.

В ряде работ утверждается, что термин «прогрессирующее обрушение» некорректен, и предлагается заменить его термином «непропорциональное разрушение». Но для сопротивления лавинообразному обрушению в США большое внимание уделяется наращиванию сечений несущих конструкций, что не может сделать здания менее восприимчивыми к непропорциональному разрушению в результате преднамеренного нападения.

#### Предложены три способа защиты зданий от прогрессирующего обрушения при проектировании:

- введение «лишних» несущих элементов;
- увеличение локальной прочности;
- создание более связных каркасов.

В качестве предпочтительного подхода выделяется введение «лишних» несущих элементов, что позволяет создать альтернативные пути передачи нагрузки основанию. Таким образом, при выходе из строя одного несущего элемента разрушения всего здания не произойдет. Оценка цепного эффекта усиления, влияющего на структурное поведение всей конструкции, представляет собой сложную аналитическую проблему. С появлением высокоскоростных компьютеров и мощного программного обеспечения расчет метода конечных элементов стал наиболее

подходящим инструментом для решения такой проблемы.

**И.И. Овчинников**,  
канд. техн. наук,  
доцент, советник РАТ  
(СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
Саратов);  
**Ш.Н. Валиев**,  
канд. техн. наук,  
профессор МАДИ, академик РАТ  
(МАДГТУ, Москва);  
**О.Н. Герасимов**,  
аспирант  
(СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
Саратов);  
**И.Г. Овчинников**,  
д-р техн. наук,  
профессор, академик РАТ  
(ТИУ, Тюмень);  
**И.Р. Гасанов**,  
студент 5 курса  
(СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
Саратов)

#### Список публикаций

1. Ивашенко Ю.Г. Лавинообразное разрушение конструктивных систем // Строительство и архитектура. 2013. № 14. С. 2–27.
2. Джим Двайер, Давид Мёрфи, Дейдре Тайр. Two Seconds Under the World: террор приезжает в Америку – заговор по поводу взрыва во Всемирном торговом центре. Нью-Йорк: Crown Publishers, 1994, 109 p.
3. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ.
4. Рекомендации по предотвращению прогрессирующего обрушений крупнопанельных зданий. М.: ГУП «НИИАЦ», 1999.
5. Рекомендации по защите жилых каркасных зданий при чрезвычайных ситуациях / Москомархитектура. М.: ГУП «НИИАЦ», 2002.
6. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. М.: ГУП «НИИАЦ», 2005.
7. Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения. М.: ГУП «НИИАЦ», 2006.
8. СП 52-103-2007. Железобетонные монолитные конструкции зданий. М., 2007.
9. МДС 20-2.2008. Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного обрушения. ФГУП «НИЦ «Строительство». М.: ОАО «ЦПП», 2008.
10. Стандарт организации. Предотвращение прогрессирующего обрушения железобетонных монолитных конструкций зданий. Проектирование и расчет СТО-00802495342-2009. М.: ОАО «ЦНИИПромзданий».
11. СТО-36554501-024-2010. Обеспечение безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях. М., 2010.
12. ACI 318, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, January. 2005.
13. МГСН 4.19-05 Временные нормы по проектированию многофункциональных высотных комплексов. М., 2005.
14. Starossek, U. Progressive Collapse of Bridges -Aspects of Analysis and Design // Invited Lecture, International Symposium on Sea-Crossing Long-Span Bridges. Mokpo, Korea, Feb. 15-17, 2006. Pp. 1-22.
15. Грачев В.Ю., Вершинина Т.А., Пузаткин А.А. Непропорциональное разрушение. Сравнение методов расчета. Екатеринбург: Ажур, 2010.
16. Джумагулова Ж.С., Стамалиев А.К. Анализ состояния проблемы и определение основных задач при расчете многоэтажного каркасного здания на прогрессирующее разрушение // Вестник КГУСТА. 2014. № 46. С. 163–167.
17. Перельмутер А.В. О расчетах на прогрессирующее обрушение // Вестник МГСУ. 2008. № 1. С. 119–129.
18. Перельмутер А.В., Криксунов Э.З., Мосина Н.В. Реализация расчета монолитных жилых зданий на прогрессирующее (лавинообразное) обрушение в среде вычислительного комплекса SCAD Office // Инженерно-строительный журнал. № 2. 2009.
19. Майстренко И.Ю., Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Кокоев А.В. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ из причин. Часть 1 // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». Т. 4. № 4 (2017). <https://t-s.today/PDF/13TS417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/13TS417.
20. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Майстренко И.Ю., Кокоев А.В. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ из причин. Часть 2 // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». Т. 4. № 4 (2017). <https://t-s.today/PDF/14TS417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/14TS417.
21. Майстренко И.Ю., Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Успанов А.М. Аварии и разрушения мостовых сооружений, анализ их причин. Часть 3 // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». 2018. № 1. С. 1–41. <https://t-s.today/PDF/08SAT5118.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/08SAT5118.
22. Алмазов В.О. Проектирование зданий с учетом аварийных воздействий // Вестник МГСУ. 2010. № 1. С. 151–159.
23. Алмазов В.О. Проблемы прогрессирующего обрушения строительных объектов // Агентство деловой информации СЛАВИЦА. 2008. № 4 (22). С. 74–77.
24. Алмазов В.О. Сопротивление прогрессирующему разрушению: расчеты и конструктивные мероприятия // Вестник НИЦ Строительство. 2009. № 1. С. 179–193.
25. Алмазов В.О., Као Зуй Кхой. Динамика прогрессирующего разрушения монолитных многоэтажных каркасов // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 4. С. 52–56.
26. Алмазов В.О., Плотников А.И., Расторгуев Б.С. Проблемы сопротивления зданий прогрессирующему разрушению // Вестник МГСУ. 2011. № 2-1. С. 16–20.
27. Алмазов В.О., Као Зуй Кхой. Динамика прогрессирующего разрушения монолитных многоэтажных каркасов. М.: АСВ, 2013.
28. Алмазов В.О. Сопротивление прогрессирующему обрушению – путь обеспечения безаварийности капитальных сооружений // Бетон и железобетон – взгляд в будущее. Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону в семи томах. М.: Изд.-во Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2014. С. 13–24.
29. Алмазов В.О. Проблемы прогрессирующего разрушения // Строительство и реконструкция. 2014. № 6 (56). С. 3–10.
30. Ройтман В.М. Нормирование защиты высотных зданий от прогрессирующего разрушения при комбинированных особых воздействиях // Современное промышленное и гражданское строительство. 2008. Т. 4. № 1. С. 11–19.
31. Плетнев В.И. О проектировании зданий повышенной этажности, стойких к прогрессирующему разрушению // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 1. С. 115–116.
32. Дьяков И.М. Живучесть фундаментов и ее роль в прогрессирующем разрушении зданий и сооружений // Строительство и техногенная безопасность. 2013. № 46. С. 68–76.
33. Домарова Е.В. Расчетно-конструктивные методы защиты от прогрессирующего разрушения железобетонных монолитных каркасных зданий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 10. С. 123–130.
34. Hoang Tong Khuyen, Eiji Iwasaki. An approximate method of dynamic amplification factor for alternate load path in redundancy and progressive collapse linear static analysis for steel truss bridges // Case Studies in Structural Engineering. 2016. № 6. Pp. 53–62

# ЮЖНО-АЗОВСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 1751 ГОДА

Точные даты и сейсмологические характеристики воздействий из Южно-Азовской зоны активных очагов землетрясений важны с практической точки зрения. Это связано с необходимостью правильной оценки вероятности подземных толчков разной силы, своевременным определением максимально возможного землетрясения на Керченском полуострове и в сопредельных районах Краснодарского края. Это касается в том числе территории городов Керчь и Тамань, транспортного перехода через Керченский пролив, железнодорожных и автодорожных подходов к нему, а также портов на берегах пролива и Азовского моря.

В 90-х годах прошлого века А.А. Никонов выдвинул гипотезу о произошедшем в 1751 году разрушительном землетрясении с эпицентром в точке с координатами 45,6° N и 36,2° E. Речь идет о южной части Азовского моря (приблизительно в 30 км от берега и в 40 км от города Керчь). Очаг землетрясения возник в Южно-Азовском разломе, огибающем с севера Керченский полуостров. Средние значения магнитуды землетрясения  $M = 7,7$ , глубина очага  $h = 40$  км, сила толчков вблизи эпицентра – около 9 баллов. Характеристики очага и эпицентральной области (по А.А. Никонову) приводятся в статье Н.И. Винокурова, А.М. Корженкова и М.В. Родкина [6].

По энергии излученных сейсмических волн, соответствующей классу  $K = 16$  энергетической классификации землетрясений, предполагаемый тектонический разрыв 1751 года с магнитудой  $M = 7,7$  превышает в 50–100 раз сильнейшие землетрясения прошлого и начала текущего столетий в Крыму, на Северном Кавказе и в Закавказье, в том числе Спитакское землетрясение в Армении 1988 года. Определенные расчетом по методике [16] размеры макросейсмического поля, соответствующие средним значениям магнитуды и глубины очага Южно-Азовского землетрясения 1751 года, показаны в табл. 1. При расчете изосейсты приняты в виде эллипсов с отношением коротких и длинных полуосей 1:1,5. Коэффициенты уравнения макросейсмического поля соответствуют

региональным значениям для Крыма и Нижней Кубани.

Из табл. 1 следует, что в северной части Керченского полуострова и на берегах Керченского пролива колебания грунтов при землетрясениях с гипоцентрами в нижней части земной коры могут происходить с интенсивностью 8–9 баллов (средние оценки). Изосейста 7-го балла охватывает восточную половину Крыма с городами Феодосия, Судак и Джанкой, а также Нижнюю Кубань и западные районы Северного Кавказа.

Колебания интенсивностью 6–7 баллов распространяются к северу от побережья Черного и Азовского морей до Херсона, Мелитополя и Мариуполя, в юго-восточном направлении – от Крыма до Краснодар, Майкопа, Новороссийска и Туапсе. Средние оценки сейсмической опасности Южно-Азовского разлома, полученные исходя из гипотезы А.А. Никонова, противоречат традиционной парадигме, принимавшейся сейсмологами при разработке карт общего сейсмического районирования СССР и Российской Федерации по инструментальным данным и достоверным историческим источникам [11, 14, 15, 17].

Табл. 1. Параметры макросейсмического поля Южно-Азовского землетрясения 1751 года

Номинал изосейсты	Короткая полуось, км	Длинная полуось, км	Площадь эллипса, км <sup>2</sup>
6 баллов	222	334	233167
7 баллов	113	170	60580
8 баллов	51	76	12230

З.И. Аронович, Г.П. Горшков, С.В. Медведев и другие в публикации 1968 года [1] отмечали, что по сейсмологическим данным за 1800–1957 годы эпицентры местных землетрясений лежат в полосе континентального склона между складчатым сооружением Крымских гор и Черноморской впадиной. На Керченском полуострове ощутимые землетрясения практически отсутствуют. Исходя из этих представлений, сейсмичность центральной и восточной частей Керченского полуострова, включая Керчь, на карте ОСР-68 была принята менее 6 баллов.

Обзор сейсмичности района по данным на 1975 год выполнен крымскими сейсмологами [9, 10]. В обзоре рассмотрены сведения о землетрясениях начиная со II века до н. э. За это время в регионе произошло 77 ощутимых землетрясений, в том числе пять разрушительных. По историческим материалам на берегах Керченского пролива с эпицентром вблизи Тамани выявлен один разрушительный подземный толчок с магнитудой  $M = 6,4$ . На карте сейсмического районирования Крыма Южно-Азовский разлом, а также эпицентры подземных толчков на дне Азовского моря у побережья Керченского полуострова отсутствуют. Нормативная сейсмичность для Керчи повышена до 6 баллов.

При создании действующих карт сейсмического районирования ОСР-2015 их авторы учитывали два разрушительных землетрясения вблизи Керченского полуострова. На составленной В.И. Уломовым

схеме активных разломов и очагов землетрясений (рис. 1) дата Южно-Азовского землетрясения не показана, а его магнитуда принята равной 6,5. В полосе железной дороги Керчь – Джанкой на Керченском полуострове сейсмическая опасность на карте ОСР-2015-В на участке Керчь – Багерово принята равной 9 баллам, на участке Ленино – Кировское – 8 баллам.

На карте ОСР-2016 (отменена 29.01.21 г. приказом Минстроя №27/пр.) максимальная сейсмичность для города Керчь повышена до >9 баллов, что вызывает необходимость усиления ранее построенных в районе Керченского пролива сооружений. За рубежом работы по обеспечению сейсмостойкости при 10-балльных воздействиях ранее построенных объектов продолжают в течение длительного времени с участием специалистов высшей квалификации, требуют вложения значительных материальных и финансовых ресурсов. Например, на усиление мостов в штате Калифорния (США) в 1993 году было истрачено \$300 млн. Поэтому при нормировании времени, места и опасности вводимых в научно-практический оборот исторических землетрясений энергетического класса  $K = 15$  и более необходимо применение комплекса сейсмотектонических, геоморфологических, сейсмических, инженерных и других исследований, гарантирующих достоверность параметров изучаемого события.

Гипотеза А.А. Никонова рассматривалась в статьях [5, 6]. Исходная доказательная база гипотезы включает сведения о местных и общих деформациях турецкой Арабатской крепости (XVI век), греческой церкви Иоанна Предтечи (X–XV века), армянского монастыря Сурхач (XIV век), турецкой крепости Еникале (начало XVIII века), а также архивную запись о землетрясении на Черноморском побережье Крыма в первой половине XVIII века.

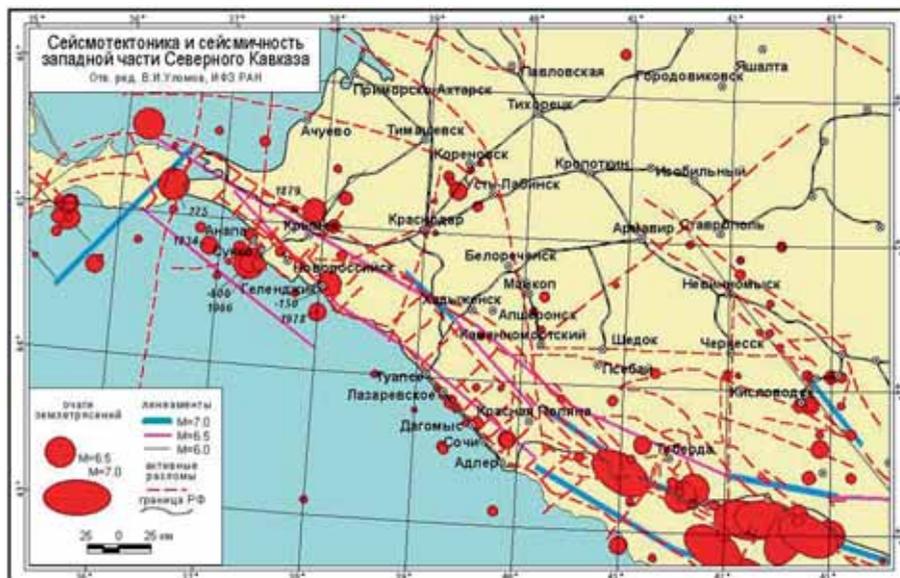


Рис. 1. Очаги землетрясений в западной части Северного Кавказа и вблизи Керченского пролива по В.И. Уломову

Сообщение о сейсмическом толчке 1751 года записано со слов отдельных жителей одной из деревень вблизи нынешнего поселка Кацивели, расположенного на южном берегу Крыма приблизительно в 220 км от эпицентра предполагаемого Южно-Азовского землетрясения. По показаниям других жителей той же деревни сейсмические колебания ощущались не в 1751 году, а в 30-е годы XVIII столетия. Опрос жителей проводился в связи с катастрофическим оползнем на Крымском побережье 1786 года, спустя 30–50 лет после произошедшего жителям местного землетрясения [12, 15].

В настоящее время отсутствуют непротиворечивые свидетельства о дате гипотетического Южно-Азовского землетрясения 1751 года. Для точной датировки этого события и нормирования его параметров или признания гипотезы о нем недостоверной необходим критический анализ известных и поисковых материалов о последствиях разрушительных подземных толчков в Крыму и на сопредельных территориях. В статье [3] приводятся сведения о состоянии оборонительных сооружений крепости Еникале в настоящее время, а также содержится вывод о реальности разрушительного землетрясения 1751 года на Керченском полуострове.

Согласно историческим документам и краеведческим материалам, крепость построена в 1700–1703 годах по проекту западноевропейских инженеров на берегу Керченского пролива в его самом узком месте. Фортификационное сооружение, близкое в плане к четырехугольнику, состоит из оборонительной стены, расположенной в нижней части берегового склона на западном берегу пролива, построенной сверху склона задней стены и боковых стен, следующих по естественному уклону местности от верхней стены к нижней (передней) стене крепости. Кроме стен, оборонительная линия включает несколько мощных бастионов, расположенных по углам защищаемой территории. К верхним площадкам бастионов пристроены эркеры.

Снаружи крепости вдоль верхней и боковых стен устроены рвы. Удаленный грунт использовался для отсыпки насыпей, прислоненных к задним граням оборонительных стен по всему периметру огражденной территории. Для предотвращения смещения по уклону отсыпанного грунта и ослабленного античными подземными выработками слоя покровных отложений внутри крепости устроена дополнительная подпорная стена. Внутри крепости также построены жилые дома для команд-

ного состава, казармы, казематы, мечеть, емкости для хранения воды и другие объекты.

В статье [3] отсутствуют или приводятся с недостаточной детальностью сведения о статических, климатических, техногенных и военных воздействиях на крепость, характеристиках коренной породы и покровных отложений на западном берегу пролива, о рельефе местности, о глубине заложения фундаментов, конструкции и материалах оборонительных стен, бастионов и зданий, глубине рвов, о расположении подземных выработок на территории крепости. Это не позволяет детально оценить действительную причину или совокупность причин, определивших нынешнее состояние оборонительного комплекса.

