

МОСТЫ И ВРЕМЯ

Специальный выпуск журнала «ДОРОГИ. Инновации в строительстве»

МЫ ЗДЕСЬ ВСЕРЬЕЗ И НАДОЛГО, МЫ С ВАМИ!

ВИАТОП это...

РЕПУТАЦИЯ

Более 20 лет
применения

на Российском рынке.

VIATOR



www.viatorp.ru

ООО «Реттенмайер Рус»

115280, г. Москва,

ул. Ленинская слобода 19 стр. 1

Тел.: +7 (495) 276-20-24, +7 (495) 276-06-40

E-mail: viatorp@rettenmaier.ru

Телеграм: <https://t.me/viatorprus>



РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ	ИСПЫТАНИЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ	ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ОБСЛЕДОВАНИЕ	МОНИТОРИНГ



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

nic-mosty@mail.ru
nic-mosty.ru

ЭТОТ ДЕНЬ МЫ ПРИБЛИЖАЛИ, КАК МОГЛИ...



Этот май стал особенным для всего прогрессивного человечества. 80 лет назад нацистская Германия подписала акт о капитуляции. Ценой гибели 27 миллионов советских людей фашизм в Европе был остановлен.

Сегодня коллективный Запад пытается переписать историю, замолчать о беспрецедентном вкладе советского народа в победу во Второй мировой войне. Так, с экранов телевизоров западных каналов благообразная престарелая дама, бывшая узница Освенцима, охотно делится лжевоспоминаниями о том, как ее когда-то освободили... американские солдаты. И без тени сомнения в голосе Дональд Трамп утверждает, что именно Америка внесла основной вклад в общую победу. «Мы — те, кто выиграл войну», — заявляет американский президент. Право на историческую память у народа отбирают в Прибалтийских странах, демонстрацию советских флагов и георгиевских лент запретили 9 мая и в проигравшей войну Германии. Евросоюз угрожает санкциями за участие в параде Победы в Москве. Кажется, что мир стремительно катится в бурлящую неонацистскую пропасть.

Однако не все готовы к переосмыслению истории в духе остервенелой русофобии. 13 стран, преодолевая жесткое давление со стороны европейских лидеров, приняло участие в московских мероприятиях по случаю Дня Победы.

Отрадно, что праздничные митинги с участием итальянской общественности и шествие «Бессмертного полка» прошли и в ряде городов Италии. Так, в Риме у памятника Джузеппе Мадзини, итальянского революционера, боровшегося за объединение Италии и ее независимость, звучали советские песни военных лет, развивались флаги России и Новороссии, Георгиевские стяги.

Тема Великой Отечественной войны поднимается и в нашем майском выпуске. Поскольку номер посвящен мостовой тематике, мы решили рассказать на его страницах о том, как пережили блокаду ленинградские мосты, о трудовом подвиге специалистов дорожно-мостового восстановительного батальона. Уверена, что эта публикация, как и остальные материалы номера, вызовет у вас живой интерес.

Всех с Великой Победой советского народа над фашизмом! Пока мы помним и чтим эту дату — мы непобедимы.

*С уважением и самыми лучшими пожеланиями,
главный редактор Регина Фомина
и весь творческий коллектив*

Издание зарегистрировано
Федеральной службой по надзору
в сфере связи,
информационных технологий
и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
ПИ №ФС 77-41274
Издается с 2010 г.

Учредитель
Регина Фомина

Генеральный директор
Полина Богданова
post@techinform-press.ru

Издатель
ООО «Медиа Группа «Техинформ»

РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор
Регина Фомина
info@techinform-press.ru

Заместитель главного редактора
Дмитрий Карпов
karpovdb@list.ru

Редактор, арт-директор
Лидия Шундалова
art@techinform-press.ru

Выпускающий редактор:
Сергей Зубарев (sz-fsr@yandex.ru)

Корректор:
Инна Спиридонова

Руководитель службы информации
Людмила Ковалевич
kovalevichl@mail.ru

Адрес редакции:
192283, ул. Будапештская, д.97,
к.2, лит. А, пом. 9Н
Тел.: (812) 905-94-36,
+7 (911) 236-14-03,
+7 (921) 973-76-44
office@techinform-press.ru
www.techinform-press.ru

За содержание рекламных
материалов редакция
ответственности не несет.

Сертификаты и лицензии
на рекламируемую продукцию
и услуги обеспечиваются
рекламодателем.

Любое использование
опубликованных материалов
допускается только
с разрешения редакции.

Подписку на журнал
можно оформить
по телефону
+7 (911) 236-14-03



«ДОРОГИ. Инновации в строительстве»
№125 май/2025
Спецвыпуск «Мосты и время»

Главный информационный партнер:

• Саморегулируемой организации некоммерческого
партнерства межрегионального объединения
дорожников «Союздорстрой»

• Ассоциации бетонных дорог

• Объединения производителей, поставщиков
и потребителей алюминия
(Алюминиевая Ассоциация)

В НОМЕРЕ:

4 НОВОСТИ ОТРАСЛИ

СОБЫТИЯ & МНЕНИЯ

6 Мосты повисли над водами... (интервью с В. В. Ворониным)



8 «Мир мостов»: услышать каждого

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

10 А. А. Сергеев, В. С. Мыцик. Испытания мостов. Эволюция нормативных документов. Прошлое, настоящее... Будущее? (ООО «НИЦ «Мосты»)

16 А. С. Агеев, А. Ю. Раннимов. Болтокомплект — что это такое?

ИССЛЕДОВАНИЯ

22 Д. Г. Филимонов, Ю. В. Новак. К вопросу о динамике мостов (АО ЦНИИТС)



26 Н. В. Коберник, Л. И. Эфрон, С. А. Королев, А. Г. Кравченко. Влияние состояния поставки листового проката из стали марки 10хСНД по ГОСТ 6713-2021 для мостостроения на остаточные послесварочные напряжения и деформации

СТРОИТЕЛЬСТВО& РЕКОНСТРУКЦИЯ

32 Якутский мост через Лену: дорого, но эффективно



36 Как восстановить и усилить мостовое сооружение? (ООО «НПП СК МОСТ»)

МАТЕРИАЛЫ&ТЕХНОЛОГИИ

40 А. Д. Соколов. Инновационная конструкция подпорных стен в транспортном строительстве

44 Использование современных технологий герметизации в инфраструктурном строительстве (Группа компаний «САЗИ»)

46 «КРОНОС СПб»: мосты защитим надежно

50 Современные антикоррозионные материалы для районов Крайнего Севера (круглый стол)

58 Большой Смоленский мост защищают от коррозии покрытия ВМП

60 Эмульгатор «Инстаб»: экологичная инновация

СЕЙСМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

62 Г. С. Шестоперов. Последствия землетрясений в Южной Европе



СТРАНИЦЫ ПАМЯТИ

68 Мосты блокадного Ленинграда



70 Николай Кузнецов: легенда советской разведки

ЭКСПЕРТНАЯ КОЛЛЕГИЯ:

М.Я. БЛИНКИН,
ординарный профессор НИУ «Высшая школа эконо-
мики», к.т.н., директор Института экономики
транспорта и транспортной политики НИУ
«Высшая школа экономики», председатель
Общественного Совета Минтранса России