Далее рассмотрим основные факторы, вызвавшие повреждение крепостных сооружений за 300 с лишним лет их существования. Информация о нагрузках на крепость за все время ее эксплуатации как оборонного объекта и исторического памятника, инженерно-геологических условиях на ее территории, использованных при постройке материалах, их стойкости к выветриванию может быть существенно дополнена с использованием исторических документов, методов изысканий, проектирования и обследования сооружений, в том числе объектов транспортного строительства.

Сведения об инженерно-геологических условиях на Западном берегу Керченского пролива вблизи Керчи получены в 2014 году при проведении изысканий перед строительством Крымского моста. По данным разведочного бурения и сейсморазведки, инженерно-геологический разрез на берегу бухты Павловского состоит из двух слоев глинистого грунта [13].

В верхней части разреза залегает твердый суглинок плотностью  $1,92 \text{ г/см}^3$ , коэффициент пористости  $0,84$  и показателем текучести  $-0,05$ . Толщина слоя суглинка –  $7,3 \text{ м}$ . Ниже суглинка



Рис. 2. Крепость Еникале (У. Симпсон, май 1855 г.)

расположен слой твердой глины плотностью  $1,84 \text{ г/см}^3$ , коэффициентом пористости  $0,94$  и показателем текучести  $-0,11$ . Глина простирается до нижней границы разведанной толщи, расположенной на глубине  $50 \text{ м}$  от поверхности участка. Покровные отложения близки к средним грунтам по сейсмическим свойствам.

Покровные отложения в крепости Еникале могут относиться к категории III по сейсмическим свойствам из-за нарушения массива подземными выработками, произведившимися на этом участке при строительстве и восстановлении крепости в античное время – греками, в позднем средневековье – генуэзцами и в конце XV века – турками. Сюда же следует отнести отсутствие на территории крепости поверхностного и подземного водоотвода, что ухудшает физико-механические характеристики глинистых грунтов после сильных ливней и длительных дождей умеренной интенсивности, уменьшает устойчивость покровных и насыпных грунтов.

Из исторических документов [4, 8] известно, что включенная в состав владений Российской империи по Кучук-Кайнарджийскому мирному договору крепость Еникале была захвачена англо-французским десантом в 1855 году. При отступлении из крепости русский гарнизон привел в негодность крепостные орудия и взорвал пороховые погреба, со-

державшие до  $24$  тонн пороха, что, вместе с обстрелом с кораблей неприятеля, могло вызвать повреждения зданий внутри крепости, кладки стен и бастионов.

На картине У. Симпсона (рис. 2), показывающей перемещение крепостных орудий со стен захваченной крепости на корабли англо-французской эскадры, видны поврежденные эркеры юго-восточного бастиона и верха передней оборонительной стены, открытой для обстрела с кораблей союзников. Верхняя и боковые стены, а также эркер удаленного от пролива бастиона выглядят неповрежденными. После опустошения англо-французской экспедицией Азовского побережья, что затруднило снабжение русских войск в Крыму продовольствием, сводный отряд англичан, французов и турок отремонтировал крепость Еникале с целью удержаться в Керченском проливе.

Во время Великой Отечественной войны после высадки в 1943 году группы советских войск из частей Северо-Кавказского фронта, Черноморского флота и Азовской военной флотилии на территорию Керченского полуострова на побережье происходили ожесточенные бои с применением артиллерии, авиации и танков. Керченско-Федосийская (1941 г.) и Керченско-Эльтигенская (1943 г.) десантные операции описаны в военных справочниках [2, 7]. Во время боев были сильно повреждены крепостные

стены и бастионы, а также разрушены многие здания внутри крепости. На сохранившихся участках стен видны многочисленные выбоины. Поверхность грунта внутри крепости крайне неровная, состоит из впадин и бугров. После войны часть крепостных сооружений реставрирована (рис. 3).



Рис. 3. Разрушение верхней и боковой стен, примыкающих к юго-западному бастиону крепости Еникале. Часть боковой стены в нижней части склона реставрирована (фото forum.kerch.com.ru)

В 1944 году советские военные строители возвели временный железнодорожный мост через Керченский пролив. Подход к нему со стороны Керчи проложен через территорию Еникале. При строительстве выполнены необходимые для устройства пути земляные работы, разобраны боковые стены в полосе дороги и на примыкающих к железнодорожному полотну участках. Дорога пересекает крепостной ров по насыпи. Сток воды в нижнюю часть склона при ливнях происходит через водопропускную трубу. Отсутствие организованного водоотвода внутри крепости способствует оползневым перемещениям грунта с повышением давления на подпорные стены.

В настоящее время в стенах крепости и на гранях бастионов выше поверхности грунта имеются местные и общие деформации в виде разрывов в кладке, скола и выкрашивания камней облицовки, разрывов в арочных сводах, осадок, смещения в плане и наклона участков стен. Имеющиеся сведения о конструкциях и испытанных ими за 320 лет эксплуатации воздействиях позволяют считать, что на состояние

крепости определяющее влияние оказали взрывы и другие ударные нагрузки во время Крымской и Великой Отечественной войн, техногенные воздействия при строительстве участка железной дороги внутри крепости и ее последующего использования для движения пассажирских и товарных поездов, оползневые процессы и осадки покровных отложений, выветривание кладки стен и арочных сводов из известняка.

Повреждения крепости, относящиеся к первой половине XVIII века, скрыты последующими влияниями, ремонтами и реставрациями. Воздействие предполагаемого землетрясения 1751 года на крепостные сооружения не вытекает из данных о текущем состоянии объекта. Гипотеза о беспрецедентном в Крыму по выделившейся энергии тек-

тоническом разрыве к северу от Керченского полуострова требует дополнительных обоснований.

Для уточнения даты и магнитуды предполагаемого Южно-Азовского землетрясения необходимы прямые доказательства, в том числе из турецких архивов, о возможном разрушительном землетрясении на Керченском полуострове в 1751 году. Важность представляют и архивные материалы Российской империи о колебаниях грунта – от ощутимых до сильных и разрушительных, происходивших одновременно в различных пунктах на сопредельных с Крымом территориях к северу от побережий Черного и Азовского морей, а также в северо-западных районах Северного Кавказа.

**Г.С. Шестопёров,**  
д-р геол.-мин. наук, профессор

#### Источники:

1. Аронович З.И., Горшков Г.П., Медведев С.В. и др. Крым // Сейсмическое районирование СССР. М.: «Наука», 1968.
2. Атлас офицера // Военно-топографическое управление Генерального штаба, 1974.
3. Белик Ю.Л., Корженков А.М., Куликов А.В. и др. Сейсмогенные деформации в стенах позднесредневековой крепости Еникале в Восточном Крыму // Вопросы инженерной сейсмологии. 2016. Т. 43. № 2.
4. Богданович М.И. Восточная война 1853-1856 гг. // СПб., 1877.
5. Винокуров Н.И., Никонов А.А. О следах землетрясений античного времени на западе Европейского Босфора // Российская археология. 1998. № 4.
6. Винокуров Н.И., Корженков А.М., Родкин М.В. К оценке сейсмической опасности района Керченского пролива по данным археосейсмологии // Вопросы инженерной сейсмологии. 2015. Т. 42. № 2.
7. Военный энциклопедический словарь. Институт военной истории Министерства обороны СССР, 1983.
8. Зенкевич Х.Х. Керчь в прошедшем и настоящем. 1894.
9. Каменобродский А.Г., Попов И.И. Крым // Сейсмическая сотрясаемость территории СССР. М.: «Наука», 1979.
10. Каменобродский А.Г., Кармазин П.С. Крым // Сейсмическое районирование территории СССР. М.: «Наука», 1980.
11. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: «Наука», 1977.
12. Маркевич А.И. Летопись землетрясений в Крыму (историческая справка) // Черноморские землетрясения и судьба Крыма. Симферополь: Крымское издательство, 1928.
13. ООО «ПЮИСК». Обобщение исследований опасности землетрясений в районе Керченского пролива с разработкой специальных технических условий для обеспечения сейсмостойкости транспортного перехода через Керченский пролив // Отчет по этапу «Сейсмическое микрорайонирование участка строительства». М., 2014.
14. Ризниченко Ю.В., Сейдерева С.С. Сейсмическая сотрясаемость территории СССР. М.: «Наука», 1979.
15. Смирнов М.В. Каталог землетрясений в Крыму. Симферополь, 1931.
16. СП 270.1325800.2016 Транспортные сооружения в сейсмических районах. Правила оценки повреждений дорог при землетрясениях в отдаленных и труднодоступных районах.
17. Шебалин Н.В. Очаги сильных землетрясений на территории СССР. М.: «Наука», 1974.

# МОСТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ ИЗ СВЕРХПРОЧНЫХ ФИБРОБЕТОНОВ – ОТДЕЛЬНЫЙ КЛАСС НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Первые сооружения из сверхпрочного фибробетона (по международной классификации UHPFRC или UHPC) были возведены за рубежом в конце 1990-х годов, а в начале 2000-х годов конструкции из этого материала начали входить в строительную (мостостроительную) практику. В настоящее время во всех странах, лидирующих в области мостостроения, особенно в области железобетонных и иных армированных конструкций из бетона, ведутся исследования и разработки по конструкциям из сверхпрочных фибробетонов, а также все более широкая их практическая реализация.

Это конструкции из совершенно нового материала, и для их проектирования нужна соответствующая нормативная база (для нашей страны в том числе). Для создания такой базы требуется отчетливое понимание особенностей работы конструкций, а также принципов технологии их изготовления.

Процедуры проектирования этих конструкций останутся прежними – как для бетона, армированного обычной или напрягаемой арматурой. Потребуется только корректный учет распределенного армирования, хотя принципиально с точки зрения расчета будут применимы те же подходы «теории железобетона», как и при стержневом армировании. Однако нужно будет учитывать особенности прочностных и деформативных характеристик, а также технологические нюансы изготовления конструкций из сверхпрочных фибробетонов (далее СПФБ).

Материалы категории СПФБ обладают высокими прочностными характеристиками на сжатие (от B130 до B200) и растяжение (так называемая остаточная прочность – более 6 МПа – здесь и далее под остаточной прочностью подразумевается значение сопротивления растяжению, которое может быть использовано в расчетах на прочность).

В дополнение к параметру прочности на растяжение существует

дополнительный критерий отнесения фибробетона к классу сверхпрочных, согласно которому требуется подтвержденное достаточно нехрупкое поведение материала при растяжении после образования трещин, в том числе и большого раскрытия – до 0,3 мм (критерий достаточной дуктильности материала).

Отсутствие проявлений хрупкости в работе на растяжение позволяет принимать в прочностных расчетах достаточно большие значения сопротивлений материала растяжению. При проектировании это делает баланс расчетных проверок прочности и трещиностойкости сходным с тем, который характерен для железобетона, то есть при обычном стержневом армировании.

Характерной особенностью СПФБ является также повышенная долговечность за счет его очень плотной структуры (при этом объемный вес от бетона отличается незначительно). В материале отсутствуют поры и каналы для проникновения влаги и агрессивных агентов из окружающей среды, что обеспечивает высокую водонепроницаемость и значительную по сравнению со стандартными бетонами морозостойкость, более существенную стойкость к хлоридам и карбонизации, а также к истиранию.

Конструкции и сборные элементы из СПФБ проектируются с целью

минимизации размеров сечений и, соответственно, собственного веса, создания рациональных систем армирования. В ряде случаев решается задача повышения эстетических достоинств сооружений, связанных с лаконизмом и изяществом форм, например, за счет получения более гладких, перфорированных или барельефных (тисненых) поверхностей, а также создания разнообразных цветовых долговечных решений (поскольку СПФБ может быть покрашен в массу). Все это имеет особенно важное значение для мостовых конструкций, к которым предъявляются и повышенные требования, как с точки зрения надежности и долговечности, так и эстетики.

В мировом мостостроении конструктивные особенности пролетных строений из СПФБ на данный момент в наибольшей степени сформировались применительно к пешеходным мостам, на которых, как правило, и начинается отработка технических решений для конструкций из новых материалов.

К настоящему времени сформировались специфические технические решения для пролетных строений из СПФБ, основные из которых:

- компактная сжатая и развитая растянутая зоны;
- стремление к оптимизации арматурного каркаса, то есть исключению, по возможности, поперечного (вертикального) стержневого армирования и даже обычной (ненапрягаемой) арматуры;
- создание и использование стенок балок в качестве перильного ограждения, а также возможность делать их не сплошными, а эстетически привлекательными (сквозными или с барельефной поверхностью);

- выполнение отдельных деталей конструкций очень тонкими (мелкий заполнитель, до 0,63 мм, это позволяет) – при длине волокон фибры менее 15 мм тонкими считаются элементы толщиной менее 45 мм;
- отношение высоты к пролету составляет величину, значительно превосходящую сложившуюся для конструкции из железобетона

- до 1/50, в связи с чем возможно перекрытие более значительных по протяженности пролетов и уменьшение высоты подходов;
- за счет уменьшения размеров сечения, а также из-за других соображений (в том числе и расчетных) часть напрягаемой арматуры (или вся) может быть выведена из тела СПФБ (расположена открыто и без сцепления

с материалом основных несущих конструкций).

Заметим, что интенсивность нормативной пешеходной нагрузки за рубежом составляет от 0,25 до 0,5 с/м<sup>2</sup>.

Ниже приведены примеры реализованных проектов пешеходных мостов с СПФБ:



Рис. 1. Sakata Mirai, г. Саката, Япония, пешеходный мост, 2002 г. Конструкция однопролетная длиной 50,1 м. Высота коробчатой трапециевидной балки переменная – 0,55...1,56 м. Нижний пояс горизонтальный, продольный уклон обеспечен увеличением высоты перфорированных стенок балки от устоев к центру пролета. Имеет напрягаемые арматурные элементы вне тела сечения – внутри контура коробки.



Рис. 2. Пешеходный мост Akakura Onsen Yukemuri, Япония, 2004 г. Однопролетный балочный мост с предварительно напряженным пролетным строением 36,3 м. Высота балки – 0,95 м. Напрягаемые арматурные элементы расположены вне тела СПФБ, в полости коробчатого сечения.



Рис. 3. Пешеходный мост Mikane-Ike-Bashi, г. Камио, Япония, 2007 г. Балочный двухпролетный мост с неразрезным предварительно напряженным пролетным строением с открытым расположением напрягаемой арматуры (в полости коробки). Пролеты: 39,9+39,9 м. Высота коробчатой балки – 1,0 м. Сооружение является первым в Японии неразрезным мостом из СПФБ.

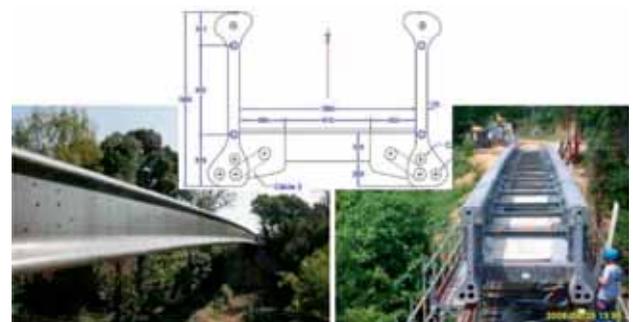


Рис. 4. Пешеходный мост Passerelles des Anges, Франция, 2008 г. Однопролетный 70-метровый балочный мост из предварительно напряженного СПФБ. Строительная высота балок постоянная – 1,8 м (1/38 длины пролета). Обычное стержневое армирование отсутствует. Пролетное строение снабжено гасителями колебаний. Применена универсальная опалубочная форма, которая использовалась и на других сооружениях.



Рис. 5. Мост в селении Kampung Ulu Geroh через реку Sungailitik, Малайзия, 2012 г. Сооружение предназначено для движения пешеходов, велосипедов и легкого моторного транспорта. При необходимости может пропускать и грузовой транспорт. Пролетное строение изготовлено из СПФБ. Применены сборные балки заводской готовности, объединенные по плите монолитным сверхпрочным фибробетоном. Мост является однопролетным, рамно-балочным (балка имеет заделки в массивные устои). Пролет – 25 м. П-образное с консолями поперечное сечение скомпоновано из двутавровых предварительно напряженных балок из СПФБ. Высота пролетного строения – 1,375 м. Балки не имеют в стенке вертикальных хомутов.

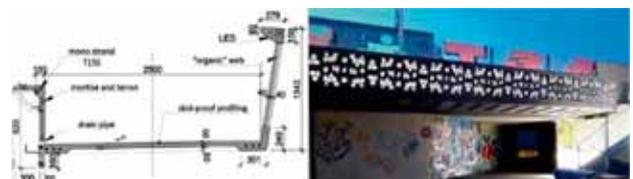


Рис. 6. Пешеходный путепровод Martinet Bridge, г. Лозанна, Швейцария, 2015 г. Сооружение представляет собой разрезную однопролетную балку длиной 15,3 м с опиранием на устои в виде подпорных стен. Поперечное сечение несимметричное корытообразное. Предварительное напряжение обеспечено арматурными элементами из «монострендов», расположенными в углах нижней плиты (в вутах) и вверху стенок балки.



Рис. 7. Паулифуртский пешеходный мост, Австрия, 2014 г.  
Пролетное строение имеет корытообразную форму весьма оригинальной конструкции. Пролет 32 м. Выполнено с использованием сборных предварительно напряженных элементов из СПФБ. На монтаже объединяются с использованием предварительного напряжения в пространственную сборно-монокрипную конструкцию.



Рис. 8. Катарижен Бридж, Лейден (Нидерланды), 2016 г.  
Велопешеходный мост из СПФБ. Особенностью проекта является стремление создать плавный, обтекаемый вид моста. Конструкция пролетного строения S-образной в плане формы, которая опирается на две V-образные промежуточные опоры. Длина моста – 39 м, толщина плиты пролетного строения на опорах – 42,5 см, а в середине центрального пролета – 27,5 см.



Рис. 9. Пешеходный мост Goosebridge УНРС, Германия, 2016 г.  
Длина пролета – 20 м. При изготовлении пролетного строения специальная смесь СПФБ, включая стальные волокна, перекачивалась с помощью обычного роторного бетононасоса в опалубочную форму. За исключением предварительно напряженной арматуры, в мосту не использована другая стальная арматура.

В настоящее время развитие мостовых конструкций из СПФБ проходит стадию расширения области применения – в том числе увеличение пролетов, оптимизация опалубочных форм и практически инвентарный характер опалубок.

### Решение для сборных конструкций – Joint Fill

Применение СПФБ не ограничивается лишь пешеходными сооружениями. Использование СПФБ является очень полезным и для так называемого скоростного строительства мостов ABC

(Accelerated Bridge Construction), особенно популярного в США, где оно сформировалось как отдельное направление в мостостроении.

При реконструкции и ремонте мостовых сооружений применение СПФБ также обеспечивает



Рис. 10. Пример уширения моста при реконструкции с использованием СПФБ. Пригород Лозанны, Швейцария, 2020 г.

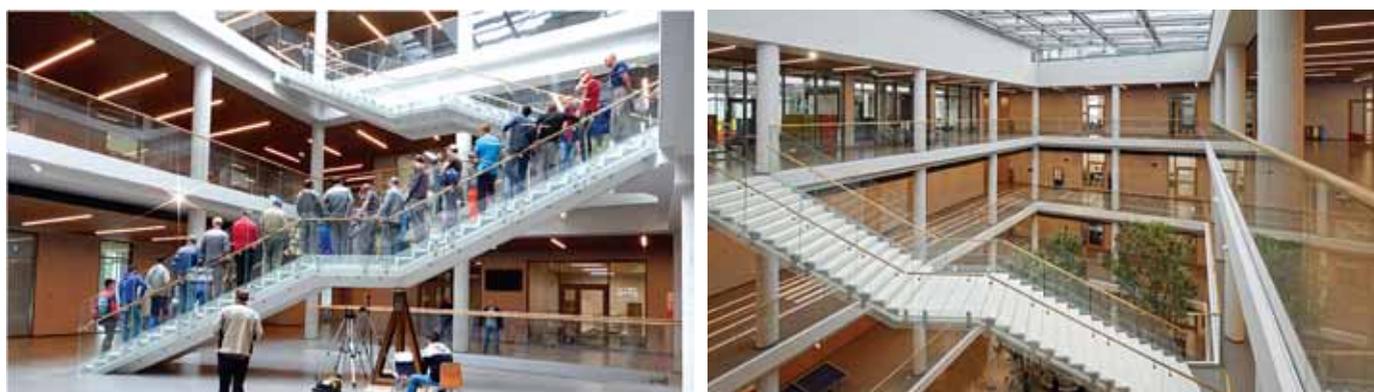


Рис. 11. Строительство Хорошевской гимназии в Москве

значительные возможности по рациональным конструктивным и технологическим решениям при уширении пролетных строений (рис. 10).

В нашей стране также имеется достаточно успешный опыт применения СПФБ. В 2017 году концерном «КРОСТ» при строительстве Хорошевской гимназии в Москве данный материал использован в несущих конструкциях без предварительного напряжения лестничных маршей (косоурах) пролетом 10,8 м. Отношение высоты сечения к пролету составило 1/31 [19].

Отечественная школа исследований и разработок по армированным конструкциям постепенно начинает серьезно интересоваться сверхпрочными фибробетонами. Применительно к самому фиброматериалу они были

начаты примерно в середине 2000-х годов в НИИЖБ, НИИСФ БААСН, НИИСФ РААСН, ПГУАС и др. [1–13]. Также в этой связи, нельзя не упомянуть разработки СПбГАСУ и научной школы Ю.В. Пухаренко, хотя они в основном, кроме отдельных работ, относятся к обычным, а не высокопрочным и не сверхпрочным фибробетонам.

В определенной мере результаты этих работ, прежде всего НИИЖБ, нашли отражение в недавно вышедшем нормативном документе, касающемся всех сталефибробетонов – ГОСТ Р 59535-2021 – Бетоны тяжелые и мелкозернистые, дисперсно-армированные стальной фиброй. Технические условия. Однако перед разработчиками ГОСТ, по всей видимости, не стояло задачи специальным образом выделять СПФБ как отдельный класс материалов, по-

скольку по этому классу в ряде случаев ничего определенного не указано. Например, по прочностным характеристикам СПФБ на растяжение (остаточной прочности) имеется только ссылка о необходимости некоего специального экспериментального обоснования этих характеристик.

Исследованиями же конструкций из СПФБ применительно к мостовой тематике занимается специализированная научно-исследовательская организация ООО «Сервис-МОСТ». В частности, начиная с 2016 года исследования и конструкторские проработки велись для Концерна «КРОСТ» по указанному выше объекту [18]. При выборе организации для проведения исследований, обосновывающих нестандартные проектные технические решения по системе армирования, Концерном пред-

почтение было отдано мостовой фирме, поскольку косоуры лестниц, соединяющие этажи противоположных сторон атриума, подвержены воздействиям, аналогичным мостовым конструкциям, в том числе пешеходным.

Косоуры, как и пролетные строения, помимо статической нагрузки, испытывают действие подвижной нагрузки, включая существенное воздействие циклической и динамической составляющих.

В настоящее время работы по сверхпрочным фибробетонам продолжаются ООО «СервисМОСТ» по инициативе другого заказчика – «Холсим Рус». Эта работа ведется в иной, более системной постановке – как комплексная НИОКР, направленная на эффективное применение СПФБ в российском мостостроении при соответствующем нормативном обеспечении.

Упомянутый выше ГОСТ Р является безусловно полезным документом по широкому кругу вопросов. Однако в нем не отражено принципиально важное, ключевое понятие, фактически разграничивающее классы фибробетонов: обычный, высокопрочный (В60... В130) и сверхпрочный (классом прочности свыше В130). Имеется в виду понятие ориентации волокон в конструкции, характеризующее коэффициентом ориентации  $K$ , который одновременно учитывает и равномерность распределения волокон/фибры, что более привычно российским проектировщикам-фибробетонщикам.

При проектировании конструкций из СПФБ очень важную роль играет корректный учет технологической составляющей. Классические фибробетоны (ФБ) представляют собой среду, близкую к изотропной (во всяком случае с точки зрения расчетов конструкций).

У СПФБ свойства в общем случае становятся анизотропными. Собственно, необходимость учета

этой составляющей и настоятельно требует больше всего проектировщиков. Как известно, при изготовлении конструкций из железобетона предусмотрена процедура приемки арматурного каркаса (как скрытой работы), обеспечивающая достаточно точное выполнение проектных решений в натурной конструкции. Для фибробетона, особенно сверхпрочного, она должна быть замещена контролем за полным соответствием процедуры укладки смеси требованиям специально разработанного технологического регламента.

В конструкции из СПФБ, как бы заранее (еще на стадии разработки проектных решений), вследствие его анизотропности неизвестно, какие прочностные характеристики будут реализованы в каждом конкретном месте конструкции, в том числе в наиболее ответственных сечениях.

Для преодоления этих имеющих основание опасений необходима отработка четкого технологического регламента по укладке смеси СПФБ и его тщательный контроль при изготовлении конструкций, обеспечивающий соответствующие прочностные и другие характеристики СПФБ.

Проектировщики или технологи могут присутствовать на укладке смеси в реальную конструкцию, в том числе, например, в порядке авторского надзора – в ответственных, по их мнению, случаях, когда смесь укладывается в зонах конструкции, где особенно важно получить проектные прочностные характеристики СПФБ на растяжение по тому или иному направлению. Кроме того, при первой укладке смеси в новую конструкцию (в конструкцию новой конфигурации) на специально изготовленном образце-прототипе могут быть выбурены (выпилены) и испытаны керны (призмы и пластины) для оценки сопротивления растяжению при изгибе и тем самым приемлемости использованной технологии изготовления.

С точки зрения эффективности применения нового материала – сверхпрочного фибробетона – в мостостроении важно полностью использовать для проектных решений значительный потенциал СПФБ. Если проектировщик будет учитывать характеристики СПФБ с существенным запасом, предполагая возможность недостаточно качественного изготовления и принимая заниженные характеристики прочности СПФБ, то произойдет нерациональное использование материала. С другой стороны, если в проекте будет заложена прочность более высокая, чем окажется в реальной конструкции, то это приведет к дефициту прочности относительно проектной.

В этих условиях оптимальный подход – это использовать при проектировании номинальный уровень прочностных характеристик СПФБ, заявленных в идентификационной карте [15], контролируя при этом все аспекты технологии изготовления, влияющие на ориентацию фибры (а точнее, ориентацию и распределение волокон фибры). Такой подход к принятию в расчет влияния технологического процесса гарантирует эффективную реализацию высоких прочностных характеристик СПФБ в натурной конструкции.

Практическая реализация подхода к учету связи между технологией укладки фибробетонной смеси (на конкретных наиболее важных участках) и проектированием – расчетом и конструированием – может осуществляться при помощи соответствующего коэффициента ориентации фибры.

Ориентация фибры (как и ее распределение) может быть учтена упомянутым коэффициентом  $K$ , который характеризует влияние ориентации волокон на физико-механическое поведение СПФБ после образования трещин при растяжении.

Фактически коэффициент  $K$  – это понижающий коэффициент ориен-

тации волокон, и он может рассматриваться как коэффициент условий работы. Этот коэффициент не является характеристикой материала (фибробетона или СПФБ) как такового. Коэффициент является характеристикой СПФБ в конкретной зоне конструкции и в конкретном сечении (по рассматриваемому направлению силовой работы).

Для СПФБ такое соотношение между местоположением и условиями работы сечений с ориентацией волокон исключительно важно, поскольку фибровое распределенное армирование вносит существенный вклад в прочностные характеристики конструкции (ее сечений) и именно этот параметр определяет надежность при расчете конструкции по предельным состояниям. Этот принцип важен для конструкций из любых фибробетонов – в них система армирования, включая распределенное армирование, создается в зависимости от технологии укладки смеси (направления движения потоков смеси при укладке вдоль опалубки или крупных стержней арматурного каркаса, количества и расположения точек подачи смеси и др.).

В случаях тонкостенных сечений направление и количество армирующих фибр становится весьма критичным. Сгущение же дисперсного армирования в местах резкого изменения формы или в результате так называемого приопалубочного эффекта может вызывать определенные сдвиги в значениях прочностных характеристик материала. Чем выше класс прочности бетонной матрицы и чем эффективнее, полнее используются ее прочностные свойства на растяжение и на сжатие во все более тонкостенном сечении, тем большее смысловое значение приобретает коэффициент распределения и ориентации фибры.

Так, например, при испытаниях в 2016 году были получены следующие данные для образца из СПФБ, который представлял собой балку длиной 400 см, высотой 24 см и

шириной 20 см (сечение прямоугольное). Образец был выполнен из высокопрочного фибробетона Ductal® с фиброй из нержавеющей стали и армирован двумя прямолинейными арматурными стержнями Ø20 мм стали А50° С, оси которых расположены в 5 см от низа балки. Образец испытывался на изгиб при расчетном пролете 360 см. Фибровое армирование даже при минимальном его уровне (1% по объему) дало прибавку прочности нормальных (к продольной оси образца) сечений 30–40% (при проценте армирования стержневой арматурой А-50° С – 1,3%). Поэтому особенно важно учитывать реальное остаточное сопротивление растяжению СПФБ.

Для конструкций из обычных фибробетонов добавка в несущую способность из-за фибр не является столь значительной, что связано с их менее высокой остаточной прочностью на растяжение.

Поскольку разграничение обычных ФБ и СПФБ отсутствует в ГОСТ Р 59535-2021, что является методической неточностью, заложенной в этом документе, это не позволяет использовать данный ГОСТ Р при проектировании несущих конструкций из СПФБ.

Процесс практического применения сверхпрочного фибробетона для строительства реальных объектов связан с двумя видами испытаний образцов этого материала:

- **предпроектными** (это и интересуется проектировщика в первую очередь) – когда подтверждаются характеристики поставляемого для объекта материала, то есть его соответствие идентификационной карте, по которой велось проектирование; испытываются стандартные образцы, изготовленные в лабораторных условиях;
- **предпроизводственными**, когда подтверждается пригодность методов укладки материала в опалубочные формы при имеющихся в них арматурных каркасах, что определено движением потоков смеси при укладке. Способы испытаний, используемые для определения коэффициента ори-

ентации – по прочностным испытаниям стандартных образцов из СПФБ, обеспечивают определение как ориентации, так и распределения волокон. Таким образом, дополнительно учитывать коэффициенты, связанные только с распределением волокон, нет необходимости.

При предпроизводственных испытаниях используются образцы, отобранные (выбуренные или выпиленные) из образца-прототипа.

Образец-прототип должен быть репрезентативным с точки зрения фактической конструкции, условий ее изготовления. Этот элемент, только некоторые размеры которого могут быть уменьшены, должен сохранять масштаб 1:1 в направлении самой малой толщины в зонах приложения концентрированных усилий и должен проявить особенности процесса бетонирования, влияющие на характер распределения фибр в смеси и на их ориентацию. Он должен использоваться для подтверждения правильности методики укладки СПФБ, ее эффективности и положительного влияния на направление волокон (фибр), путем определения коэффициента ориентации К.

Таким образом, для каждой новой формы и конфигурации необходима разработка такого специального регламента производства фибробетонных работ, и она должна быть проведена на основе результатов испытаний стандартных образцов, отобранных из образца-прототипа конструкции.

Должен быть выполнен детальный чертеж образца-прототипа и составлена программа предпроизводственных испытаний, включая план отбора проб (образцов) для определения коэффициента ориентации. Программа составляется Проектировщиком, должна быть согласована с Заказчиком, Производителем смеси СПФБ и (за исключением случаев предварительного изготовления изделий из СПФБ, подпадающих под действие стандарта на изделие) Подрядчиком.

При составлении плана отбора испытуемых образцов из прототипа необходим экспертный инженерный анализ, чтобы оценить и учесть направления внутренних усилий растяжения, которым может подвергаться конструкция. Эти образцы (которые, главным образом, отбираются путем выпиливания) должны иметь размеры в зависимости от их толщины волокон фибры.

Коэффициент ориентации  $K$  может серьезно отличаться в зависимости от направления нагружения и рассматриваемых частей/участков конструкции.

В различных проектных расчетах (проверках), в которых используется этот коэффициент, его определение должно соответствовать направлению, перпендикулярному плоскости потенциальных трещин. «По умолчанию» для прямого экспериментального определения в этом направлении будет выбираться максимальное значение коэффициентов  $K$ , определенных в двух перпендикулярных направлениях.

Рассчитывается коэффициент ориентации  $K$  путем сопоставления момента сопротивления пластин или призм, отобранных из сооружения/из прототипа с моментом сопротивления отлитых в лабораторных условиях пластин или призм таких же размеров. Они определяются по основному направлению растяжения в сооружении и однозначно взаимосвязаны с частью сооружения, однородной с точки зрения направления волокон (балка, плита, зона анкеровки и т. п.). Коэффициенты определяются для тех разных частей прототипа, которые имеют более или менее однородное напряженно-деформированное состояние с четким направлением силовых линий растяжения, ему и должна соответствовать ориентация фибрового армирования. В настоящее время в нашей стране отсутствует практика проектирования мостовых (и других несущих конструкций) из СПФБ. Некоторые вопросы по проекти-

рованию и поведению конструкций из СПФБ при эксплуатации пока не совсем очевидны. Одной из специфических проблем являются значительные деформации растяжения СПФБ (при высокой остаточной прочности), так что напрягаемая арматура в ряде случаев не обладает соответствующим потенциалом деформирования и не представляется возможным реализация прочностных характеристик СПФБ – при ограниченных деформациях напрягаемой арматуры.

Одно из возможных решений – применение напрягаемой арматуры без сцепления с бетоном. Применение такой арматуры, скорее всего, не приведет к сколько-нибудь значительному снижению прочности нормальных сечений, поскольку имеется достаточное количество связанного с бетоном фибрового армирования, пусть и распределенного [14].

Также коэффициент ориентации волокон должен быть использован при назначении предельных относительных деформаций СПФБ на сжатие, поскольку известно, что этот материал склонен к несколько меньшим уровням деформаций на сжатие (материал менее податлив, более ограничен в своей деформативности).

В общем случае при проверке способности к деформациям сжатия следует учитывать ограниченную пластичность (при сжатии). Для учета относительно низкой деформационной способности СПФБ при сжатии в некоторых зарубежных нормах или рекомендациях используется коэффициент 0,85 [16]. Однако надо учитывать, что это пониженные значения относительных деформаций и соответствуют значительно более высоким уровням сопротивления СПФБ сжатию, чем в обычных фибробетонах или в железобетоне.

Пониженные предельные деформации СПФБ были экспериментально подтверждены при отмеченных выше испытаниях ООО «Сервис-МОСТ» в 2016 году на балке, которая нагружалась на

изгиб и разрушилась соответствующим образом (по нормальному сечению). Уровень предельных деформаций сжатия в сечении, где произошло разрушение, по замерам тензодатчиками не превысил 0,0017–0,0020.

При проектировании коэффициент  $K$  используется в виде  $K_1$  или  $K_2$ , каждый из которых характеризует уровень ответственности, связанный с неравномерностью ориентации фибры.

$K_1$  относится к эффектам глобального для рассчитываемой конструкции характера, для которых требуется работа волокон в протяженных зонах и там, где локальный эффект силовой работы не будет иметь серьезных последствий (например, работа на срез, сопротивление изгибу плиты и др.)

$K_2$  предназначен для локальных эффектов (местное приложение нагрузок или действие внутренних сил), соответствующих нагрузкам, которые требуют прочности СПФБ в очень ограниченных/локальных зонах (например, в месте заделки стержня при работе стержня на вырыв).

Выбор коэффициента  $K_1$  или  $K_2$  проводится для каждой проверяемой при проектировании проверки.