А.И. ВАСИЛЬЕВ,
д.т.н., академик РАТ, профессор кафедры
«Мосты, тоннели и строительные конструкции»
МАДИ, директор по науке ООО «НИИ МИГС»

И.В. ДЕМЬЯНУШКО,
д.т.н., профессор, заведующая кафедрой «Строй-
тельная механика» МАДИ (ГТУ),
Заслуженный деятель науки и техники РФ

С.И. ДУБИНА,
к.т.н., доцент, руководитель внедрения
инновационных разработок в дорожное хозяй-
ство АО «Энерготекс», главный
специалист проектного института
«ГИПРОСТРОЙМОСТ», член комитета
по транспорту и строительству
Государственной думы Федерального
собрания Российской Федерации, член Междуна-
родного общества механики
грунтов и геотехнического строительства

В. Ю. КАЗАРЯН,
генеральный директор ООО «НПП СК МОСТ»,
доктор транспорта, действительный член
Инженерной академии Армении,
председатель совета Балашихинской
торгово-промышленной палаты, член
совета ТПП МО

И.Е. КОЛЮШЕВ,
Заслуженный строитель РФ,
технический директор АО «Институт
Гипростроймост – Санкт-Петербург»

Ю.Г. ЛАЗАРЕВ,
д.т.н., профессор, директор
инженерно-строительного института
Высшей школы промышленно-гражданского
и дорожного строительства

С.В. МОЗАЛЕВ,
исполнительный директор Ассоциации
мостостроителей (Фонд «АМОСТ»)

Ю.В. НОВАК,
заместитель генерального директора
АО ЦНИИТС по научной работе, к.т.н.,
Почетный транспортный строитель РФ,
доцент, член ТК 465, НОПРИЗ

М.А. ПОКАТАЕВ,
первый заместитель директора
АО «Главная дорога»

В.Н. СМЕРНОВ,
д.т.н., профессор кафедры «Мосты»
ФГБОУ ВО ПГУПС Императора
Александра I

С.Ю. ТЕН,
депутат Государственной думы
Федерального собрания
Российской Федерации

В.В. УШАКОВ
д.т.н., профессор, проректор по научной работе
МАДИ (ГТУ), заведующий
кафедрой «Строительство
и эксплуатация дорог» МАДИ,
Заслуженный работник высшей школы РФ

Л.А. ХВОИНСКИЙ,
к.т.н., генеральный директор СРО НП МОД
«СОЮЗДОРСТРОЙ»

С.В. ЧИЖОВ,
к.т.н., заведующий кафедрой «Мосты» ФГБОУ
ВО ПГУПС Императора Александра I

Установочный тираж 10 тыс. экз.
Цена свободная. Заказ №
Подписано в печать 16.05.2025
Отпечатано в типографии «Эталон»,
198097, г. Санкт-Петербург, ул. Трефолева,
д. 2, лит. АУ
www.etalon.press.ru

РОССИЮ И СЕВЕРНУЮ КОРЕЮ СВЯЖЕТ АВТОМОБИЛЬНЫЙ МОСТ

30 АПРЕЛЯ ПРЕСС-СЛУЖБА МИНТРАНСА РОССИИ СООБЩИЛА, ЧТО ПРЕДСЕДАТЕЛЬ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ МИХАИЛ МИШУСТИН И ПРЕДСЕДАТЕЛЬ СОВЕТА МИНИСТРОВ КНДР ПАК ТХЭ СОН В РЕЖИМЕ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦИИ ДАЛИ СТАРТ НАЧАЛУ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ ТУМАННУЮ НА РОССИЙСКО-СЕВЕРОКОРЕЙСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЕ.

В установке памятной таблички в основание моста на российской стороне приняли участие заместитель Председателя Правительства РФ — полномочный представитель Президента в ДФО Юрий Трутнев, министр транспорта Роман Старовойт, министр РФ по развитию Дальнего Востока и Арктики Алексей Чекунков, Чрезвычайный и Полномочный Посол КНДР в РФ Син Хон Чхол и другие официальные лица.

Открывая мероприятие, Михаил Мишустин отметил, что начало строительства выходит далеко за рамки одной инженерной задачи, оно символизирует стремление к укреплению дружественных, добрососедских отношений, наращиванию межрегионального сотрудничества с Пхеньяном.

«Безусловно, ключевой приоритет для нас — строительство мостового перехода, через который пойдет круглогодичное автомобильное движение. Сейчас единственный действующий маршрут — это железнодорожное сообщение по мосту Дружбы через реку Туманную. Но его возможностей уже недостаточно, — подчеркнул Председатель Правительства РФ. — Особое значение будущий мост имеет для российского Дальневосточного федерального округа, и прежде всего для Приморского края, где появятся дополнительные возможности для предприятий



и местных жителей. Начнет активнее развиваться транспортная и логистическая инфраструктура».

Глава Правительства также добавил, что данный путь позволит предпринимателям существенно нарастить объемы перевозок и сократить транспортные издержки, обеспечит надежные и стабильные поставки различной продукции, что станет способствовать расширению торгово-экономического сотрудничества между двумя странами.

Длина непосредственно самого моста составит около 1 км, здесь будет две полосы движения. Строительство планируется завершить через полтора года.

Около мостового перехода в рамках национального проекта «Эффективная транспортная система» оборудуют автомобильный пункт пропуска Хасан. Здесь будет 10 полос движения, по плану пункт пропуска смогут пересекать 300 транспортных средств и 2850 физических лиц в сутки (с возможностью увеличения).

Комментируя церемонию, Роман Старовойт заявил, что на площадке Минтранса России работа над данным проектом началась в прошлом году. «Мост сам по себе не очень сложный, но будет строиться с двух сторон, и его важно состыковать с корейской стороной. Также планируем параллельно возвести в России пункт пропуска и обновить более 100 км дороги до Владивостока. Предстоит масштабная работа, и мы к ней готовы», — добавил министр.



МОСТ ЧЕРЕЗ РЕКУ БЕЛУЮ ДОСТРОЕН И ПРОШЕЛ ПРИЕМОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Завершено строительство мостового перехода через реку Белую в Башкортостане — самого масштабного сооружения всей строящейся скоростной дороги Дюртюли — Ачит, которая войдет в состав продолжения трассы М-12 «Восток» до Екатеринбурга. Как сообщила пресс-служба ГК «Автодор» 12 мая, мост успешно прошел приемочные испытания на соответствие требованиям по безопасности и фактической несущей способности — это финальный этап контроля качества строительно-монтажных работ перед итоговой приемочной комиссией.

Для проведения проверки специалистами ООО «Автодор-Инжиниринг» была разработана комплексная программа, включающая в себя статические и динамические испытания. В рамках приемочных испытаний на мост заехали 12 самосвалов массой 35 т каждый. Кроме того, несущую способность конструкций сооружения испытывали также и сдвоенными автопоездами массой до 80 т и длиной 32 м.

Протяженность мостового перехода составляет 813 м. Сооружение стоит на 11 опорах, самые высокие из которых достигают 29 м. В пиковые дни на строительстве моста трудилось порядка 700 человек и 50 единиц различной техники. При возведении мостового перехода через Белую было использовано свыше 60 тыс. м³ железобетона и более 3,5 тыс. т литого асфальта (среди преимуществ которого — хорошая износостойкость, высокая влагоустойчивость, дли-



тельный срок службы, стойкость к перепадам температуры).

Опоры моста построены по уникальной технологии непрерывного бетонирования со скользящей опалубкой, которая значительно сократила сроки строительства. Примечательно, что раньше при устройстве опалубочных систем применялись зарубежные конструкции. Сейчас их заменили отечественные аналоги. Производятся они по европейским технологиям, но полностью адаптированы для российских условий и ничуть не уступают по качеству.

Кроме того, при строительстве моста использованы металлические изделия: около 2,5 тыс. м барьерных ограждений, около 7,5 тыс. т арматуры — все российского производства.

КОМПЛЕКСНЫЙ МОДИФИКАТОР ЛУКОЙЛ ВКЛЮЧЕН В РННТ

Экспертный совет Общеотраслевого центра компетенций по новым материалам и технологиям для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог ФАУ «РОСДОРНИИ» включило резиновый комплексный модификатор ЛУКОЙЛ в Реестр новых и наилучших технологий, материалов и технологических решений повторного применения (РННТ).

Напомним, Реестр РОСДОРНИИ — регулярно обновляемый специализированный ресурс для подрядных организаций и заказчиков, в котором собраны наибо-

лее эффективные конструктивно-технологические решения в дорожном строительстве. Применение новых технологий и материалов позволяет повысить долговечность и экологичность дорог, безопасность движения на них, и одновременно сократить продолжительность дорожных работ.





– **Всеслав Владимирович, расскажите о мостовом хозяйстве Санкт-Петербурга.**

– СПб ГБУ «Мостотрест» – это центр уникальных компетенций, единственная организация в Санкт-Петербурге, отвечающая за техническое обслуживание, ремонт и капитальный ремонт искусственных дорожных сооружений, таких как мосты, набережные, путепроводы, тоннели, водопропускные трубы, надземные пешеходные переходы.

По состоянию на 14 февраля 2025 года на техническом содержании СПб ГБУ «Мостотрест» находятся 836 искусственных дорожных сооружений, в том числе:

- 454 моста, в том числе 18 разводных;
- 75 путепроводов и эстакад, транспортных развязок;
- 55 транспортных и пешеходных тоннелей;



МОСТЫ ПОВИСЛИ НАД ВОДАМИ...

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ НЕ СЛУЧАЙНО НАЗЫВАЮТ СЕВЕРНОЙ ВЕНЕЦИЕЙ. ЧЕРЕЗ ЕГО МНОГОЧИСЛЕННЫЕ РЕКИ И КАНАЛЫ ПЕРЕКИНУТЫ СОТНИ МОСТОВ, ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО КОТОРЫХ ДАЖЕ ПРЕВЫШАЕТ ЧИСЛЕННОСТЬ ВЕНЕЦИАНСКИХ ПЕРЕПРАВ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТОЛЬ ОБШИРНОГО МОСТОВОГО ПАРКА, В СОСТАВЕ КОТОРОГО МНОГО ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО И ИСТОРИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ, – СЛОЖНАЯ И ОЧЕНЬ ОТВЕТСТВЕННАЯ ЗАДАЧА. ПОДРОБНЕЕ ОБ ЭТОМ РАССКАЗАЛ ДИРЕКТОР СПБ ГБУ «МОСТОТРЕСТ» ВСЕСЛАВ ВОРОНИН.

- 18 надземных пешеходных переходов;
- 111 водопропускных труб;
- 98 набережных;
- 17 подпорных стенок;
- 7 КНС, в т. ч. оборудование;
- 3 прочих сооружения.

Ежегодный прирост новых сооружений составляет около 10 000 м².

Одним из приоритетных направлений деятельности СПб ГБУ «Мостотрест» является разводка мостов в период навигации. Только за 2024 год было выполнено около 2300 разводок мостов.

СПб ГБУ «Мостотрест» ведет работы по ликвидации разрушений асфальтобетонного покрытия проезжей части и полимерных деформационных швов, ремонту барьерных и перильных ограждений.

– **Как много мостов имеют архитектурно-художественную ценность? В каком сегодня они находятся состоянии?**

– Среди сооружений, находящихся на техническом содержании, более 250 единиц являются объектами культурного наследия, к которым предъявляются особые требования к ремонту и содержанию со стороны Комитета по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры Санкт-Петербурга. Каждый из этих объектов по-своему уникален и требует особого подхода при обслуживании и капитальном ремонте. К ним также предъявляются повышенные требования с точки зрения внешнего вида и сохранения исторического облика.



– **Расскажите о реконструкции (реставрации) наиболее известных из них.**

– Последним из реконструированных был Биржевой мост. Работы по его капитальному ремонту начались в октябре 2021 года.

В конструкции Биржевого моста, построенного в 1960 году, были зафиксированы многочисленные дефекты и повреждения, которые мешали его безопасной эксплуатации. В состоянии значительного износа находилась большая часть конструктивных элементов, из-за усталостных повреждений, накопленных за период эксплуатации, была снижена несущая способность переправы.

30 ноября 2022 года, точно по графику, первые пешеходы и автомобили смогли перебраться с Васильевского острова на Петроградскую сторону по обновленному Биржевому мосту. Для того, чтобы пуск движения состоялся в срок, всего за год с небольшим был выполнен колоссальный объем работ.

Специалистам потребовалось:

- изготовить, смонтировать и окрасить более 900 т новых металлоконструкций пролетных строений;
- изготовить новые короба противовесов весом почти 100 т и заполнить их отливками из 1616,7 т чугуна и 471,3 т свинца;
- отремонтировать 700 м² гранитной облицовки и бетонных поверхностей опор;
- заново отлить и установить на свое место 26,4 т декоративных чугунных карнизов;
- установить более 500 м² новых гранитных и металлических ограждений;
- смонтировать 16 осветительных комплексов;
- уложить более 8 тыс. м² асфальтобетонного дорожного покрытия на мосту и подходах к нему.

До капитального ремонта Биржевой мост разводился с помощью устаревшего электромеханического привода. Сейчас его заменили гидроцилиндры. Они спроектированы и изготовлены в Петербурге, на Обуховском заводе.



Отличительным элементом ограждения Биржевого моста является трезубец Нептуна, характеризующий Санкт-Петербург как морскую столицу России. Авторы знаменитой решетки – архитекторы Л. А. Носков и П. А. Арешев. Именно по ней жители и гости города сразу узнают переправу.

В ходе капитального ремонта восстановление исторического перильного ограждения стало одной из главных задач. В мастерские перевезли 428 м чугунного ограждения. Перила высотой 1,1 м были отреставрированы, а часть, не подлежащая реставрации из-за серьезных дефектов, была восстановлена на металлургическом предприятии в Свердловской области. Для Биржевого моста там было изготовлено 25 наименований изделий общим количеством 574 единицы и общим весом более 68 т.

– **Как удалось проектировщикам и подрядчикам совместить реализацию современных технических решений (подходы, технологии, материалы) одновременно с сохранением исторического облика объекта? Какие сложности при этом возникали?**

– Работы на объектах, имеющих историко-культурную ценность, проводятся в сотрудничестве и под чутким контролем Комитета по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры Санкт-Петербурга.