На этапе предпроектных испытаний при отсутствии надежных данных рассматриваемого СПФБ можно принять следующие значения:  $K_1 = 1,25$ ,  $K_2 = 1,75$ .

При любых обстоятельствах для  $K_1$  и для  $K_2$  устанавливается минимальное значение 1,0 и максимальное значение 2,0 для  $K_1$  и 2,5 для  $K_2$ .

Когда какая-либо проверка, в которой используются характеристики при растяжении, касается нескольких направлений, можно принять единственное значение коэффициента ориентации  $K$  независимо от рассматриваемого направления растяжения, при этом необходимо взять максимальное значение из величин  $K$ , получен-

ных в различных соответствующих направлениях для заданной части сооружения.

В ходе внедрения СПФБ в практику мостостроения нашей страны, организационные вопросы взаимодействия проектировщиков конструкций из СПФБ и предприятия-изготовителя (или строительной организации) могут и должны быть детально определены в соответствующих нормативных документах.

На данный момент представляется логичным следующий порядок взаимодействия. Производитель ПФБ должен нести ответственность за проведение следующей оценки соответствия в процессе предпроизводственных испытаний: проверки консистенции и подвижности смеси, сопротивление сжатию, характеристик на растяжение – на отлитых образцах (на лабораторном миксере), модуля упругости и динамики набора прочности. Потребитель СПФБ (организация, использующая его в деле) несет ответственность за проведение предпроизводственных испытаний с целью проверки

коэффициентов ориентации K1 и K2, а также и применяемых процедур укладки (и термообработки) СПФБ в процессе изготовления образца-прототипа. За исключением случаев, когда СПФБ используется для сборных изделий, подпадающих под действие стандартов на изделие, результаты предпроизводственных испытаний должны предъявляться Подрядчику для приемки.

Изложенные в настоящей статье подходы и соображения реализованы в практически готовом на данный момент СТО (ООО «Холсим (Рус) СМ») на «Сверхпрочный фибробетон для конструкций мостов и других сооружений. Производство, контроль качества и применение. Технические условия». В настоящее время этот документ можно запросить у Романа Чурилова [roman.churilov@lafargeholcim.com](mailto:roman.churilov@lafargeholcim.com).

Ведутся теоретические и экспериментальные исследования. Эти работы, как отмечено выше, проводятся совместно ООО «Сервис-МОСТ» и «Холсим Россия». В числе других исследуется вопрос

о влиянии ориентации фибры на прочностные характеристики. Рассматриваются способы оптимизации ориентации фибры по наиболее важным для конструкции направлениям.

В настоящее время особых препятствий для применения СПФБ нет. Есть все возможности и средства для изготовления и возведения конструкций из этого материала в нашей стране.

Есть и понимание особенностей их расчета при проектировании. Начата и работа по нормированию. СПФБ, как класс материалов, включены в СП 35.1330.2011 с Изменениями 3. Также необходимо будет установить министандарты свойств для СПФБ, поскольку проектировщики привыкли иметь дело с определенной дискретностью (градациями характеристик материала).

**И.М. Сапронов,**  
директор «Сервис-МОСТ»,  
**Р.С. Чурилов,**  
руководитель сегмента  
Транспортной инфраструктуры  
«Холсим Россия»

#### Список литературы:

1. Пухаренко Ю.В. «Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов». Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург, 2004.
2. Пухаренко Ю.В., Пантелеев Д.А. Диаграммы деформирования цементных композитов, армированных стальной проволоочной фиброй. Санкт-Петербург.
3. Ю.В. Пухаренко, М.И. Жаворонков, Д.А. Пантелеев. Совершенствование методов определения силовых и энергетических характеристик трещиностойкости фибробетона. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ).
4. Голубев В.Ю. Высокопрочный бетон повышенной вязкости разрушения. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2009.
5. Круглый стол: «Наномодификация бетонов для создания многоуровневой структуры. Нанодобавки. Способы введения. Структура, свойства и строительно-технические» // Технологии бетонов. №3, 2013.
6. Ю.В. Пухаренко, И.У. Аубакирова. Наномодифицированный сталефибробетон для мостовых конструкций // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 3. №4.
7. Симакина Галина Николаевна. Высокопрочный дисперсно-армированный бетон. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пенза, 2006.
8. Высокопрочный фибробетон для промышленного и гражданского строительства, к.т.н., доцент С.В. Клоев, ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова» // Инженерно-строительный журнал. 2012. №8.
9. Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства». Симакина Галина Николаевна. Высокопрочный дисперсно-армированный бетон. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пенза, 2006.
10. Вестник НИЦ «Строительство» 4(27) 2020 [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-4\(27\)-135-147](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2020-4(27)-135-147) (электронный ресурс). И.А. Чилин. Влияние технологических факторов на свойства сверхвысокопрочного сталефибробетона. Ссылка на электронный ресурс: [https://www.faufcc.ru/upload/iblock/afb/kaprielov\\_statya.pdf](https://www.faufcc.ru/upload/iblock/afb/kaprielov_statya.pdf)
11. Сверхвысокопрочный самоуплотняющийся фибробетон для монолитных конструкций. С.С. Каприелов, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, И.А. Чилин // Инженерно-строительный журнал. 2018. №1.
12. Травуш В.И., Конин Д.В., Крылов А.С. Прочность железобетонных балок из высокопрочных бетонов и фибробетонов // Инженерно-строительный журнал. 2018. № 1 (77). С. 90–100.
13. Мишина Александра Васильевна. Влияние возраста высокопрочного сталефибробетона на его физико-механические и реологические свойства. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Москва, 2013.
14. Сапронов И.М. О нормировании расчета на прочность мостовых железобетонных конструкций с напрягаемой арматурой, не имеющей сцепления с бетоном // Транспортное строительство. 2001. №3. С. 23–25.
15. Сапронов И.М., Чурилов Р.С., Бернарди С. О применении сверхвысокопрочного фибробетона DUCTAL® в российском мостостроении // Дорожная держава. 2020. № 94. С. 78–85.
16. Technical Leaflet SIA 2052 UHPFRC – Materials, design and construction, March 2016. (in German and French; for English translation: eugen.bruehwiler@epfl.ch).
17. NF P 18-470. Concrete – Ultra-high performance fibre-reinforced concrete – Specifications, performance, production and conformity. AFNOR. –La Plaine Saint-Denis, 2016.
18. Архитектурный Ductal. Лестницы и пешеходные мостики. [Электронный ресурс]: URL: <https://lafargeholcimrus.ru/>.
19. Хорошевская гимназия «Хорошкола» [Электронный ресурс]: URL: <https://archi.ru/projects/russia/10529/horoshesvkaya-gimnaziya-horoshkola>.

11 ЕЖЕГОДНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ

**BET ON**  
**CONF 2022**

**11.11.22, МОСКВА**

**Г. МОСКВА, УЛ. ПОКРОВКА, Д. 47. ЦИФРОВОЕ ДЕЛОВОЕ ПРОСТРАНСТВО**

ПО ВОПРОСАМ УЧАСТИЯ В КАЧЕСТВЕ: ПАРТНЕРА МЕРОПРИЯТИЯ, ИНФОРМАЦИОННОГО ПАРТНЕРА,  
ЭКСПОНЕНТА, СПОНСОРА ИЛИ УЧАСТНИКА

ОБРАЩАТЬСЯ ПО E-MAIL: [BETON-CONF@POLYPLAST-NM.RU](mailto:BETON-CONF@POLYPLAST-NM.RU)  
ИЛИ ТЕЛЕФОНУ: 8 800 200 08 28 (ДОБ. 107)

Организатор мероприятия ООО «Полипласт Новомосковски»

 **POLYPLAST**<sup>®</sup>  
IDEA. QUALITY. MATTER

# СОБЛЮДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОФОБИЗАЦИИ – ПУТЬ К ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕТОНА

Компания «САЗИ» на протяжении почти 30 лет занимается развитием и совершенствованием направлений, связанных с разработкой и производством герметизирующих и гидрофобизирующих / гидроизолирующих материалов. Потребителями продукции «САЗИ» являются тысячи производителей многих отраслей промышленности, а также строительной сферы нашей страны.

Компания представляет собой группу, базирующуюся на трех производственных предприятиях и научно-исследовательском центре, где ведется разработка новых технологий и материалов. Заводы, научно-исследовательский центр и головной офис группы компаний «САЗИ» находятся в Московской области. В компаниях группы трудятся около 500 человек.

Тридцатилетний опыт работы компании и широкая номенклатура выпускаемой продукции позволили специалистам предприятия накопить уникальные знания и опыт, которые, как показывает практика, часто становятся очень полезными тем, кто имеет дело с герметизацией и гидрофобизацией объектов или изделий.

Продукция заказчикам реализуется на основе грамотной и слаженной логистики как непо-

средственно с заводов, так и со стороны дилеров, в зависимости от размера отгружаемой партии. Дилеры компании представлены во всех регионах России, а также в ряде других стран.

Для подробного ознакомления с наработками, а также преимуществами производимых «САЗИ» продуктов компания регулярно использует различные информационные площадки, и в частности журнал «Дорожная держава». Данная ниже публикация ориентирована на целевую аудиторию специалистов, связанных с дорожно-транспортным строительством.

Материалы для дорожного строительства производятся и поставляются компанией всего около пяти лет и еще мало известны отраслевым организациям. Поэтому представленная информация будет

чрезвычайно полезна нашим уважаемым читателям. В связи с этим редакция предоставляет профессиональное слово **генеральному директору ООО «ПК «САЗИ» С.А. Гладкову:**

– Начну с того, что важнейшим агрессивным фактором для бетонных сооружений является вода, которая проникает в поры и капилляры бетона, понижая морозостойкость и разрушая его растворенными в ней агрессивными веществами. Основным путем проникновения воды в бетон является смачивание, так как давлений, сравнимых с пределом водонепроницаемости тяжелых бетонов, используемых в дорожном строительстве, в таких объектах (в отличие, например, от базовых стенок плотин или морских пристаней) быть не может.

Одновременно с этим следует учитывать, что в элементах дорог дефектом считается то, на что во многих других видах строительства не обращается внимание, – это разрушение тонкого слоя около поверхности бетона, «шелушение».



Наши исследования показывают, что разрушение внешнего слоя кирпичной кладки и бетонной поверхности, явно отличающиеся по своим масштабам, имеют одинаковую природу – понижение морозостойкости внешнего поверхностного слоя из-за насыщения его водой



В случае попадания влаги в стык она впитывается в бетон через торцевую поверхность, что и приводит к ее разрушению

Перечисленные аспекты прямо указывают на единственно эффективный способ борьбы с давлением воды – защиту поверхности бетона от ее проникновения (именно и в первую очередь поверхности, а не внутренних частей бетонных сооружений). Причем в данной задаче есть инженерное противоречие: капилляры при этом надо оставить открытыми, чтобы в случае попадания влаги в тело бетона (с боковых и нижних незащищенных поверхностей, а также в случае появления микротрещин на защищенных) она могла испаряться через его поверхность.

Таким образом, требуемая защита должна не пропускать воду в капилляры, но при этом оставить их открытыми. Задача решается, если вспомнить, что путь проникновения влаги в бетон в дорожных сооружениях – это капиллярный эффект: достаточно сделать стенки капилляра водоотталкивающими, чтобы влага по ним в бетон не проникала. А если при этом диаметры капилляров не уменьшаются, то паропроницаемость сохранится.

Такого эффекта позволяет добиться использование кремнийорганических гидрофобизаторов. Кремнийорганические материалы – это продукты тонкого химического синтеза с заранее заданными

свойствами. Ученые разработали, а промышленность серийно выпускает кремнийорганические вещества, молекулы которых после полимеризации имеют различные концевые группы, «хвостики», с разных сторон полимерной нити: с одной стороны – группа с электрическим зарядом, с другой – нейтральная. При контакте с имеющей электрический заряд поверхностью капилляра (а она обязательно имеет заряд, поскольку, напомним, смачивание и есть притяжение электрически несимметричной молекулы воды к заряженной поверхности) молекула крепится к ней первой стороной. Вторая – нейтральная – концевая группа обращена внутрь капилляра. В результате его поверхность оказывается покрытой изнутри нейтральными группами – «хвостиками» – полимера. То есть поверхность не смачивается. При этом образующаяся на стенке капилляра пленка настолько тонкая, что не меняет его сечения. Вода из тела бетона по-прежнему будет испаряться.

Это кремнийорганическое вещество для «доставки» в капилляр разводится в воде или органическом растворителе весьма небольшой концентрацией. Полученный состав наносится на чистую поверхность бетона, за счет смачи-

вания проникает в капилляры (причем, что важно, на ту же глубину, на которую может проникнуть атмосферная влага), затем вода (или растворитель) испаряется, а кремнийорганика оседает на поверхность капилляров и полимеризуется. В результате поверхностный слой защищен от воды. Описанный в этом образце состав и есть кремнийорганический гидрофобизатор.

Наша компания выпускает такие гидрофобизаторы (их несколько, отличаются они строением молекулы и видом растворителя) под названием «Типром» и «Лепта». Важно обратить внимание на то, что только кремнийорганика позволяет дать описанные выше результаты. Поэтому составы на какой-либо другой основе гидрофобизаторами не являются, хотя и имеют часто такое название. Производители таких составов называют их гидрофобизаторами либо по незнанию, либо с целью рекламы.

Кроме правильно выполняемой гидрофобизации бетонных сооружений или изделий, следует устранить второй путь доступа воды – через стенки между элементами конструкции (на практике последовательность должна быть иной: сначала герметизация стыков и лишь потом – гидрофо-



Разрушение шва из-за ошибочно примененного герметика «Сазиласт 24» и «Сазиласт 25»



После ремонта шва с заменой герметика на «Сазиласт 501» и «Сазиласт 502» дефектов нет

бизация наружных поверхностей, так как «выключение» смачиваемости резко ухудшит адгезию герметика к контактными поверхностям стыка, что приведет к дефектам последующей эксплуатации). Это достигается с помощью герметиков.

Номенклатура представленных на рынке герметиков чрезвычайно разнообразна, в том числе по виду базового полимера. Но с учетом совокупности агрессивных воздействий (продукты сгорания топлива, химические реагенты, перепады температуры, инсоляция и др.) очень малое количество полимеров способно работать в швах дорожной инфраструктуры. Кроме того, герметик должен обеспечить надежную адгезию к влажной поверхности бетона, что еще более сужает круг применимых полимеров.

В настоящее время мы производим для этих целей герметики торговой марки «Сазиласт» на основе полисульфида и полиуретана. Предлагаются они в двухкомпонентном виде, что является нашим технологическим требованием: такие составы имеют гарантированное время набора эксплуатационных свойств вне зависимости от внешних условий (температуры, влажности и т. п.).

Говоря о герметиках, хотелось бы обратить внимание на следующий аспект. Так, если при гидрофобизации основным затруднением является выбор эффективного гидрофобизатора (об этом сказано выше), а его применение обычно проходит без проблем, то с герметиками ситуация обратная.

На рынке мало не соответствующих необходимым требованиям герметиков (просто потому, что отрицательный результат их применения обычно виден очень быстро, в пределах гарантированного срока, и поставщики плохих дорожных герметиков быстро покидают отраслевой рынок), с герметиками дело обстоит более или менее нормально.

Однако сама герметизация – сложный в инженерном отношении процесс, и мы регулярно встречаемся с дефектами из-за ошибок в выполнении работ на транспортных объектах (причем, к сожалению, чаще, чем в других областях строительства и ремонта).

Уточним, что имеют место и случаи неверного выбора герметиков. Так, например, полиуретановые герметики (у нас это «Сазиласт 24», «Сазиласт 25») не предназначены для эксплуатации в тоннелях с интенсивным

движением из-за недостаточной стойкости к продуктам сгорания топлива. Применять надо полисульфидные, например «Сазиласт 501», «Сазиласт 502», «Сазиласт 503».

Учитывая это, наша компания ведет активную работу по повышению уровня технологии производства работ по герметизации: мы много бываем на объектах, разрабатываем и распространяем технологические рекомендации, проводим семинары, рабочие совещания, выступаем на конференциях, публикуем информационные материалы в печати.

Мы также всегда готовы помочь в применении наших материалов и будем рады обращениям со стороны специалистов.



ООО «ПК «САЗИ»  
140005, Московская область  
г. Люберцы  
ул. Комсомольская, д. 15А  
тел. +7 (495) 221-87-60  
sazi@sazi-group.ru  
SAZI-GROUP.RU

# МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В конференции «Минеральные вяжущие в транспортном строительстве: дороги и аэропорты», которая проходила 25–26 августа в Санкт-Петербурге, приняли участие представители ведущих компаний строительной сферы и экспертных организаций (более 50 делегатов). Мероприятие организовано интернет-журналом RUCEM.RU.

В ходе пленарного заседания были заслушаны доклады, содержащие не только информацию о технологиях и материалах, но и ряд конструктивных предложений по совершенствованию уже имеющихся и внедрению совершенно новых методов устройства и ремонта автодорожных покрытий и взлетно-посадочных полос.

Так, директор по маркетингу АО «ХК «Сибирский цемент» Андрей Рубцов в своем докладе привел примеры наиболее известных проектов, реализуемых с использованием продукции холдинга. Речь шла о реконструкции аэропортового комплекса Толмачево (Новосибирск) и Восточном обходе Новосибирска (часть дороги М-52 «Чуйский тракт») протяженностью 80 км. По словам докладчика, покрытие из цементобетона, устроенное на этих объектах, потребует текущего ремонта один раз в 12 лет, а полной замены – только через 30–50 лет.

Представленный генеральным директором ООО «ГС Эксперт» Алексеем Семеновым аналитический обзор был посвящен широкому ассортименту отечественных марок цемента, специально выпускаемых для применения как на автодорогах, так и на аэродромных покрытиях. Было отмечено, что для транспортного строительства компании выданы 55 сертификатов на цемент (из 380 действующих).

О перспективах применения золошлаков в дорожном хозяйстве рассказала генеральный директор Национальной ассоциации развития вторичного использования сырья «АРВИС» Ирина Золотова. Сообща-

лось, что Ассоциацией разработана концепция механизма «эффективного радиуса» использования ЗШО, которая позволит снизить ключевые барьеры для использования золошлаков как вторичного сырья в дорожном строительстве.

Руководитель проекта по развитию бетонных дорог «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» Олег Агарышев рассказал о технологии холодного ресайклинга (холодной регенерации), которая в настоящее время является самой экономичной, по сравнению с традиционной заменой слоев покрытий и оснований. Экономия при использовании такой технологии может достигать 15–30% за счет снижения потребления вновь завоаемых материалов.

Эксперты «Холсим Россия» – Анна Ружицкая, руководитель отдела технического маркетинга, и Екатерина Хричатая, руководитель проектов по дорожному строительству, – подтвердив на примере уже реализованных проектов практическое и экономическое преимущество технологии холодной регенерации при проведении ремонтов автомобильных дорог, отметили критическую важность выполнения изыскательских работ и приобъектного контроля для технологий стабилизации и укрепления грунтов. «Без этого велик риск получения негативного результата», – отметили спикеры.

Анна Ружицкая также обратила внимание на необходимость обеспечения выпуска цемента по ГОСТ 33174-2014 и ГОСТ Р 55224-2020, поскольку в проектную документацию, разрабатываемую с

этого года, должны закладываться цементы именно по этим ГОСТам, предъявляющим к портландцементу для дорожного и транспортного строительства гораздо более жесткие требования по сравнению с теми, которые содержатся в ГОСТ 31108-2020 «Цементы общестроительные. Технические условия».

Опытном применении цемента в технологии стабилизации грунта дорожных оснований поделился директор ООО «Интегра» Денис Лазуренко. Он рассказал о технологии укрепления грунта, которая включает в себя подбор состава, распределение вяжущего по поверхности участка дороги и перемешивание грунта с вяжущим при помощи специальных машин – ресайклеров.

Заместитель директора филиала ФГБУ «Росдортехнология» (Чебоксары) Ольга Воробьева предупредила, что для выбора метода укрепления грунта следует четко определить его тип и свойства. Она также добавила, что в настоящее время технология укрепления грунта неорганическими вяжущими при строительстве дорог используется все активнее.

О применении минеральных вяжущих при ремонте объектов улично-дорожной сети Санкт-Петербурга рассказал начальник управления контроля качества и внедрения инноваций СПб ГКУ «Дирекция транспортного строительства» Андрей Дёмин. Он отметил, что технология стабилизации основания и холодной регенерации нижнего слоя асфальтобетонного покрытия показала себя как наиболее приемлемая для условий эксплуатации в некоторых районах города.

Климатические условия Петербурга заставляют прорабатывать и решать массу других задач, касающихся содержания и ремонта объектов. Не

случайно дополнительный интерес участников конференции вызвали вопросы, связанные в том числе с устройством легковесных дорожных покрытий на разводных пролетах мостов.

В Северной столице при капитальном ремонте, ремонте и содержании мостовых сооружений цементные материалы с использованием инновационных добавок действительно находят широкое применение. Такие материалы эффективны при выполнении инъекционных работ, гидроизоляции и ремонте швов и стыков гранитных и каменных конструкций, докомпоновке утраченных гранитных элементов, устройстве стенок набережных. Об этом рассказал начальник отдела ремонта и содержания СПб ГБУ «Мостотрест» Дмитрий Горинов (на техническом содержании СПб ГБУ «Мостотрест» находятся 101 набережная и 443 моста, в том числе 16 разводных). Докладчик добавил, что уникальным стал опыт применения подобных материалов на объекте культурного наследия «Зеленый мост», где была устроена индивидуальная конструкция разгружающего свода.

Технический директор «ММ Consulting & Engineering» Алексей Осадковский сообщил об устройстве цементобетонных дорожных покрытий в Узбекистане, где недавно было принято постановление президента «О мерах по расширению сети автомобильных дорог с цементобетонным покрытием» (ПП №249 от 18.05.2022). Согласно документу, в 2022 году ремонты и строительство внутренних дорог с цементобетонным покрытием будут проводиться кластерным способом; предусмотрена реализация объектов с цементобетонным покрытием общей протяженностью 2606 км.

По окончании пленарной части мероприятия состоялось итоговое обсуждение, сопровождающееся дискуссиями. Было отмечено, что бесконечные споры относительно сравнения асфальтобетонных и цементобетонных покрытий не способствуют решению поставлен-



ной перед дорожниками основной задачи, целью которой является строительство качественных, безопасных и долговечных дорог.

Участниками конференции было заявлено, что необходимы не только компромиссные решения, но и поиск тех оптимальных путей, при которых выбор материалов в каждом конкретном случае даст максимальный эффект. При этом обе технологии могут быть не только конкурентными, но взаимно дополняющими.

Специалисты научно-технического управления Белорусской цементной компании, также принявшие участие в конференции, сообщили, что в 2019–2020 годах в стране наблюдался спад строительства бетонных дорог, что было связано с наличием большого количества недорогого битума, а также достаточного количества средств, выделенных на ремонт асфальтобетонных дорог. Однако в 2021 году ситуация резко изменилась: подорожал битум, были введены санкции, потребовалось более экономно и взвешенно подходить к расходованию бюджетных средств на строительство и содержание дорог. Именно по этой причине руководство страны обратило внимание на возможность возведения цементобетонных дорог, позволяющих существенно сократить количество ремонтных работ. Также более активный интерес стали представлять и другие современные дорожные технологии с при-

менением цемента и извести, в частности методы укрепления и модификации свойств грунта, а также технологии «холодной регенерации» старых асфальтобетонных покрытий.

Состоявшуюся конференцию отличала глубина проработки поставленных вопросов, а также отсутствие формального подхода, который часто мешает профессиональному восприятию информации и конструктивному обсуждению и дальнейшему решению проблем. Участники конференции не только щедро делились своим положительным опытом, но и анализировали негативные результаты, что, в свою очередь, позволит в дальнейшем избежать многих практических ошибок и их последствий.

Что касается вопроса использования минеральных вяжущих в дорожном строительстве, то он начинает все более активно обсуждаться не только среди специалистов, но и на уровне представителей органов государственной власти. Неслучайно организаторами конференции планируется проведение ряда мероприятий, посвященных этому вопросу. Так, уже совсем скоро, 15-16 декабря 2022 года, в Уфе состоится конференция «Золы, шлаки и минеральные вяжущие в дорожном строительстве».

Подготовил  
Григорий Демченко

# УКРЕПЛЕННЫЕ ЦЕМЕНТОМ СЛОИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ПОД АСФАЛЬТОБЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ

Дорожная отрасль уже несколько лет движется по пути применения эффективных инновационных технологий. Дорожники взяли правильный курс на увеличение прочности оснований автомобильных дорог, что позволяет решить важные приоритетные задачи по увеличению срока службы автодорог. Каждый строитель понимает, что основание дороги можно сравнить с фундаментом здания: чем он прочнее и долговечнее, тем дольше все сооружение будет эксплуатироваться в дальнейшем. В свою очередь, эксплуатационная надежность покрытия автомобильной дороги во многом зависит от основания, несущего функцию гашения разрушающих нагрузок.

К технологиям, которые сейчас набирают обороты в части их повсеместного применения, следует отнести методы регенерации дорожной одежды (в ремонтах и капитальных ремонтах), а также способы укрепления (стабилизации) грунтов.

Несколько лет подряд между производителями битумного и минеральных вяжущих продолжается спор. Одни убеждены, что будущее автодорог – за асфальтобетонами, другие отстаивают преимущества цементобетонных покрытий, утверждая, что именно они спасут автодороги от преждевременных

разрушений. Подобные дискуссии возникли и на прошедшей в Санкт-Петербурге 25–26 августа конференции «Минеральные вяжущие в транспортном строительстве: автодороги и аэропорты».

Однако среди специалистов есть и сторонники такого мнения: пора завершить этот нескончаемый спор и постараться объединить усилия. Например, возводить укрепленные основания с применением минерального вяжущего и использованием покрытия из асфальтобетонной смеси. Именно так сегодня работают за рубежом (Китай, США), где большая часть дорог с цемент-

бетонным покрытием давно переделана в асфальтобетон, сохранив под ним укрепленные цементом слои дорожной одежды.

Укрепление грунтов на территории РФ – это не новая технология, однако в последнее время она получила большее развитие благодаря выходу новых нормативов, в том числе и по проектированию. Так, вышли ПНСТ 542-2021 «Нежесткие дорожные одежды» на проектирование дорожных одежд, где требования к прочности оснований заставляют все чаще обращать внимание проектировщиков на применение технологии укрепления грунта основания дороги минеральными вяжущими. Еще один документ – ПНСТ 322-2019 «Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими» – на данный момент времени претерпевает этап замены уже на государственный стандарт – ГОСТ Р.

Широко продвигалось и обучение работе с технологиями

Табл. 1. Рекомендации по выбору вяжущего в зависимости от вида грунта

Наименование грунта		Тип вяжущего					
		Битумная эмульсия	Цемент	Известь		Зола	Хим. вяжущие
				Негашеная	Гашеная		
Водонасыщенные	Содержание органических веществ до 4%	-	-	+	+	+	+
	Содержание органических веществ св. 4%	-	-	+	+	-	+
Глинистые*	Супеси	-	+	+	+	+	+
	Суглинки	-	+	+	+	+	+
	Глины, илестые	-	+	+	+	+	+
Пески	Однородные	+	+	+	-	+	+
	Неоднородные	+	+	+	-	+	+
Крупнообломочные	Содержание пылевидных и глинистых частиц до 20%	+	+	-	-	-	+
	Содержание пылевидных и глинистых частиц свыше 20%	***	+	+	-	+	+

Табл. 2. Рекомендации по количеству минерального вяжущего в зависимости от вида грунта

Вид грунта	Расход (ориентировочный) вяжущих материалов в зависимости от вида грунта, %											
			Известь		Известь + цемент		Комплек-ное вяжущее (битумная эмульсия + цемент)		Комплек-ное вяжущее (битумная эмульсия + цемент + известь)		Комплексное вяжущее (битумная эмульсия + цемент + зола)	
	верхний слой основания или покрытие	нижний слой основания	верхний слой основания или покрытие	нижний слой основания	верхний слой основания или покрытие	нижний слой основания	верхний слой основания или покрытие	нижний слой основания	верхний слой основания или покрытие	нижний слой основания	верхний слой основания или покрытие	нижний слой основания
Крупнообломочные нецементированные грунты (гравийные, дресвяные, щебенистые), песчано-гравийные, щебеночно-песчаные смеси близкие к оптимальному составу, пески гравелистые, крупные и средние (неоднородные) пески	3-6	2-6	3-6	3-4	-	-	(2-6) + (3-6)	(2-6) + (3-5)	(2-6) + (3-6) + (2-4)	(2-6) + (3-5) + (2-3)	(2-6) + (3-6) + (10-25)	(2-6) + (3-5) + (10-25)
Супеси, близкие к оптимальному составу, супеси легкие крупные, легкие и тяжелые пылеватые супеси, суглинки (пылеватые и не пылеватые)	4-6	2-6	6-8	4-6	(5-7) + (4-6)	(3-7) + (3-6)	(3-7) + (4-8)	(3-7) + (3-6)	(3-7) + (3-6) + (3-6)	(3-7) + (3-5) + (3-5)	(Цемент 3-7) + (3-6) + (10-25)	(3-7) + (3-5) + (10-25)
Пески разнообразного состава и супеси с числом пластичности менее 3	4-6	3-5	2-4	2-3	(2-4) + (4-6)	(2-3) + (3-4)	(3-6) + (4-7)	(3-5) + (3-4)	(3-6) + (3-6) + (2-4)	(3-5) + (3-5) + (2-3)	(3-6) + (3-6) + (10-25)	(3-5) + (3-5) + (10-25)
Суглинки тяжелые и суглинки тяжелые пылеватые	-	4-6(8)	7-8	5-6	(2-6) + (4-6)	(2-6) + (4-6)	-	-	-	-	-	-
Глины песчаные, глины пылеватые	-		8-10	6-8	-	-	-	-	-	-	-	-

укрепления грунта основания минеральными вяжущими – проводились различные семинары, курсы для дорожных специалистов на базе НИИ ТСК, РОСДОРНИИ и других, в том числе частных институтов по повышению квалификации. И если раньше дорожники с неуверенностью и даже опаской относились к технологии укрепления грунтов минеральными или комплексными вяжущими, то в настоящее время – именно благодаря популяризации – эта техно-

логия получила свое заслуженное место среди приоритетных.

Конечно, сложности при работе с такими технологиями существуют, и поэтому следует четко соблюдать требования, предъявляемые к подобной работе. Так, например, время работы с минеральным вяжущим в грунте ограничено: за четыре часа активной фазы гидратации цемента должны произойти перемешивание грунта, его планировка и уплотнение. Для обеспечения таких временных сроков

работы на участке должны быть определены захватки требуемой протяженности.

После уплотнения обработанного грунта необходимо обеспечить уход за слоем с целью обеспечения влажностного режима для набора прочности такого слоя. И это только небольшой перечень вопросов, которые часто возникают у дорожников, начинающих работать по данной технологии. При этом, получив опыт работы с ней, любая дорожно-строительная



организация приобретает колоссальные наработки, которые, несомненно, будут способствовать повышению имиджа компании на рынке труда.

Есть и еще несколько отличительных особенностей технологии, в том числе это касается, например, подбора состава грунта и выбора количества и вида минерального вяжущего. Для правильной работы необходимо очень точно классифицировать грунт, с которым предстоит работать, провести требуемые испытания по ГОСТ 25100-2020, а в дополнение к этому определить наличие сульфатов, солей и рН-метрию грунта; провести замесы в лаборатории и получить требуемые прочностные характеристики.

Для правильного назначения минерального вяжущего для грунта необходимо понимать, как влияет это минеральное вяжущие на различные виды грунта.

Если в проекте имеются глинистые грунты или грунты, которые содержат в себе органические вещества, возможно, требуется их «модификация». Она может быть выполнена, например, путем ввода извести в грунт предварительно и выдерживания этого грунта с известью и достаточным количеством

воды – для изменения физических характеристик грунта. (Ярким примером может служить изменение пластичности грунта путем обработки его известью в объеме от 2% до 5%, увлажнения такого грунта и выдерживания его минимум сутки (при сильно пластичных грунтах возможный срок выдерживания грунта может достигать 14 суток). После изменения свойств грунта путем обработки известью возможно дальнейшее укрепление этого грунта и получение более высоких прочностных характеристик.

Понимание физико-химических процессов, которые запускаются при вводе минеральных вяжущих, упростит процесс работы с технологией укрепления грунтов. Изменение рН-метрии грунта с помощью извести делает его более щелочным при высококислотных грунтах, что позволяет цементу лучше работать при укреплении.

Итак, соблюдение правил производства работ, знание основных химических процессов, которые происходят при вводе минерального вяжущего и точная классификация грунта – это залог успеха реализации таких проектов.

Такие же рекомендации можно дать и в части соблюдения правил

производства работ при выполнении технологии регенерации с минеральными или комплексными вяжущими. Конечно, есть отличие технологии укрепления грунтов от технологии регенерации дорожных одежд, поскольку в регенерируемых дорожных одеждах присутствует остаточный битум. Здесь необходимо четко понимать, каково его количество, чтобы правильно сделать выбор в отношении минерального вяжущего и его количества.

Главная задача в отношении увеличения прочности основания и срока службы автомобильной дороги при применении технологий укрепления грунта и регенерации дорожных одежд решается. И чем больше проектов с этими технологиями будут реализовываться на территории нашей страны, тем больше хороших и прочных дорог у нас появится. Будущее за прочным основанием с применением минеральных вяжущих и покрытием из асфальтобетона.

*С наступающим Днем дорожника, уважаемые коллеги!*

**О.Г. Воробьева,**  
заместитель директора  
филиала в г. Чебоксары  
ФГБУ «Росдортехнология»



# ТЕХНИКА ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ



ТЕРМОС-БУНКЕР «ВУЛКАН»  
ДЛЯ ВСЕСЕЗОННОГО  
ЯМОЧНОГО РЕМОНТА

*Сделано в Саратове*



ОТСЫПЩИК ОБОЧИН  
«СТАКЕР»



СНЕГОУБОРЩИК  
«БУРАН-3»



НАВЕСНОЙ  
АСФАЛЬТОУКЛАДЧИК



МАНИПУЛЯТОРЫ  
СО СМЕННЫМИ РАБОЧИМИ  
ОРГАНАМИ

- ГАРАНТИЙНОЕ И ПОСТГАРАНТИЙНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ
- ОБУЧЕНИЕ ОПЕРАТОРОВ ДОРОЖНОЙ ТЕХНИКИ
- БОЛЕЕ 20 ЛЕТ НА РЫНКЕ
- СОБСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО И СКЛАД ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ



WWW.GROUP-SDT.RU  
САРАТОВ

# РЫНОК ЦЕМЕНТА В РОССИИ

В прошлом номере журнала «Дорожная держава» (№11) был представлен отчет о производстве цемента и других минеральных вяжущих по итогам 2021-го – первого квартала 2022 года. В этом выпуске дан обзор производства цемента за прошедшие шесть месяцев 2022 года. Как следует из исследования, рынок цемента набирает обороты, растет производство минеральных вяжущих, что позволяет потребителю обеспечить необходимый спрос, а также выбор из представленных на рынке видов продукции.

По итогам шести месяцев 2022 года, по данным Росстата, в России было произведено 27,861 млн т цемента (+8,5% к уровню аналогичного периода предыдущего года), в том числе во втором квартале объем производства составил 17,102 млн т (+2,1% к аналогичному периоду 2021 года).

Начиная с марта темпы роста производства цемента в РФ стали замедляться. В июне они снизились до 0,4%, по сравнению с июнем 2021 года, против 26,4% месяц к месяцу, отмечавшихся в феврале текущего года.