– **Какие мосты в ближайшее время планируется закрывать на ремонт (реконструкцию)?**

– В течение последних десятилетий основные переправы через Неву были капитально отремонтированы. С учетом того, срок службы сооружений после капитального ремонта составляет не менее пятидесяти лет, сейчас вопрос новых капитальных ремонтов пока не стоит.

– **Большое спасибо за интересный рассказ!**

«МИР МОСТОВ»: УСЛЫШАТЬ КАЖДОГО

Подготовил Дмитрий КАРПОВ

9–11 АПРЕЛЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ ПРОШЕЛ ЕЖЕГОДНЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ «МИР МОСТОВ — 2025». ОЧЕРЕДНОЙ РАЗ ПОДДЕРЖКУ В ЕГО ОРГАНИЗАЦИИ ОКАЗАЛО СПБ ГБУ «МОСТОТРЕСТ» — ВОТ УЖЕ НЕСКОЛЬКО ЛЕТ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСТУПАЕТ ПАРТНЕРОМ ФОРУМА И АКТИВНЫМ УЧАСТНИКОМ ЕГО ДЕЛОВОЙ ПРОГРАММЫ. ЭТО МЕРОПРИЯТИЕ, СТАВШЕЕ ТРАДИЦИОННЫМ, ПО ПРАВУ НАЗЫВАЕТСЯ ОДНИМ ИЗ ВЕДУЩИХ СОБЫТИЙ В СФЕРЕ МОСТОСТРОЕНИЯ.

Форум собрал больше 150 участников, перед ними с докладами выступили более 20 экспертов из России, Беларуси и Китая. Драйвером весенней сессии стали наука и инновации. В своих выступлениях спикеры рассказывали о новых научных исследованиях в области мостостроения, представляли практические кейсы применения цифровых инструментов при проектировании, строительстве и содержании искусственных сооружений, делились новинками в области новых методов, материалов и технических решений.

Прошедшее мероприятие стало отличной площадкой для обмена опытом, обсуждения актуальных вопросов и расширения деловых связей.

Начался форум с приятной церемонии — вручения наград за выдающиеся достижения в мостостроении. Вслед за этим последовали доклады ведущих экспертов отрасли. В перерывах участники форума вели дискуссии о новых трендах и технологиях и налаживали новые деловые контакты.

По просьбе редакции журнала «Дороги. Инновации в строительстве» приглашенные эксперты прокомментировали, как проходило мероприятие.

Модератор форума, эксперт-практик в области эксплуатации мостов, искусственных сооружений, транспортного строительства, советник губернатора Санкт-Петербурга Андрей Кочин: «Это ежегодное мероприятие объединяет в себе несколько важных целей. Во-первых, участники получают актуальную информацию о новых разработках, материалах и технологиях. Это очень интересно и полезно. Выступающие представляют свои продукты и делятся опытом их применения. Они открыто рассказывают о преимуществах и недостатках своих решений, конструкций и изделий. Такой подход позволяет узнать больше о производственной деятельности компаний и дать ей объективную оценку.

Во-вторых, мы повышаем квалификацию сотрудников, обсуждая рекомендации, освещая современные нормативы и методики, применяемые на дорогах России.



В-третьих, обучение проходит в формате экскурсий и семинаров. Участники получают необходимые документы для повышения квалификации, что важно для их работодателей.

Большую часть информации мы получаем от действующих сотрудников компаний, от производителей, которые предлагают материалы, технологии и решения в спорных ситуациях, возникающих на улично-дорожной сети городов, либо на автомобильных дорогах и водотоках, которые пересекают эти транспортные сооружения и дороги.

Тематика вопросов, которые затрагиваются в ходе ежегодных форумов, постоянно расширяется. Хотелось бы, чтобы участники всесторонне обсудили такую проблему, как доступность транспортных объектов для маломобильных групп населения. Это разработка концепций, инженерных конструкций, материалов. Такая тенденция будет очень востребована в обозримом будущем. И необходимо провести большую организационную работу с привлечением обществ инвалидов городов, эксплуатирующих организаций, чтобы добиться положительных решений, провести экспертизы, получить все необходимые



согласования. На самом деле, тема очень интересная с точки зрения эксплуатации транспортных объектов».

Эксперт, член подкомитета 11 «Проектирование и строительство транспортных сооружений» ТК 465, член экспертно-координационного совета Союза КТИ Андрей Дмитриев: «Прежде всего хочу поблагодарить организатора конференции, компанию «ИРВЕН», которая прикладывают значительные усилия, чтобы привлечь как можно больше специалистов из различных отраслей, прежде всего, связанных с дорожным и мостовым строительством. Сегодня здесь присутствуют компании-производители, проектные институты, научные организации.

Именно поэтому обмен мнениями между ними особенно важен, так как позволяет не только выкристаллизовать наиболее больные точки, но и увидеть пути решения. Важно, что тут, повторюсь, присутствуют не только фирмы-производители, но и научное сообщество, которое обосновывает применение этих материалов.

...Также большое спасибо организаторам за то, что организовали включить в программу форума посещение производственной площадки компании, которая производит композитные профили, применяемые во всех регионах. Хотелось бы, чтобы и впредь у организаторов не иссякала энергия для проведения таких ярких, интересных и нужных мероприятий. Надо проводить их как можно чаще.

Что касается докладов, то все они по-своему интересны и содержательны. Но я бы выделил те, в которых затрагивались вопросы повышения сроков безремонтной эксплуатации.

Мы же понимаем, что значительная часть бюджета уходит на содержание объектов и решение других текущих проблем. Поэтому снижение эксплуатационных затрат, безусловно, повышает эффективность использования средств. При качественно выполненных работах сэкономленные деньги можно было бы направить на детские сады, школы, многое другое».



В рамках выездной сессии делегаты форума посетили также площадки важнейших инфраструктурных объектов Петербурга: строительство трамвайной линии Купчино — Шушары — Славянка и реконструкцию Цимбаловского путепровода.

Проект по созданию и эксплуатации трамвайной линии является крупнейшим государственно-частным партнерством в сфере легкого рельсового транспорта.

Что касается путепровода, то после завершения реконструкции его габариты значительно увеличатся. Это позволит обеспечить прохождение поездов новой высокоскоростной железнодорожной магистрали. Сооружение станет на 247 м длиннее, чем в данный момент, и составит в длину 450 м. Проект предусматривает устройство современных тротуаров и велодорожек, что создаст более комфортные условия для передвижения пешеходов и велосипедистов. Сдача в эксплуатацию обновленного путепровода запланирована до конца 2027 года. Будущая пропускная способность сооружения — до 24 тыс. автомобилей в сутки.



ИСПЫТАНИЯ МОСТОВ. ЭВОЛЮЦИЯ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ. ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ... БУДУЩЕЕ?