По итогам января – июня 2022 года рост объемов производства цемента наблюдается во всех федеральных округах, за исключением Уральского. Наиболее высокие темпы роста выпуска цемента отмечены в Северо-Кавказском федеральном округе (+26,9% к уровню шести месяцев предыдущего года) и Дальневосточном федеральном округе (+19,8%). При этом во втором квартале снижение объемов производства цемента отмечено в Приволжском, Уральском и Сибирском федеральных округах.

Также следует отметить неравномерное изменение объемов выпуска цемента по регионам. Рост объемов производства (по итогам шести месяцев 2022 года) отмечен в 25 из 34 регионов, где расположены действующие цементные заводы (или помольные терминалы). Наибольшие темпы роста производства были характерны для Еврейской АО (рост на 41,7% по сравнению с уровнем

шести месяцев 2021 года), Рязанской области (рост на 36,4%), Ульяновской области (рост на 33,0%), Карачаево-Черкесской Республики (рост на 30,6%).

Наибольшее падение объемов выпуска цемента по итогам января – июня 2022 года отмечено в Омской области (объем производства снизился на 12,8% по сравнению с уровнем 6 месяцев 2021 года), Красноярском крае (-11,6%), Пермском крае (-9,4%). Выпуск цемента в Архангельской, Самарской, Тюменской и Амурской областях, а также в Республике Коми в 2022 году не осуществлялся.

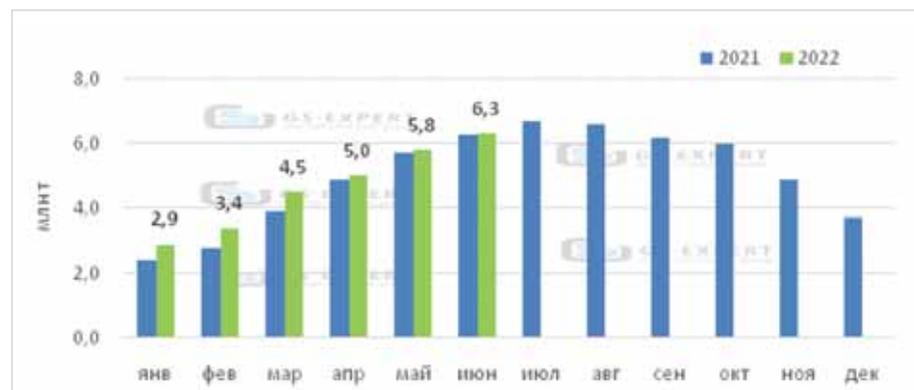
По итогам шести месяцев 2022 года основной объем произведенного в стране цемента пришелся на долю портландцементов без минеральных добавок. Согласно данным Росстата, объем выпуска этой продукции составил 17,961 млн тонн (64,5% общероссийского выпуска цемента).

Второе место по объемам производства занимают портландцементы с минеральными добавками. Объем выпуска этой продукции

составил 8,362 млн тонн (30,0% от общего объема производства цемента в стране). В рассматриваемый период наблюдался рост объемов производства всех видов цемента за исключением портландцементов с минеральными добавками (-3,8%).

Объем отгрузки цемента за шесть месяцев 2022 года всеми видами транспорта крупными и средними предприятиями вырос на 9,2% по сравнению с уровнем аналогичного периода предыдущего года. В том числе по итогам второго квартала объем отгрузки цемента вырос на 2,0%. Складские запасы производителей цемента по состоянию на конец июня 2022 года снизились в сравнении с началом года на 3% и составили 1,32 млн тонн.

За прошедшие полгода отгрузка цемента железнодорожным транспортом на внутренний рынок в январе – июне 2022 года снизилась на 1,0% по сравнению с уровнем аналогичного периода предыдущего года, составив около 11,6 млн т. При этом если в первом квартале наблюдался рост объемов отгрузки на 8,1% (к аналогичному периоду прошлого года (АППГ)), то во втором квартале объемы отгрузки снизились на 6,3% (к АППГ). На долю отгрузки железнодорожным транспортом в январе – июне 2022 года пришлось 41,8% от общего объема отгрузки цемента против 46,1% по итогам шести месяцев 2021 года.



По итогам шести месяцев 2022 года объем импорта цемента в Россию снизился на 4% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года и составил около 0,73 млн т. Основной объем поставок (около 67%) традиционно пришелся на долю Республики Беларусь.

В январе – июне 2022 года объем экспорта цемента составил 0,48 млн тонн, что на 20% меньше, чем за аналогичный период 2021 года. Экспортные поставки осуществлялись в 18 стран мира, однако основными рынками сбыта российской продукции являлись страны бывшего СССР, в первую очередь, – Казахстан и Беларусь, на долю которых суммарно пришлось около 87% российского экспорта. Лидером по объемам экспорта стало ООО «Аккерман Цемент» (ранее ООО «ЮУГПК»). Второе место по объемам экспорта цемента заняло ООО «Топкинский цемент», на третьем – АО «Мальцовский

портландцемент». На долю этих компаний суммарно пришлось порядка 56% от общего объема российского экспорта цемента.

Потребление цемента в России по итогам шести месяцев 2022 года составило около 28 млн т, что на 7,9% больше, чем годом ранее. При этом по итогам второго квартала наблюдается снижение объемов потребления цемента на 1% (к АППГ).

Рост объемов потребления цемента по итогам шести месяцев 2022 года наблюдался во всех федеральных округах. Наиболее высокие темпы роста спроса отмечены в Дальневосточном и Уральском округах (+17% к АППГ и +11%, соответственно). Основным рынком сбыта цемента в рассматриваемом периоде времени был Московский регион (Москва и Московская область), где в январе – июне 2022 года было реализовано, по оценкам «ГС-Эксперт», свыше 4,7 млн тонн цемента, или

порядка 17,0% от общероссийского потребления этой продукции. Второе место по объемам потребления цемента в январе – июне 2022 года занял Краснодарский край – 1,9 млн т (6,7% общероссийского потребления), на третьем месте – Ленинградский регион (Санкт-Петербург и Ленинградская область) – около 1,8 млн т (6,5% общероссийского потребления).

Средняя цена производителей на цемент (без НДС и доставки) по итогам шести месяцев 2022 года составила 4582 руб./т (+19,3% г/г).

Средняя цена приобретения цемента (с учетом НДС, доставки, сбытовых и коммерческих расходов) за период январь – май 2022 года составила 6210 руб./т (+22,4% г/г).

**А.А. Семенов,**  
канд. техн. наук,  
генеральный директор  
ООО «ГС-Эксперт»

## Уважаемые господа!

Предлагаем оформить подписку на журнал «Дорожная держава».  
Стоимость годовой подписки (7 номеров) – 6 300 рублей  
Стоимость подписки на полгода (4 номера) – 3 600 рублей

**Подписаться на журнал  
можно с любого номера, позвонив по тел.:**

**(812) 320-04-08 или (812) 320-04-09**



# БИТУМОЦЕМЕНТНЫЙ БЕТОН С ФОРМИРОВАНИЕМ КАРКАСА УКАТКОЙ

В настоящее время наиболее распространенным материалом для оснований и покрытий автомобильных дорог и улиц населенных пунктов является асфальтобетон. Наряду с этим в последнее десятилетие на основании многочисленных обследований установлено, что значительная часть эксплуатируемых автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием в России и за рубежом не отвечают нормативным требованиям по транспортно-эксплуатационным качествам, безопасности движения, долговечности и несущей способности. Это обусловлено непрерывным ростом интенсивности движения и доли транспортных средств с увеличенными нагрузками на ось, а также увеличением продолжительности аномальной жары в летний период во многих регионах.

В результате возрастающего комплексного воздействия транспортных нагрузок и природно-климатических факторов происходит прогрессирующее разрушение покрытий автомобильных дорог в виде образования колеи, выбоин, частых трещин, сетки трещин и проломов. При этом ремонтные работы требуются раньше нормативных межремонтных сроков; значительно возрастают затраты на содержание и ремонт дорожных одежд нежесткого типа.

Для улучшения подобной ситуации разрабатываются и реализуются новые конструктивные, материаловедческие, технологические и организационные решения, позволяющие либо быстро отремонтировать покрытие существующих автомобильных дорог, либо применять новые конструкции дорожной одежды со слоями, обладающими значительно большими прочностными характеристиками и долговечностью.

Примером нового принципиального направления ремонта могут служить различные модификации технологий регенерации и ресайклинга, когда за один проход перерабатывают верхний слой разрушенного покрытия с добавлением малого количества новых минеральных материалов, минеральных и (или) органических вяжущих материалов.

Второе принципиальное направление включает применение таких материалов, как щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА), цементобетон, а также использование композитных материалов на основе минеральных и органических вяжущих с добавками поверхностно-активных веществ.

Наиболее эффективным и перспективным является второе направление, в частности применение новых материалов и технологий на основе цемента и битума.

Покрытия из монолитного цементобетона появились во многих странах в 1930–1940 годах. Так, однослойные монолитные цементобетонные покрытия толщиной от 10 до 25 см укладываются непосредственно на грунт в зависимости от интенсивности и состава движения, а также грунтово-геологических условий [1].

Выполнены многочисленные исследования для установления зависимости минимально допустимой толщины покрытия от различных факторов, таких как тип и свойства грунта, интенсивность движения, величина нагрузки на покрытие от транспортных средств.

Многолетний опыт эксплуатации дорожных одежд с монолитными цементобетонными покрытиями позволил выявить основные их преимущества – высокие транспор-

тно-эксплуатационные характеристики, сохраняющиеся в течение длительного срока службы (до 40 лет) при минимальных затратах на ремонт и содержание дорог [1]. Вместе с этим установлены и существенные недостатки покрытий из монолитного цементобетона, главными из которых являются:

- сложная, громоздкая, маломобильная и дорогая техника для устройства цементобетонных слоев;
- длительный срок формирования проектной прочности (28 суток);
- значительное шелушение и выкрашивание с последующим образованием выбоин в районах с влажным климатом и большим количеством переходов температуры через 0°C;
- необходимость устройства поперечных швов расширения и сжатия, а также продольного шва – для компенсации изменения линейных размеров цементобетонных покрытий, возникающих в результате температурных колебаний. (Конструкция шва достаточно сложная, их устройство требует дополнительных операций, материалов и механизмов, что значительно усложняет и удорожает процесс строительства. Кроме того, швы требуют систематического ухода за ними и являются очагами разрушения);
- низкая ремонтпригодность.

С момента появления дорожных одежд со слоями из монолитного цементобетона ведется поиск путей их совершенствования.

В последние годы во многих странах наблюдается нарастающий интерес к покрытиям и основаниям из цементобетона, получаемого уплотнением укаткой цементобетонной смеси с малым содержанием воды (с прижившимся названием «укатываемый бетон»). По нашему мнению,

термин не совсем правильный, поскольку уплотняют (укатывают) не цементобетон, а цементобетонную смесь.

Уплотняемые катками цементобетонные смеси позволяют получить разновидность монолитного цементобетона с минимально возможным водоцементным отношением (В/Ц), при котором возможна максимальная степень уплотнения материала катками с обеспечением формирования плотной структуры. Консистенция цементобетонной смеси должна быть такой, чтобы выдержать массу виброкатка, а также обеспечить требуемую степень уплотнения.

Для гидратации цемента требуется примерно 15% воды от его массы. При расходе цемента 300–400 кг/м<sup>3</sup> требуется 45–60 л воды для химического взаимодействия. Такие смеси, по существу, являются полусухими, к ним подходит термин «жесткие цементобетонные смеси», которые практически невозможно уплотнить до требуемого уровня, используя лишь эффект тиксотропного разрушения структуры связей смеси под действием вибрирования.

При увеличении расхода воды улучшается удобоукладываемость и удобообрабатываемость (уплотняемость) цементобетонной смеси, но при этом повышаются усадочные и температурные деформации цементобетона [1].

К преимуществам применения жестких цементобетонных смесей следует отнести возможность их укладки с помощью наиболее распространенных машин: автогрейдеров, щебнераспределителей и асфальтоукладчиков. Отпадает необходимость в использовании дорогостоящих, маломобильных (а в настоящее время еще и дефицитных, малораспространенных) бетоноукладчиков, а также в армировании плоскими или рулонными сварными сетками.

Технология укатываемого цементобетона включает приготовление

смеси, транспортирование, укладку, уплотнение и уход. Большое распространение укатываемый бетон получил при сооружении дамб и подпорных стенок плотин.

Интерес к укатываемому бетону обусловлен следующими его отличительными положительными качествами:

- возможностью снижения толщины конструктивного элемента и экономией цемента и бетона при устройстве слоев жестких дорожных одежд, по сравнению со слоями из монолитного цементобетона;

- упрощением традиционной технологии бетонирования, применявшейся при строительстве дорожных одежд автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения и грузонапряженностью;

- поиском методов строительства дорожных одежд как альтернативы использования битумосодержащих слоев (в связи с повышением цен на нефтепродукты);

- развитием способов укрепления грунтов и получением композитных материалов на основе побочных продуктов промышленности.

Укладку жесткой бетонной смеси целесообразно выполнять с помощью асфальтоукладчиков, которые обеспечивают требуемый поперечный уклон слоя и высокую начальную степень уплотнения. Предварительное уплотнение производится трамбуемым брусом асфальтоукладчика.

При строительстве слоев дорожной одежды из укатываемого бетона с шириной большей, чем максимальная для имеющегося в распоряжении подрядной организации асфальтоукладчика, использование одного укладчика, который периодически возвращается для укладки второй полосы, неэффективно. Следует задействовать сразу два асфальтоукладчика, которые движутся друг за другом на расстоянии 30–40 м. При такой технологии и организации строительства исключает-

ся образование некачественного шва сопряжения соседних уложенных конструктивных слоев дорожной одежды. Уложенную смесь, уплотненную рабочими органами асфальтоукладчика, доуплотняют пневмошинными катками и катками с металлическими вальцами. Уплотнение должно производиться сразу же после укладки слоя.

В Канаде слои укатываемого бетона уплотняют в один или два этапа. На первом (нередко заключительном) этапе производится уплотнение вибрационным катком со стальными вальцами. Для достижения более ровной поверхности покрытия после уплотнения виброкатком завершают уплотнение тяжелым пневмокотком (второй этап). Кроме «выравнивающего» эффекта, пневмошинные вальцы (колеса) катка формируют лучшую структуру поверхности слоя покрытия и «закрывают» волнообразные и даже широкие трещины, образующиеся после уплотнения катками с металлическими вальцами.

Количество проходов катка по одному следу определяется по результатам пробного уплотнения. Схема движения катков – от края к центру покрытия. Открытие движения возможно непосредственно после уплотнения.

Однако, как и монолитному цементобетону, укатываемому бетону присущ серьезный недостаток – невысокая коррозионная стойкость. Одним из путей улучшения свойств укатываемого цементобетона является введение в его состав битума.

На текущий момент имеется несколько способов введения битума в состав цементобетона. Наиболее известным является монолитный цементобетон с добавкой битумной эмульсии. Битумная эмульсия взаимодействует и с цементом, поскольку поверхность зерен цемента носит основной характер, и с каменным материалом (заполнителем), так как возможность

взаимодействия с влажным каменным материалом является основным отличительным свойством битумной эмульсии. В результате получается бетон с комплексными структурными связями: присутствуют кристаллическая связь агломератов, обусловленная гидратацией цемента, и коагуляционная связь, которая возникает на контакте частиц материала через тончайшие пленки органического вяжущего.

Несколько лет назад в СОЮЗДОРНИИ Э.А. Казарновская и Л.Б. Гезенцевей исследовали материал, условно названный цементно-асфальтовым бетоном. Для приготовления смесей использовали битумную эмульсию и цемент.

Структура цементно-асфальтового бетона характеризуется двумя видами связей, возникающих между его структурными элементами: коагуляционными, образуемыми битумными пленками, и кристаллизационными, образуемыми цементным камнем. Первый вид связей приближает этот материал (по некоторым свойствам) к асфальтобетону, второй – способствует созданию в нем достаточно жесткой пространственной решетки.

Наличие жестких и эластичных связей сообщает цементно-асфальтовому бетону некоторые положительные специфические свойства. В отличие от традиционных асфальтобетонов, этот материал характеризуется меньшей зависимостью свойств от температуры, повышенной прочностью и деформационной устойчивостью при высоких температурах. Особенно существенно разнятся по своим свойствам цементно-асфальтовый бетон и битумоцементные материалы,готавливаемые на основе битумных эмульсий.

В 1965–1967 годах были проведены опытные работы по строительству покрытия из цементно-асфальтового бетона, в процессе которых отработывалась технология приготовления, укладки и уплотнения смесей. Построенные участки

в процессе эксплуатации находились в хорошем состоянии.

Результаты экспериментальных исследований и опытных работ показали целесообразность совместного применения битума и цемента для получения материала с улучшенными свойствами, по сравнению с битумоцементными смесями, особенно песчаными.

При всех достоинствах цементно-асфальтового бетона на битумной эмульсии следует отметить, что эта технология имеет и существенные недостатки. Для приготовления битумной эмульсии требуется сложное оборудование и дорогие эмульгаторы, зачастую зарубежного производства, и на современном этапе из-за введенных санкций они малодоступны.

Для обеспечения равномерного распределения битумной эмульсии в бетонной смеси необходимо большое содержание эмульгатора, что негативно влияет на свойства и стоимость получаемого материала. Технология цементно-асфальтового бетона на битумной эмульсии широкого применения не получила.

В 1978–2010 годах в Саратовском государственном техническом университете под руководством профессора Н.А. Горнаева проводились исследования технологии асфальтовых материалов с диспергированием битума в процессе приготовления смесей [2, 3, 4, 5].

Асфальтовые материалы с дисперсным битумом получают перемешиванием холодных и увлажненных щебня, песка, минерального порошка с битумом, нагретым до температуры 140–150°C. В качестве минерального порошка, выполняющего роль твердого эмульгатора, могут применяться различные кондиционные порошкообразные материалы (традиционный известняковый порошок, известь, цемент и другие), а также различные побочные продукты промышленного производства (цементная пыль, ферропыль, фосфогипс и так далее).

На основе результатов многолетних теоретических и экспериментальных исследований было осуществлено опытно-производственное освоение технологии с положительными результатами в различных районах России и ближнего зарубежья.

Следует отметить, что в 1989 году в Саратовской области был установлен всесоюзный рекорд строительства автомобильных дорог: за счет впервые примененного круглогодичного способа строительства было построено 750 км новых дорог. Во многом этому способствовала и технология устройства дорожных покрытий при отрицательных температурах с применением складываемых холодных влажных асфальтобетонных смесей на основе вязкого диспергированного битума, изготавливаемых в Самарской области. Транспортировка производилась речными судами и по железной дороге. Также устраивались и битумоцементобетонные дорожные покрытия.

С 2018 года по инициативе и при руководстве одного из авторов статьи – профессора А.В. Кочеткова – исследования асфальтовых материалов с дисперсным битумом возобновились. Были разработаны качественно отличающиеся от ранее известных материалы и технологии, новизна которых защищена патентами [6, 7].

Для производства микродиспергированной (до 1 мкм) битумной суспензии и асфальтовых смесей пригодны серийно выпускаемое оборудование с использованием обычно применяемых в горячем асфальтовом бетоне материалов: щебень, песок, асфальтовый гранулят, минеральный порошок и битум. Из технологического процесса исключаются операции по высушиванию и нагреву щебня и песка.

По предлагаемой технологии можно приготавливать и применять разные асфальтовые материалы с дисперсным битумом: от битумных мастик и укреплений

ных грунтов до влажных аналогов асфальтовых смесей и цементобетонных смесей с добавками битума.

Для использования технологии асфальтовых материалов с дисперсным битумом в промышленных масштабах разработаны нормативные документы [9].

Экспериментальные работы в Оренбургской области по производству битумной суспензии и ее применению для устройства обеспыливающего и защитного слоя износа из песчано-гравийной смеси, укрепленной цементом и дисперсным битумом, на грунтовом основании начались 28 августа 2019 года. Впервые были построены участки покрытий из битумоцементобетона на основе битумной суспензии.

В смесительной установке Wirtgen KMA 200 впервые была отработана технология приготовления асфальтовых материалов с дисперсным битумом.

Для эксперимента использовались следующие материалы смеси:

1. ПГС из карьера Нижнесакмарского месторождения.
2. ЩПС.
3. Портландцемент М500 Новотроицкого цементного завода.
4. Вода техническая.
5. Битум марки БНД 60/90 Орского НПЗ с добавкой 1% мастики «Эмма».

Узлы подачи исходных материалов в мешалку непрерывного действия показаны на рис. 1.

Смесь приготавливается в следующем порядке: ПГС и ЩПС из открытых буртов с помощью фронтального погрузчика подается в расходные бункеры. Из бункеров ПГС осуществляется подача на транспортер, на который шнековым дозатором из цилиндрической емкости поступает цемент. С транспортера минеральные компоненты подаются в мешалку.

Вода с температурой окружающей среды из расходного бака



Рис. 1. Узлы подачи компонентов смеси в мешалку Wirtgen KMA-200 и узел очистки смеси

Wirtgen KMA 200 поступает через отдельные форсунки для воды в смеситель. Битум впрыскивается в мешалку во вспененном состоянии. Вспенивание происходит в результате одновременной подачи под давлением в битумные форсунки воды (2% от массы битума) и битума с температурой 190°C.

Битум с температурой 140–190°C из битумовоза подается в дозирующую систему Wirtgen KMA 200 через обогреваемый приемный рукав. В процессе впрыска битумной пены с большой кратностью и интенсивного перемешивания за счет высокой скорости вращения валов мешалки и перемещения компонентов смеси к выгрузочному окну мешалки битум распадается на частицы сферической формы со средним диаметром около 1 мкм, равномерно распределяясь в объеме увлажненной смеси. При использовании битума с температурой 140°C дисперсность битума получалась значительно грубее.

Оптимальные условия для диспергирования и стабилизации битума подбирались опытным путем варьирования температуры битума, содержания твердого эмульгатора и воды. Роль твердого эмульгатора-стабилизатора выполняли пылевато-глинистые частицы ПГС и цемент.

Готовая смесь, поступающая из мешалки на выгрузочный транспортер, а затем в кузов автомобиля-самосвала, доставляется к месту производства работ на расстояние до 12 км (имеется опыт транспортирования асфальтовых смесей на битумной суспензии до 200 км и более). Укладка смеси слоем 7–10 см осуществлена асфальтоукладчиками Volvo, а также СД-404 на колесном ходу (рис. 2).

Повышение степени уплотнения смеси рабочими органами асфальтоукладчика (максимум до 96...98% и минимум 90...95% плотности лабораторных образцов) дает возможность исключить из технологической схемы устройства битумоцементобетонных покрытий легкие и средние катки, улучшить текстуру поверхности покрытия, исключить появление волн после укатки, а также значительно повысить производительность труда.

Наибольшее распространение среди рабочих органов асфальтоукладчиков получили конструкции, оснащенные трамбуемыми брусками, которые основное уплотнение осуществляют горизонтальными площадками при движении в вертикальной плоскости, то есть сжатием смеси. Из научно-технической литературы известно, что наиболее эффективным способом уплотнения дорожно-строитель-



Рис. 2. Укладка смеси

ных материалов является деформация материала «сжатие-сдвиг».

Такой способ уплотнения смеси, дающий возможность повысить степень уплотнения и снизить энергоемкость процесса, реализуется асфальтоукладчиками, оснащенными рабочими органами с качающимися брусьями. Предварительное уплотнение рабочими органами асфальтоукладчиков исключает опасность нарушения ровности при последующем уплотнении укаткой. Большое влияние на степень уплотнения покрытия оказывает трамбуемый брус укладчика.

Покрытие, уложенное укладчиком при включенном бруссе, оказывается более плотным, и срок его службы увеличивается на 20–30% по сравнению с покрытием, устроенным укладчиком при выключенном бруссе. Решающую роль здесь играет начальная «упаковка» минеральных зерен, достигаемая трамбуемым бруссом.

Трамбующий брус может создать начальное уплотнение до 95% от требуемого. При таком уплотнении уменьшается потребность в катках и исключается образование волосных трещин, часто наблюдаемых в процессе укатки. При использовании некоторых типов

укладчиков не требуется уплотнение укаткой смесей типов В и Д, а смеси других типов уплотняют сразу тяжелыми катками. При работе трамбуемого бруса совместно с виброплитой основное уплотнение осуществляется трамбуемым брусом, а виброплита только улучшает качество уложенной поверхности и позволяет повысить скорость укладки, по сравнению с одним трамбуемым брусом, до 8 м/мин (на 35...40%).

В результате исследований рабочего органа асфальтоукладчика с двумя трамбуемыми брусьями сделан вывод, что основное уплотнение производят сдвоенные трамбуемые брусья, а выглаживающая плита производит отделку уложенного покрытия и способствует повышению качества уложенного покрытия. При уплотнении смесей рабочими органами асфальтоукладчика деформации присутствуют в области наклонных поверхностей трамбуемых брусьев по направлению движения машины. Горизонтальные поверхности брусьев с вертикальными колебаниями деформируют предварительно уплотненную смесь сжатием.

Сжатие связано с большими энергетическими затратами и при достижении определенной вели-

чины деформации практически полностью прекращается вследствие самозаклинивания частиц. Дальнейшая деформация массива может развиваться только за счет разрушения самих частиц. Это сказывается на вибрации рабочего органа. При вертикальных колебаниях трамбуемых брусьев сдвиговые деформации носят спонтанный характер, являясь лишь производными от деформаций сжатия-растяжения системы. Сдвиговые деформации приводят к уменьшению вязкости смеси, увеличению подвижности, переориентации минеральных частиц, разрушению связей и втиранию верхних слоев смеси в нижние.

Сдвиг способствует распределению частиц по объему так, что они занимают наиболее устойчивое и, следовательно, наиболее выгодное с энергетической точки зрения положение. При деформировании битумоцементобетонной смеси сдвигом в горизонтальной плоскости и одновременно динамическим давлением в вертикальном направлении обеспечивается эффективная обработка смеси по всей толщине уплотняемого слоя. Сдвиг сам по себе еще не приводит к получению плотной структуры – для этого необходимо совместное воздействие на уплотняемый материал деформации сдвига и сжатия. Таким образом, повысить производительность асфальтоукладчика можно, воздействуя на смесь одновременно сдвиговыми деформациями в горизонтальной плоскости и сжатием.

Перспективным считается оборудование высокого уплотнения, состоящее из двух агрегатов: предварительного и дополнительного уплотнения (рис. 3). Аналогичную конструкцию рабочего органа имеет асфальтоукладчик модели Super 1700 фирмы Vögele. Он при определенных условиях производит окончательное уплотнение смесей.

Впервые битумоцементобетонная смесь на битумной суспензии укладывалась асфальтоукладчиками с горячей выглаживающей плитой. Каркас битумоцементобето-

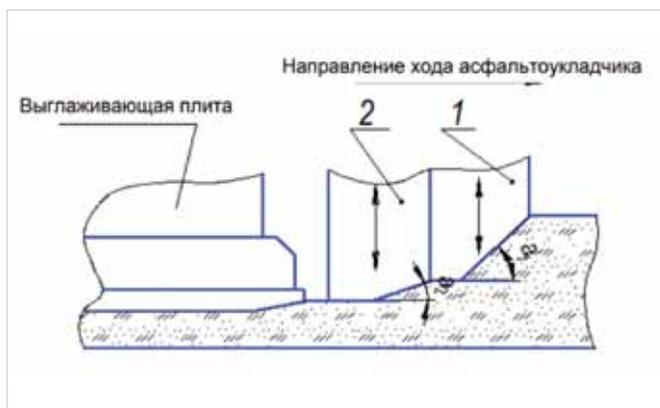


Рис. 3. Рабочие органы асфальтоукладчика: 1 – первый брус; 2 – второй брус



Рис. 4. Текстура поверхности покрытия из битумоцементобетона на битумной суспензии

на формируется под воздействием нагретых уплотняющих органов асфальтоукладчика с последующим доуплотнением катком за 2–4 прохода. Нагрев битумоцементобетонной смеси в верхней части слоя способствует интенсивному ее формированию благодаря образованию битумных пленок на поверхности минеральных зерен. За счет сформированной битумной пленки свежестроенное покрытие в меньшей степени подвержено разрушению от действия дождя, что очень важно для начального периода формирования битумоцементобетонного покрытия.

Опытным путем установлено, что уплотнение тонких слоев (до 6 см), устраиваемых на пыльном грунтовом основании, целесообразно производить через 30–50 минут после укладки смеси. За это время часть воды из смеси впитывается в грунтовое основание, что способствует совместной работе

покрытия и основания при уплотнении. Доуплотнение осуществляется катком среднего веса за 2–4 прохода по одному месту.

В процессе работ смачивание вальцов не производилось; налипания смеси к вальцам не происходило. Движение транспорта открывалось через 30 минут после уплотнения. Колеса автомобилей не оставляли следа на покрытии.

При обследовании через год эксплуатации покрытия из битумобетона на основе битумной суспензии установлено, что деформации и разрушения отсутствуют.

Вид текстуры поверхности покрытия после года его эксплуатации приведен на рис. 4. На фотографии видно, что поверхность покрытия по цвету и текстуре аналогична покрытию из горячего асфальтобетона.

Выполненные теоретические исследования и производственные эксперименты позволяют рекомендовать применение укатываемых битумоцементобетонных покрытий на битумной суспензии в промышленных масштабах.

Введение в состав цементобетона диспергированного битума (4–7%) обеспечивает повышение демпфирующей способности, водостойкости, морозостойкости, коррозионной стойкости и ремонтпригодности покрытия.

**А.В. Кочетков**,  
д-р техн. наук, профессор,  
член президиума Российской  
академии транспорта,  
ФАУ «РОСДОРНИИ»,  
**А.Ф. Иванов**,  
канд. техн. наук, доцент,  
СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
**Н.С. Семенова**,  
канд. техн. наук, доцент,  
СГТУ имени Гагарина Ю.А.

#### Литература

- Петрович П.П., Дмитричев А.В. Современное состояние и перспективы технологии укатываемого бетона. Обзорная информация // Автомобильные дороги и мосты. № 6. 2004.
- А. с. 883221 СССР. Способ приготовления битумоцементобетонной смеси. Н.А. Горнаев, В.П. Калашников, А.Ф. Иванов. Опубликовано: Б.И. 1981. № 43.
- Иванов А.Ф. Технология, структурообразование и свойства асфальтобетона с диспергированным битумом: дис. канд. техн. наук Саратов, 1986.
- Потапов, А. В. Процессы структурообразования и структурно-механические свойства цементасфальтобетона: дис. канд. техн. наук. Саратов, 1987.
- Горнаев Н.А., Пыжов А.С., Андронов С.Ю. Цементобетон с дисперсным битумом // Современные наукоемкие технологии. 2009. № 9. С. 141–142; URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=26606> (дата обращения: 06.10.2021).
- Патент на изобретение РФ № 2662493. Способ получения битумной эмульсии и битумная эмульсия. Патентообладатель А.В. Кочетков. Авторы Иванов А.Ф., Кочетков А.В., Андронов С.Ю., Коротковский С.А.; Талалай В.В.; Янковский Л.В. Опубликовано: 26.07.2018. Бюл. № 21.
- Кочетков А.В. Битумная суспензия на твердом эмульгаторе // Транспортные сооружения, 2018 № 4, <https://t-s.today/PDF/15SAT5418.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/15SAT5418.
- Материалы на основе дисперсного армирования. Битумная суспензия. Дисперсно армированные асфальтобетоны // А.В.Кочетков, Андронов С.Ю., Иванов А.Ф., Касымов У.Ш. / Учебное пособие. Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2020.
- СТО 20651461-02-2018 Суспензии и холодные битумоцементобетонные смеси с диспергированным битумом. Технические условия.



# БИТУМЫ И ПБВ 2022

X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

5 октября 2022  
Москва



 +7 (495) 276-77-88  
 [org@creon-conferences.com](mailto:org@creon-conferences.com)  
 [creon-conferences.com](http://creon-conferences.com)

# Дорожные адгезионные добавки

Широкая линейка для всех типов битумов, ПБВ и каменных материалов



## Адгезионные добавки

ДАД-1, ДАД-К, ДАД-КТ



## Модификаторы битума

Вискодор

info@npfselena.ru  
sales@npfselena.ru  
npfselena.ru

ул. Ржевское шоссе, 25,  
г. Шебекино, Белгородская обл.  
Россия, 309296

+7 (4722) 36-21-11, 36-11-36

Регенерация  
асфальта  
Ревобит

Гидрофобизаторы  
минерального порошка  
Препарат ГФ

Тёплый асфальт  
ДАД-ТА

Пропитка для дорог  
Силкоут

Добавки для ЦМА  
Нанобит

Обработка техники  
Антибит

Эмульгаторы битума  
Эмбит

Холодный асфальт  
Асфакол



## КАК ЭКОНОМИТЬ НА ХРАНЕНИИ БИТУМА?

Перманентным ростом цен на электроэнергию сейчас никого не удивить, но и не испугать. С этой проблемой сталкиваются как простые обыватели, так и представители промышленных сфер. Каждый находит свое решение: одни экономят, используя наиболее выгодные тарифы, другие для снижения затрат прибегают к современным технологиям.

В свою очередь, подорожание электроэнергии, связанное с множеством факторов, приводит к увеличению цен не только на сырье, но и на материалы, конструкции, оборудование, выпуск которых осуществляется теми или иными промышленными предприятиями. Причина ясна: себестоимость конечного продукта включает в себя в том числе расходы производителя на потребление энергии.

Что же касается качества продукции, то требования к нему не уменьшаются, а, напротив, повышаются, становясь все более жесткими. Введение санкций со стороны западных стран и нестабильность экономической ситуации только обострили проблему, связанную с подорожанием электроэнергии. Не случайно для многих крупных компаний задача энергосбережения стала приобретать все более широкую популярность.

Во многом это касается как производителей и поставщиков битумной продукции, так и ее потребителей, которыми являются дорожно-строительные предприятия. Теперь дорожникам, чтобы получить нужное количество качественных битумных материалов, необходимо уже при подготовке к строительному сезону заранее обеспечить прогрев специальных резервуаров. Ведь, как известно, эффективная эксплуатация такого «капризного» нефтепродукта возможна только при повышенных температурах. Поэтому важно, чтобы на начальном этапе битум был прогрет хотя бы до температуры жидкотекучести (70–80°C).

Что касается процесса перекачки материала, то для этого битум требуется нагреть до 100–110°C. А чтобы получить необходимое количество отбираемого нефтепродукта в единицу времени, не-

обходимо прогреть весь резервуар (РВС) и осуществить перегонку битума по другим емкостям. Все это, вместе с учетом потерь тепла системой, приводит к огромным энергозатратам и, соответственно, к дополнительным расходам, что, в свою очередь, чревато приостановкой выпуска асфальтовых смесей.

Важно отметить, что подобные проблемы чаще всего возникают из-за использования устаревшего оборудования для хранения и прогрева битума. Решить задачу, связанную со своевременным обеспечением дорожных предприятий качественной битумной продукцией и гарантированным бесперебойным выпуском асфальта, помогают произведенные заранее (еще до начала строительного сезона) закупки битума. Но для этого необходимо наличие собственного хранилища, имеющего достаточный объем, что не только позволит дорожникам приобрести материал по еще не успевшей возрасти цене, но и в дальнейшем обеспечит экономию электроэнергии.

Строительство современных энергоэффективных битумных хранилищ является основным целевым направлением деятельности научно-производственной организации «АсфальтМаш». Специалисты предприятия для решения вышеуказанных проблем предлагают РВС нового поколения с купольной системой. РВС производится под ключ, начиная от проектирования, включая поставку и монтаж оборудования и заканчивая процессами пусконаладки. На НПО «АсфальтМаш» налажено и собственное производство комплектующих, что позволяет уже в ходе эксплуатации РВС оперативно провести сервисное обслуживание системы.