А. А. СЕРГЕЕВ,

к. т. н., генеральный директор ООО «Нормативно-Испытательный Центр «Мосты»;

В. С. МЫЦИК,

к. т. н., зам. генерального директора ООО «Нормативно-Испытательный Центр «Мосты»

В СЕРЕДИНЕ XIX ВЕКА С НАЧАЛОМ АКТИВНОГО РАЗВИТИЯ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ ВОЗНИКЛА НЕОБХОДИМОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАПИТАЛЬНЫХ МОСТОВ ЧЕРЕЗ ШИРОКИЕ РЕКИ (ВОЛГА, ДОН, ДНЕПР, ОКА И ДР.). ВНЕДРЕНИЕ В МОСТОСТРОЕНИЕ ТАКОГО МАТЕРИАЛА, КАК СВАРОЧНОЕ ЖЕЛЕЗО, А ЗАТЕМ И ЛИТОЕ, ПОЗВОЛИЛО ОСУЩЕСТВИТЬ ПОИСТИНЕ ГРАНДИОЗНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТОВ ЧЕРЕЗ ВЕЛИКИЕ РЕКИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ И СИБИРИ. В КОНЦЕ XIX — НАЧАЛЕ XX ВЕКА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНССИБА БЫЛИ ПОСТРОЕНЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ МОСТЫ ЧЕРЕЗ ИРТЫШ (1896), ОБЬ (1897), ЕНИСЕЙ (1899), ЗЕЮ (1914), БУРЕЮ (1914), АМУР (1916) И МНОГИЕ ДРУГИЕ РЕКИ. ПРОЕКТИРОВЩИКИ ТОГО ВРЕМЕНИ РУКОВОДСТВОВАЛИСЬ НЕ СТОЛЬКО ПОЛОЖЕНИЯМИ ТОЛЬКО ЗАРОЖДАЮЩИХСЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ И СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ, СКОЛЬКО ИНЖЕНЕРНОЙ ИНТУИЦИЕЙ.



Рис. 1. Испытания моста через реку Обь в Ново-Николаевске (ныне — Новосибирск), (1897 год). Приемочная комиссия и строители находятся под мостом.

Каждому из самых удачных конструктивных решений того времени, безусловно, относятся деревянные пролетные строения системы Гау-Журавского, широко применявшиеся на первых железных дорогах, в том числе на ж/д линии Санкт-Петербург — Москва. Имена выдающихся инженеров прошлого А. Е. Струве, Д. И. Журавского, Н. А. Белелюбского, Л. Д. Проскурякова, Г. П. Передерия, Е. О. Патона, Н. С. Стрелецкого и многих других навсегда вписаны в историю отечественного мостостроения.

Развитие такого направления инженерной деятельности, как «испытание мостов» перед их вводом в эксплуатацию, берет свое начало с середины XIX века. Целью испытаний тогда, впрочем, как и сейчас, являлось выявление действительной работы несущих конструкции мостового сооружения под воздействием эксплуатационных нагрузок, а также экспериментальная проверка и подтверждение надежности принятых конструктивных решений.

Помимо чисто инженерной задачи, была у испытаний и еще одна, не менее важная — убедить в надежности мостового сооружения обывателей. При этом к обывателям в данном случае относились все остальные люди — от крестьянина до императора. Например, 31 августа 1851 года Николай I впервые следовал по недавно открытой железной дороге Санкт-Петербург — Москва на поезде, но реку Мсту он пересек на лодке, не рискуя ехать в вагоне над глубокой речной долиной по легкой ажурной мостовой конструкции. Самым убедительным решением в данной ситуации было показать населению страны надежность конструкции на собственном примере. Хорошо известно, что инженеры и строители

становились под мост во время испытаний, показывая таким образом всем, что они уверены в прочности и надежности своего творения (рис. 1).

Долгое время в нашей стране отсутствовали единые нормы проектирования, строительства и приемки мостовых сооружений в эксплуатацию. Испытания назначались и проводились по решению приемочных комиссий, которые создавались циркулярами и решениями МПС, а затем НКПС. Испытывались не только большие мосты сложных систем, но и, казалось бы, вполне заурядные и тривиальные балочные конструкции. Таким образом, экспериментально подтверждалась их прочность и надежность. Первоначально испытания мостов выполнялись только под действием статической нагрузки, в качестве которой использовался состав (или сразу несколько), состоящий исключительно из паровозов, как самых тяжелых из доступных нагрузок (рис. 2 и 3).

Как показала практика, такой подход с закладкой в конструкцию повышенных запасов и их подтверждение в процессе испытаний оказался верным. За период с 1875 года (после введения первых расчетных железнодорожных нагрузок) и до 1962 года железнодорожные нагрузки пересматривались и повышались еще 8 раз, при этом заложенные в конструкцию запасы прочности позволяли обеспечить грузоподъемность многих мостов постройки конца XIX века на уровне, достаточном для эксплуатации вплоть до середины XX века, когда их массовая замена потребовалась по другой причине — по физическому (усталостному и коррозионному) износу.

Первые общеобязательные строительные нормы и правила (СНиП I-IV), направленные на внедрение рацио-

а



б



Рис. 2. Испытания моста через реку Зею в Алексеевске (1914 год). В серединах пролетов установлены вспомогательные конструкции для измерения прогибов пролетного строения от испытательной нагрузки; а — в пролете 1 установлено 2 паровоза; б — в пролете 4 установлено 6 паровозов



Рис. 3. Испытания Химкинского железнодорожного моста через канал им. Москвы четырьмя составами одновременно (1935 год)

нальных методов проектирования, а также правил производства и приемки работ, были разработаны и введены в действие в 1954-55 гг. Необходимо отметить, что раздел, касающийся строительства мостов, не предусматривал и не регламентировал работ по приемочным испытаниям. Этот пробел частично устранили только в 1962 году, когда взамен раздела СНиП III-B.5 был введен раздел СНиП III-D.2. В нем впервые введено разделение мостов, подлежащих и не подлежащих испытаниям, в зависимости от длины пролета. Вместе с тем, не были указаны величины испытательных нагрузок. Испытаниям подлежали:

- мосты всех назначений с новыми опытными конструкциями;
- железнодорожные большие мосты с нетиповыми конструкциями;
- автомобильные и городские деревянные и железобетонные мосты с пролетами 40 м и более;
- автомобильные и городские стальные мосты со сплошными балками пролетом 40 м и более, с фермами пролетом 80 м и более.

В части приемки мостов в эксплуатацию этот документ был очень краток и оставил больше вопросов, чем ответов, поэтому в 1966 году в его развитие совместно ЦНИИСом и РосдорНИИ разработана и введена в действие «Инструкция по обследованию и испытаниям мостов и

труб» ВСН 122-65. В ней был отражен накопленный многолетний опыт проведения обследований и испытаний железнодорожных, автомобильных и городских мостов. Инструкция существенно расширила и конкретизировала перечень работ, проводимых при обследовании и испытаниях мостов. Были установлены минимальные и максимальные величины статических испытательных нагрузок для железнодорожных и автомобильных мостов. При статических испытаниях величина испытательной нагрузки была установлена на уровне не ниже наиболее тяжелых обращающихся железнодорожных нагрузок и не менее 80% от нормативной временной автомобильной нагрузки. В качестве верхней границы устанавливалась нормативная временная нагрузка, что для железнодорожных мостов было трудноосуществимо на практике.

Динамические испытания мостов с научно-исследовательскими целями проводились еще с начала 1920-х гг. В инструкции же был впервые подробно описан порядок проведения и сформулирована цель динамических испытаний. Это было сделано благодаря многолетним исследованиям коллектива ученых ЦНИИСа под руководством выдающегося ученого в области динамики железнодорожных мостов — Игоря Ивановича Казея.

Кроме статических и динамических, в ВСН 122-65 упомянут, но не описан подробно, еще один вид испыта-

ний — «обкатка», которой должны подвергаться железнодорожные мосты, не подлежащие испытаниям. Цель обкатки — визуальное наблюдение за поведением конструкций под действием испытательной нагрузки.

Инструкция ВСН 122-65 была достаточно подробным документом и действовала продолжительное время: с 1966 по 1987 год. Вместе с тем у нее имелся один существенный недостаток — узкая область применения. Она распространялась только на обследование и испытания мостов и труб, вводимых в эксплуатацию.

В 1987 году в действие был введен СНиП 3.06.07-86 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний». Область его применения была расширена на мосты и трубы после реконструкции (усиления), на сооружения, уже находящиеся в эксплуатации, а также на мосты под особые нагрузки (АБ и пр.). Одним из руководителей разработки данного документа был заведующий лабораторией испытания мостов ЦНИИСа Виталий Петрович Польевко. Он имел огромный многолетний опыт в проведении обследований и испытаний мостовых сооружений по всей территории СССР.

Основные отличия СНиП 3.06.07-86 от ВСН 122-65 приведены ниже:

1. Была отменена привязка к длине пролета. Теперь испытаниям при приемке в эксплуатацию подлежали только мосты с опытными и впервые применяемыми конструкциями. Испытания остальных мостов, имеющих большие пролеты или большую повторяемость основных несущих элементов, следовало проводить только по решению приемочных комиссий, а также по требованию проектных и эксплуатирующих организаций.
2. Была установлена необходимость проведения регулярного обследования мостов, находящихся в эксплуатации, с периодичностью, устанавливаемой ведомственными руководствами по текущему содержанию.
3. Для сооружений, запроектированных по нормам до 1962 года (по допускаемым напряжениям), верхняя граница величины испытательной нагрузки повышена до 120% от проектной вертикальной нагрузки с динамическим коэффициентом.
4. Нижняя граница величины испытательной нагрузки снижена с 80 до 70% от временной вертикальной нагрузки с динамическим коэффициентом. Это было связано с совершенствованием методов расчета и измерительного оборудования, которые позволили повысить точность оценки параметров напряженно-деформированного состояния конструкции под действием испытательной нагрузки. Соответственно, теперь для подтверждения прочности конструкции не требовалось загружать пролетные строения моста на 100% от расчетной нагрузки.

5. В главе испытаний был введен новый раздел — «Обкатка» и порядок ее проведения. Несмотря на кажущуюся простоту проведения обкатки и относительно небольшого объема проводимых измерений, это очень важный раздел, так как под категорию обкатки попадали не менее 95% от общего количества железнодорожных мостов, а также все автомобильные мосты под нагрузку АБ.

СНиП 3.06.07-86 без изменений применялся на протяжении 26 лет вплоть до 2013 года, когда в соответствии с Федеральным законом № 184-ФЗ была разработана и вступила в действие его актуализированная редакция — Свод правил СП 79.13330.2012 (рис. 4). За 12 лет к этому документу было введено уже пять изменений. Если за ними проследить, то видно, что отдельные введенные положения через несколько лет возвращались на исходную позицию либо подвергались дальнейшей корректировке.

В СССР актуализация стандартов проводилась раз в 5–10 лет, т. е. по мере накопления инноваций. Сегодня же, согласно действующему законодательству, периодичность внесения изменений в своды правил не регламентирована. Изменения разрабатываются и утверждаются в порядке, установленном в соответствии с приказом Минстроя РФ № 858/пр от 26.11.2021. Инициатива по актуализации нормативных документов принадлежит как научному сообществу, так и производственным организациям. Достаточно подготовить соответствующее обращение и попасть в план разработки и актуализации стандартов.

Необходимо отметить важный момент — разработка изменений к СП может осуществляться как за счет бюджетных средств, так и за счет внебюджетных источников. Это означает, что организация, обосновавшая внесение изменений, фактически может за свой счет профинансировать и таким образом пролоббировать внесение в стандарт выгодных для себя изменений.

Какие же основные изменения были внесены в СП 79.13330.2012 по сравнению со СНиП 3.06.07-86?

Во-первых — это корректировка категорий мостов, подпадающих под испытания. С 2012 года испытаниям при приемке в эксплуатацию подлежат мосты с опытными и впервые применяемыми технологиями и материалами, вантовые, висячие, совмещенные и разводные, т. е. мосты сложных статически неопределимых систем, предполагающих при проектировании сложный поэтапный расчет порядка монтажа, а также все пешеходные мосты. Кроме того, произошел частичный возврат к положениям 1965 года, а именно — к зависимости испытаний от длины пролета. Испытаниям подлежат стальные мосты с пролетами свыше 100 м, сталежелезобетонные — свыше 80 м, железобетонные — свыше 50 м.



Рис. 4. Эволюция нормативной документации по обследованиям и испытаниям мостов с 1962 года по настоящее время

С 2017 года (Изменение № 1) под испытания попадают мосты и трубы из композитных материалов. С 2020 года (Изменение № 2) дополнительно снижен порог длины пролетов сталежелезобетонных мостов с 80 до 60 м.

Необходимо отметить, что в 2021 году введен в действие ГОСТ Р 59618.2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила обследований и методы испытаний», в котором перечень мостов, подпадающих под испытания, был еще более расширен. Зависимость от длины была оставлена только для балочных и плитных мостов. Длины пролетов снова снижены: железобетонные мосты — до 33 м, а стальные и сталежелезобетонные при их расположении на кривой радиусом менее 60 м, соответственно, до 60 и 45 м. Под испытания также попали гофрированные конструкции с пролетом более 16 м, арки и замкнутые контуры — более 12 м.

Таким образом, в России четыре года имел место своего рода «нормативный конфликт». Два документа имели пересекающуюся область применения, но существенные отличия по перечню мостов и по испытательным нагрузкам. Кроме того, ГОСТ Р имеет приоритет над СП в иерархии нормативной документации. На практике это приводило к ситуациям, когда заказчик требует для ЗОС проведения испытаний (в соответствии с ГОСТ Р 59618), а у подрядчика деньги на данные работы по прошедшей госэкспертизу смете не заложены, так как мост по СП 79.13330.2012 под испытания не подпадает.

Только в декабре 2024 года с введением в действие Изменения № 5 к СП 79.13330.2012 была выполнена частичная гармонизация двух документов. Частичная — потому что не все положения приведены в полное соответствие

с ГОСТ Р 59618. Для железобетонных мостов длина пролета была снижена только до 42 м. Кроме того, возвращены испытания деревянных мостов, мосты метрополитена и мосты под нагрузки АБ переведены из разряда обкатываемых в испытываемые, а также впервые введено требование к проведению испытаний мостовых сооружений из такого не очень нового, но весьма сомнительного для мостостроения материала, как алюминиевые сплавы.

Отдельно необходимо отметить, что с 2025 года из СП 79.13330.2012 удален раздел «обкатка мостов». Это было требованием заказчика разработки Изменения №5 — ОАО «РЖД». На железных дорогах РФ порядка 95–98% мостов сооружаются с применением типовых железобетонных и металлических балок и ферм. Если раньше они в обязательном порядке должны были обкатываться, то теперь — нет. Смысл такого «усовершенствования» вполне ясен — существенная экономия затрат и времени. Аргументация — незачем испытывать типовые, многократно проверенные конструкции. Однако за рамками этого остается самый главный вопрос — **качества монтажа**.