Энергоэффективная купольная система разогрева НПО



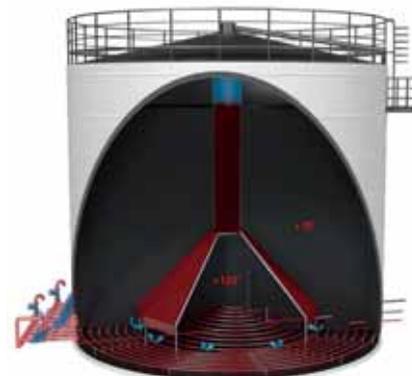
«АсфальтМаш» специально разработана для хранения битума при соответствующих требованиям наименьших температурах. Это положительно сказывается на качестве битумного материала, а впоследствии и на эксплуатационных качествах конечного продукта – автомобильной дороги.

В разных регионах Российской Федерации реализовано 15 проектов РВС купольной системы, и отзывы тех, кто уже эксплуатирует это оборудование, довольно высокие. Эффективность работы РВС заключается в том, что применение в резервуарах специального блока локального нагрева «Купол» позволяет, не разогревая полностью весь резервуар, отбирать только суточную потребность в битуме.

Поскольку сам купол РВС расположен внутри резервуара, греть битум можно порционно. Таким образом исключается необходимость использования дополнительных емкостей для перегона битума. Нефтепродукт можно получать из одного резервуара, что также позволяет экономить на энергозатратах.

Данное инновационное решение позволяет без прогревания всего резервуара разогреть определенное количество битума до 110–120°C, а затем переместить требуемый объем подготовленного материала с заданной технологической температурой в рабочие емкости. Весь остальной битум разогревается до щадящей температуры –70°C. Разница температуры сокращается вдвое, соответственно, вдвое уменьшаются и тепловые потери.

Для сравнения приведем следующие показатели: обычный РВС приходится прогревать полностью до температуры текучести 100–120 °С. Разница при обычной системе будет выглядеть так:  $t_{рез} (100^{\circ}C) - t_{окружающей\ среды} (30^{\circ}C)$ . В резервуарах НПО «АсфальтМаш» до такой температуры прогревается только битум под куполом, а весь



остальной нефтепродукт будет подогрет до температуры 70°C. Разница при купольной системе будет выглядеть так:  $t_{рез} (70^{\circ}C) - t_{окружающей\ среды} (30^{\circ}C)$ .

Нагреватель масла после разогрева битума в системе до необходимой температуры начинает переходить только на компенсацию тепловых потерь, не давая РВС последовательно остывать.

Таким образом, ООО «НПО «АсфальтМаш» гарантирует экономии не только из-за отсутствия потребности в дополнительных емкостях, но и благодаря значительному сокращению теплопотерь за счет постоянно разогретого купола. Напомним, что установленный в резервуарах блок локального нагрева битума «Купол» используется для аккумуляции битума нужного объема и температурного режима. Для нагрева необходимого количества нефтепродукта достаточно двух-трех недель. За счет сокращения времени на разогрев также удается достичь значительной экономии электроэнергии. Выгода, даже с учетом стоимости РВС, налицо: благодаря этой запатентованной технологии выхода на рабочий режим РВС затраты на разогрев резервуара снижаются вдвое.

Есть и еще одно неоспоримое преимущество, связанное с экологической составляющей: выбросы в окружающую среду благодаря низкотемпературному режиму сокращаются в 8–10 раз. Кроме того, дорожные пред-

приятия, использующие такие резервуары, защищены от последствий, связанных с чрезвычайными происшествиями, которые могут привести к разрушению РВС. Эвакуация обслуживающего персонала в экстренном случае произойдет своевременно, до возможного распространения битума по площадке.

Резервуары с купольной системой разогрева позволят решить не только проблемы финансового благополучия специализированного предприятия, но и проблемы, связанные с поддержанием качественных характеристик битума за счет низкотемпературного хранения вяжущего в основном объеме РВС, а также проблемы, касающиеся безопасности, в том числе экологической.



**ООО «Научно-Производственная организация «АсфальтМаш»**

**Офис:**

Самара, ул. Ново-Садовая, д. 201

**Производство:**

Республика Башкортостан  
г. Октябрьский, ул. Трудовая, д. 1/4

тел. +7 846 300 444 0

info@asfaltmash.ru

https://asfaltmash.ru

**Представительство в Казахстане:**

010000, Казахстан, г. Нур-Султан  
район Байконур

ул. Амангельды Иманова  
д. 19, офис 514В

сот. +7 771 089 14 84

тел. +7 (7172) 25 65 66



5-10 декабря 2022

Санкт-Петербург



Волга-Автодор



# КАК СТАТЬ **№1** В ПРОИЗВОДСТВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ?

Узнайте, как выйти на новый уровень качества и оптимизировать свою работу, на научно-практическом семинаре «Шелковый путь 2022»

## Первый в России

Комплекс обучающих сессий объединит специалистов дорожного строительства: руководителей, инженеров, сотрудников лабораторий, технологов и операторов АБЗ на единой площадке

## Уникальная программа

Новые стандарты в области производства асфальтобетонных смесей, контроль качества, современные технологии и оборудование, тренды дорожного строительства

## Теория и практика

Лекции от ведущих спикеров страны и практика на производственных площадках крупнейших строительных компаний

Приглашаем к участию начальников, мастеров, технологов и операторов АБЗ, специалистов дорожного строительства, руководителей и сотрудников лабораторий, руководителей и специалистов служб качества, компаний по производству дорожных работ.

12+



Подробная информация на официальном сайте семинара [www.roadconference.ru](http://www.roadconference.ru)  
Регистрация уже открыта. Бронируйте участие по телефону **8 812 213 20 56**  
или по почте [info@nflg.ru](mailto:info@nflg.ru)

# СОВРЕМЕННЫЕ МНОГОУРОВНЕВЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ РАЗВЯЗКИ КИТАЯ

Китай – самая большая страна в мире по численности населения: на конец 2021 года Поднебесная насчитывала около 1,4 млрд человек. Высокая плотность жителей, прежде всего в городах с большим потенциалом возможностей, способствовала повышенному вниманию правительства страны к вопросам эффективного распределения дорожного трафика и создания современных многоуровневых транспортных развязок.

К примеру, в Шанхае, где численность населения на конец 2021 года составила почти 25 млн человек, построен один из самых старых и крупных путепроводов Китая – Синьчжуан, который состоит из четырех уровней с максимальной высотой застройки 24 м. Объект был введен в эксплуатацию в 2001 году и быстро заслужил статус «Эстакада № 1 в Азии». С того времени количество автомагистралей в КНР значительно увеличилось, что привело к дополнительной нагрузке на объекты транспортной инфраструктуры Шанхая, в том числе на путепровод Синьчжуан, где в часы пик часто образуются километровые пробки.

## Уровни транспортных развязок

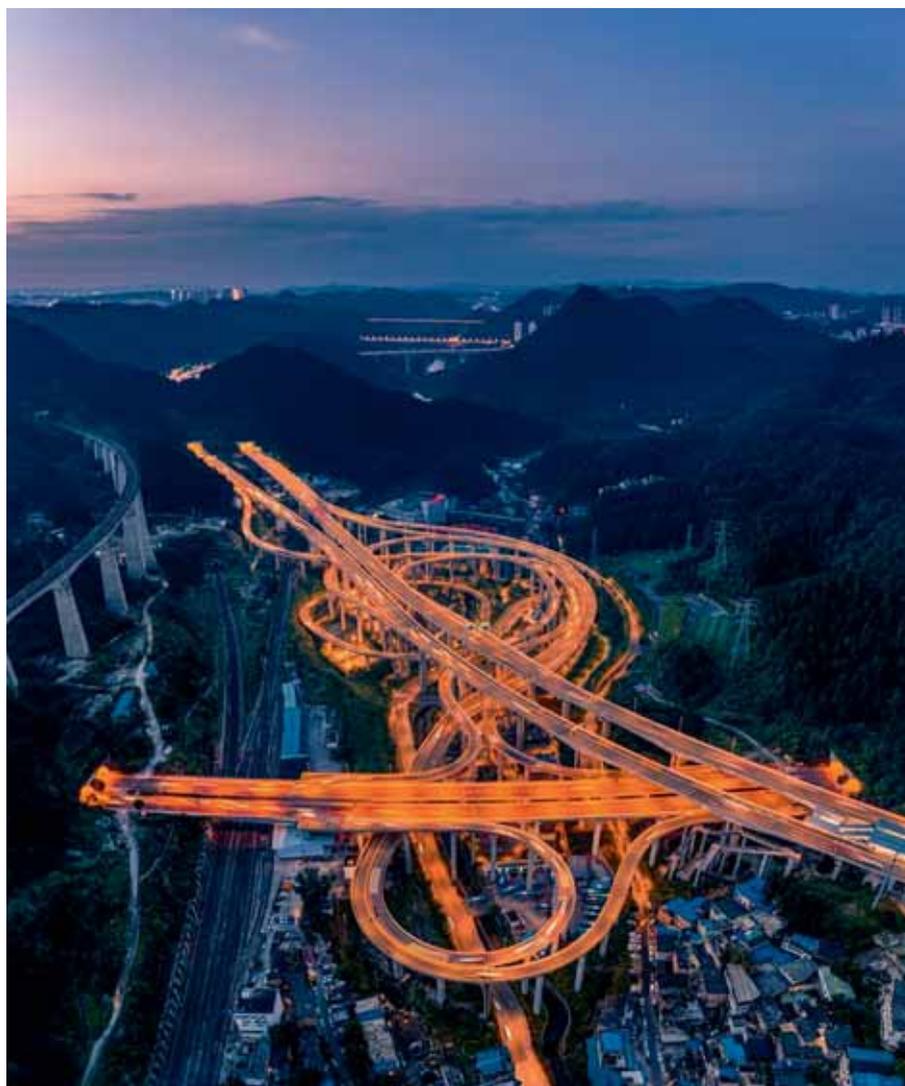
Ежегодный прирост населения, общий экономический подъем Китая, а также цели правительства Поднебесной по расширению дорожной сети между провинциями – все это поддерживает стабильный спрос на автомобили, произведенные для внутреннего рынка. Так, по данным министерства общественной безопасности КНР, по состоянию на 2021 год количество автотранспортных средств в стране достигло 395 млн.

Таким образом, акцент на вертикальное строительство в Китае является логичным продолжением градостроительной политики последних десятилетий. Тем более что решение о реализации транспортных развязок в несколько уровней помогло повысить без-

опасность движения, увеличить пропускную способность в часы пик, разгрузить близлежащие крупные улицы, а также поднять социальную удовлетворенность жителей и улучшить туристическую привлекательность страны в целом.

Транспортные развязки в Китае редко строят в один уровень. В основном это трех-, четырех- и пятиуровневые путепроводы. Количество уровней при этом складывается не только из необходимости эффективного распределения будущего трафика, но и из особенностей местного ландшафта.

К примеру, пятиуровневая развязка Цяньчунь, расположенная в городе Гуайин, возводилась в течение восьми лет на территории с перепадом высот 55 м.



Путепровод Цяньчунь в Гуайин

### Строительство транспортных развязок

Правила, которые соблюдают при строительстве транспортных развязок в КНР, установлены документом JTGD 60-2015 «Общие технические условия на проектирование автомобильных мостов и водопропускных труб», который по своей структуре аналогичен российскому своду правил – СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91».

Строительство транспортных развязок в Китае (после выполнения инженерно-геодезических изысканий и BIM-проектирования) осуществляется в несколько основных этапов: подготовки земляного основания; устройства фундамента и опор путепровода из армированного бетона; возведения пролетов, состоящих из ортотропных плит или железобетонных изделий; гидроизоляционных и инженерных работ; укладки асфальтобетона. Конечно, все этапы работ проходят с учетом входного, операционного и приемочного контроля.

К особенностям строительства транспортных развязок в Китае

стоит отнести современные технологии, которые применяют при устройстве последних этажей многоуровневых эстакад. К примеру, при создании основания под опору могут использовать специальную поворотную систему, позволяющую повернуть будущую T-образную вертикально расположенную железобетонную конструкцию весом 4700 тонн на 85°. Такой подход может быть полезен, когда необходимо возвести автомобильный путепровод над существующим железнодорожным полотном.

Еще одна современная технология, которая используется при создании верхних уровней развязок в Китае, – это технология «наращивания» пролетов с помощью специальной установки с подвесным каркасом, куда заливают бетонную смесь.

В качестве верхнего слоя покрытия многоуровневых транспортных развязок в Поднебесной применяют преимущественно щебеночно-мастичную асфальтобетонную смесь с максимальным размером частиц каменного материала 16 мм.

### Самая большая транспортная развязка в Китае

Самая большая транспортная развязка в Китае расположена в городе Чунцин и называется Хуанцзюэван. Ее строительство началось еще в 2009 году, а движение было открыто в середине 2017 года. Хуанцзюэван представляет собой пятиуровневую развязку и включает в себя в общей сложности 20 съездов. Максимальная высота от земли до самой высокой точки путепровода равна 37 м, а занимаемая объектом площадь составляет около 400 тыс. кв. м.

Местные водители называют ее самой сложной в Китае, а те, кто прибыл в Чунцин в туристических целях и взял машину на прокат, переживают, когда маршрут проходит через Хуанцзюэван: из-за специфической геометрии объекта и нескольких уровней развязки некоторые навигаторы при проезде по путепроводу выдают ошибку.

Говоря о самой большой по количеству возведенных уровней транспортной развязке в Китае, нельзя не упомянуть о виадуке Пуся, расположенном в Шанхае. Несмотря на то, что этот объект сложно назвать трудным с точки



Путепровод Хуанцзюэван в Чунцине

зрения навигации, Пуси – единственная в мире шестиуровневая развязка.

Активное развитие транспортной инфраструктуры Китая, в том числе возведение новых путепроводов, развязок и виадуктов, предполагает ежегодное использование в строительстве сотен тысяч кубов бетонной смеси. Это способствует не только росту предприятий, которые выпускают бетонную смесь, но и развитию производителей оборудования.

Компания NFLG уже более 30 лет производит высокотехнологичные смесительные установки для предприятий разного уровня, реализующих многочисленные государственные проекты. К примеру, бетонную смесь, произведенную на бетонных заводах NFLG, применяли в строительстве:

- Южного центрального моста в городе Тайюань, протяженность которого составила 2608 м;
- Третьего Пиннаньского моста в провинции Гуанси, протяженностью 1035 м, который считается самым большим арочным мостом в мире по длине пролета;
- моста Гонконг – Чжухай – Макао, протяженностью 55 км, который является самым длинным автомобильным морским мостом в мире.

Мостовики сделали выбор в пользу бренда из-за технологических преимуществ установок. Одним из важных преимуществ является возможность выдавать заявленную производительность. Стабильные показатели выпуска смеси достигаются за счет технологической особенности завода, так называемой «три замеса в цикле»: один на весах, один в промежуточном бункере, один в миксере. Благодаря такой системе смесительная установка способна выпускать замес каждые 30 секунд.

Ежегодный рост численности населения КНР, общий экономический рост страны, а также стабильный спрос на автомобили на внутреннем рынке будут способствовать дальнейшему созданию многоуровневых транспортных развязок в Китае. При этом высокая скорость



Путепровод Синьчжуан в Шанхае

реализации проектов обеспечена наличием в Поднебесной больших трудовых ресурсов, а также использованием проверенных временем методов работы, инновационных технологий, применением современных АБЗ и БСУ. Использование проверенной техники позволит дорожно-строительным компаниям выпускать продукцию гарантированного качества и высокой однородности.

#### Выставка «Дорога 2022»

Приглашаем познакомиться с оборудованием NFLG и узнать больше

об эффективных технологических решениях по выпуску асфальтобетонных и бетонных смесей на главной дорожной выставке России – «Дорога 2022». Масштабное мероприятие пройдет на площадке «Казань Экспо» в столице Татарстана с 12 по 14 октября. Стенд компании (№ 26) будет расположен в павильоне № 2.



[nflg.ru](http://nflg.ru)



Путепровод Пуси в Шанхае



# БЕТОННЫЕ ЗАВОДЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

АБСОЛЮТНО НОВЫЙ УРОВЕНЬ ЗАМЕСА

Компания NFLG производит и поставляет адаптированные для работы в России бетоносмесительные установки обновленных серий. Стационарные и мобильные БСУ сочетают в себе актуальные технологии для обеспечения и продажи бетона. За 30 лет мы реализовали более **10 000** установок в России и КНР.

Узнайте о спецпредложениях на весь спектр дорожно-строительной техники NFLG на нашем сайте [nflg.ru](http://nflg.ru)



**Усовершенствованная серия  
бетоносмесительных установок Modul**

Универсальные БСУ модульной конструкции  
производительностью от 50 до 300 м<sup>3</sup>/ч

**Производим БСУ, учитывая все  
требования клиента**

Количество и расположение бункеров  
инертных материалов, тип смесителя

**Всесезонный выпуск бетонных смесей с Modul+**

Оперативные поставки бетона на строительный  
объект независимо от времени года

**Стабильные показатели по выпуску смеси**

Применение технологии «три замеса в цикле»:  
один на весах, один в промежуточном бункере,  
один в миксере

Предоставим оптимальную комплектацию под Ваши производственные задачи. Горячая линия по подбору  
смесительного оборудования **8 800 555 73 40**

# «РОСНЕФТЬ БИТУМ» — ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ДОРОГ

- Широкий ассортимент битумных материалов
- Технический сервис и продукция на заказ
- 10 НПЗ ПАО «НК «Роснефть» в ключевых регионах спроса
- 15 производственных площадок «Роснефть Битум»



«Роснефть Битум» – дочернее общество НК «Роснефть», лидер российского рынка по производству высококачественных битумных материалов для дорожного и гражданского строительства.

[www.rosneft-bitumen.ru](http://www.rosneft-bitumen.ru)