Второе направление совершенствования СП 79.13330.2012 — это постепенная корректировка уровня интенсивности испытательных нагрузок. Прежде всего автомобильных, так как железнодорожные испытательные нагрузки не изменялись — остались на уровне «максимальных обкатываемых».

С автомобильными нагрузками ситуация следующая. Сначала, в 2012 году, было выполнено их разделение по типу испытаний — приемочное (новый мост) либо плановое (эксплуатируемый мост). Для испытаний эксплуатируемых сооружений установили диапазон 60-100% для норм

проектирования до 1962 года и 60-80% для норм после 1962 года. С 2025 года разделение испытаний на приемочные и плановые снова устранено, и теперь все мосты подчиняются единым правилам. Для приемочных испытаний был установлен диапазон от 60 до 80% для железобетонных и сталежелезобетонных мостов и 60-90% — для стальных, а также для деревянных и композитных мостов. В 2025 году для металлических гофрированных конструкций введен необычно широкий диапазон нагрузок — 40–90% от нормативной, что является копированием ГОСТ Р 59618.

С испытательными нагрузками для пешеходных мостов ситуация еще интереснее. С 2012 по 2017 год испытательная нагрузка составляла от 50 до 90% от нормативной пешеходной. В 2017 году при введении в действие Изменения № 1 к СП 79.13330.2012 сделали то, чего никогда ранее при статических испытаниях не было — статическая нагрузка полностью исчезла, а испытание пешеходных мостов стало допустимым проводить путем построения экспериментальных линий влияния, т. е. перемещением по прогожей части точечного (легкого) груза с фиксацией в каждой точке параметров НДС и последующим теоретическим расчетом грузоподъемности моста по полученным данным. Такой подход в корне противоречил самой сути испытаний — экспериментальному подтверждению надежности смонтированной конструкции с позиции прочности. К счастью, эта норма просуществовала недолго, и с 2021 года, сначала в ГОСТ Р 59618, а затем, с 2025 года, в СП 79.13330.2012 мы снова и, надеюсь, окончательно, вернулись к статической нагрузке на уровне 50-80% от нормативной пешеходной.

Как видим, за 12 лет существования СП 79.13330.2012 претерпел больше изменений, чем все его предшественники вместе взятые.

По нашему мнению, основной недостаток, сохраняющийся в СП 79.13330.2012 — остающаяся зависимость необходимости проведения приемочных испытаний от длины пролета, что в корне неверно. Эту зависимость необходимо устранить. Нет ни одного исследования или научной публикации, доказывающих, что работа, например, стального моста с длиной пролета 101 м и 99 м настолько отличаются, что первый испытывать надо, а второй — нет.

Разработка СП 79.13330.2012 выполнялась в ЦНИИСе в 2011 году, но «из-за рыночных отношений» ее возложи-

ли не на профильную лабораторию испытаний мостов, а передали в другую. Возражения и предложения молодых инженеров-испытателей по поводу проведения испытаний вне зависимости от длины пролета были в большинстве своем проигнорированы.

Специалисты ООО «Нормативно-Испытательный Центр «Мосты» с 2017 года на безвозмездной основе участвуют в актуализации СП 79.13330.2012 и продолжают доказывать свою позицию, что при испытаниях необходимо отказать от привязки к длинам пролетов.

Напомним, что основная цель испытаний, что 150 лет назад, что сейчас, — это экспериментальная проверка надежности несущих конструкций с позиций прочности. Надежность конструкций, даже типовых и проверенных временем, зависит от качества как примененных материалов, так и монтажа. Последний фактор в настоящее время особенно актуален. В рыночных условиях определяющим параметром является цена, поэтому подряд на строительство достается тому, кто предложит меньшую стоимость. Обратная сторона низкой цены — снижение качества. В такой ситуации приемочные испытания — это последний рубеж, который позволяет дать комплексную оценку сооружению в целом.

Что же нас ожидает в недалеком будущем? Очередная актуализация СП 79.13330.2012 обязательно будет, возможно уже в этом году, и к ней надо быть готовыми. Мы предлагаем при дальнейшей актуализации СП 79.13330.2012 и ГОСТ Р 59618 отказаться от длин пролетов и выполнять при вводе в эксплуатацию испытание всех мостов за исключением построенных с применением сборных железобетонных балок заводского изготовления, качество которых подтверждается в заводских условиях путем их испытаний до разрушения. Также очень надеемся, что ОАО «РЖД» осознает тупиковый путь отказа от обкатки железнодорожных мостов и этот раздел вновь вернется в СП 79.13330.2012.

Мы уверены, что только при таком ответственном подходе к испытаниям возможно гарантировать эксплуатационную надежность всех мостов, сооружаемых на автомобильных и железных дорогах России!



Литература

1. ВСН 122-65 «Инструкция по обследованию и испытаниям мостов и труб».
2. ГОСТ Р 59618.2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Мостовые сооружения. Правила обследований и методы испытаний».
3. СНиП III-B.5-55 «Правила производства и приемки строительных работ. Специальные строительные работы. Мосты и трубы».
4. СНиП III-D.2-62 «Мосты и трубы. Правила организации и производства работ. Приемка в эксплуатацию».
5. СНиП 3.06.07-86 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний».
6. СП 79.13330.2012 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний. Актуализированная редакция СНиП 3.06.07-86».

БОЛТОКОМПЛЕКТ — ЧТО ЭТО ТАКОЕ?

А. С. АГЕЕВ, к. т. н.;
А. Ю. РАННИМОВ
(ООО «НПЦ мостов»)

ДВЕНАДЦАТЬ ЛЕТ НАЗАД ЭТОТ ТЕРМИН, ПРИДУМАННЫЙ В ООО «НПЦ МОСТОВ» ПРИ РАЗРАБОТКЕ СЕРИИ МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ ГОСТ 32484.1-2013 — ГОСТ 32484.6-2013, ВОШЕЛ В ОБРАЩЕНИЕ. ОН БЫЛ НОВЫЙ И ВНЕШНЕ ОЧЕВИДНО ОБОЗНАЧАЛ ОБЪЕДИНЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНОГО БОЛТА, ГАЙКИ И ШАЙБ К НИМ В ЕДИНОЕ ЦЕЛОЕ. ОДНАКО ПО ПРОШЕСТВИИ ДЛИТЕЛЬНОГО ВРЕМЕНИ С МОМЕНТА ВВЕДЕНИЯ В ДЕЙСТВИЕ ВЫШЕУКАЗАННЫХ МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ ЕАЭС, СТАНОВИТСЯ ВСЕ БОЛЕЕ ОЧЕВИДНО, ЧТО МНОГИЕ ПОТРЕБИТЕЛИ И ДАЖЕ ИЗГОТОВИТЕЛИ НЕ В ПОЛНОЙ МЕРЕ ПОНИМАЮТ ТЕХНИЧЕСКУЮ СУТЬ ДАННОГО ПОНЯТИЯ. ВОЗМОЖНО, ПО ЭТОЙ ПРИЧИНЕ МНОГИЕ ВЫКАЗЫВАЮТ СВОЕ НЕДОВОЛЬСТВО В АДРЕС СТАНДАРТОВ, ХОТЯ ПРИЧИНА НЕВВЕДЕНИЯ ИХ В СВОДЫ ПРАВИЛ ЛЕЖИТ В ОБЛАСТИ ОТНУДЬ НЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕРЕСОВ ОТДЕЛЬНЫХ ГРУПП СПЕЦИАЛИСТОВ.

Какое же понятие заключено в термине «болтокомплект», если даже переводчики Росстандарта не смогли в словаре языка оригинала зарубежного стандарта, давшего толчок к созданию серии межгосударственных стандартов, найти подходящий перевод для слов bolting assemblies, назвав их «болтовые соединения»? Для понимания технической сути, как самого термина, так и серии стандартов, посвященных ему, следует вдуматься в основной принцип, в цель и в задачи стандартизации — ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ изделий, изготовленных по одному стандарту, независимо от места происхождения изделий и места их применения.

Действительно, болты, гайки и шайбы должны быть «клонами» друг друга, неразличимыми по внешнему виду, соответствующими словесному описанию, приведенному в стандарте. Допустимые различия должны быть столь малы, чтобы не выходить за установленные стандартом допускаемые отклонения или диапазоны установленных значений показателей. В этом случае в рамках одного стандарта в соответствии с принципом взаимозаменяемости болты, изготовленные в пункте «А», должны без ограничений свинчиваться с гайками, изготовленными в пунктах «А», «Б», «В» и т. д. А происхождение шайб вообще не играет роли.

ЗАЧЕМ ЖЕ ТОГДА ВВОДИТЬ ПОНЯТИЕ «БОЛТОКОМПЛЕКТ»?

Болты, гайки и шайбы объединяет в «болтокомплект» технологическая характеристика — коэффициент закручивания (k-factor в международных стандартах), — ко-

торая характеризует эффективность преобразования усилия от крутящего момента, прикладываемого при затяжке болтокомплекта к наружному диаметру резьбы, в усилие осевого растяжения, возникающего в стержне болта — $K_s = M_{кр} / (P \times d_{болта})$. Величину коэффициента определяет состояние поверхности трущихся деталей болтокомплекта, а именно — контактных поверхностей в резьбовом соединении «болт — гайка» и между вращающейся гайкой (или головкой болта при затяжке за головку) и шайбой. На обоих участках трущихся поверхностей возникает равное сопротивление вращению в размере по 45–48% от всех потерь при приложении крутящего момента. Величина этого сопротивления зависит от шероховатости поверхностей, твердости трущихся поверхностей, а в резьбовом соединении «болт — гайка» и от сочетания отклонения фактических параметров резьбы от номинальных значений в пределах допускаемых отклонений. Именно идентичность (конечно, с незначительными допускаемыми отклонениями) этих характеристик болтов, гаек и шайб и дает основание объединять их в болтокомплект.

Вторым признаком, по которому болты и гайки объединяют в болтокомплект, является соотношение прочностных характеристик болта и гайки, а также твердость шайб. Начиная с ГОСТ Р 52643-2006, и в ГОСТ 32484.1-2013 в нашей стране, в отличие от европейских норм, заложен принцип большей прочности резьбы гайки в сравнении с прочностью резьбы болта. Это позволяет исключить возможность надрыва резьбы гайки в процессе затяжки на монтаже, которое зачастую невозможно заметить при производстве работ и выборочном контроле усилия затяжки. Результатом этого является

недотяжка болта и необеспеченность несущей способности болтоконтакта. Разные изготовители болтов и гаек могут поддерживать различные диапазоны рассеивания индивидуальных значений прочностных характеристик в пределах нормативного диапазона, которые в паре соответствуют поставленной в стандарте цели. Но сочетание болтов и гаек разных изготовителей может нести в себе риск несоответствия данному принципу. Например, в результате слишком малой разницы между прочностными характеристиками болта и гайки. Немаловажную роль играет и наличие на резьбе частичного обезуглероживания, которое по ГОСТ 32484.1 подлежит контролю на болте и гайке.

Из этого вытекают принципы комплектации болтокомплектов — изготовление резьбового соединения «болт — гайка» одним производителем и стабильность технологического процесса изготовления всех компонентов болтокомплекта, обеспечивающая стабильность прочности и состояния трущихся поверхностей. Только в этом случае будет обеспечена взаимозаменяемость компонентов болтокомплекта. Поэтому главной задачей при изготовлении болтов, гаек и шайб, объединяемых в болтокомплект, является обеспечение стабильности технологии изготовления.

Качество продукции при любом производственном процессе подчиняется закону нормального распределения. Поэтому статистические методы контроля качества продукции играют всю большую и большую роль в достижении цели любого предприятия — продвижения собственной продукции на рынке. Следовательно, для компонентов болтокомплектов необходимо осуществлять статистический контроль прочностных и технологических характеристик.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БОЛТОКОМПЛЕКТА

Изготовитель может быть недостаточно информирован о величине усилия, на которое производится предварительное натяжение болтокомплекта. В ГОСТ Р 53644 и ГОСТ 32484.1 устанавливают разные значения нижней границы временного сопротивления для болтов. ГОСТ Р 53644, написанный на основании ГОСТ Р 52643, приводит значение 1078 Н/мм², что получено умножением значения прочности из ГОСТ 22353, равного 110 кгс/мм², на 9,8 — переходной коэффициент между единицами «кгс» и «Н». ГОСТ 32484.1 ссылается на основополагающий стандарт ГОСТ Р ISO 898-1, где минимальное значение прочности принято 1040 Н/мм². При этом в практике мостостроения (мы говорим об отрас-

ли, в которой работаем) для наиболее часто используемых болтов М22 класса прочности 10.9 установлено, что усилие предварительного натяжения равно 220 кН. Поэтому при использовании болтов по ГОСТ Р 53644 проектировщики, не задумываясь, принимают это значение в качестве обязательного. А при использовании болтов по ГОСТ 32484, по непонятной причине, они рассчитывают усилие натяжения по Европейским нормам проектирования, как 0,7 от величины временного сопротивления. А в Евроноормах принято рассчитывать от номинального значения для класса прочности 10.9, равного 1000 Н/мм², что дает усилие натяжения 212 кН. Но номинальное значение временного сопротивления — это лишь вывеска, определяющая класс прочности. Минимальное же временное сопротивление, ниже которого болты являются не соответствующими стандарту, для класса прочности 10.9 в ГОСТ Р ISO 898-1 равно 1040 Н/мм². И значение усилия предварительного натяжения, рассчитанное как 0,7 от минимального значения, будет равно 220 кН.

Эта путаница прослеживается и у изготовителей болтокомплектов, которые стремятся выпускать болты с прочностными характеристиками в диапазоне со средним значением временного сопротивления близком среднему значению диапазона прочности по разным стандартам — 1078–1275 Н/мм² или 1040–1200 Н/мм². Это вынуждает их менять параметры термической обработки при изготовлении болтов по разным стандартам.

Диапазон рассеивания индивидуальных значений временного сопротивления, который необходимо поддерживать изготовителю, связан с диапазоном рассеивания индивидуальных значений коэффициента закручивания.

Поскольку коэффициент закручивания зависит от многих случайных факторов, то он в соответствии с ГОСТ 27751 и ГОСТ Р 54257 нормируется по среднему значению диапазона с обеспеченностью показателя 0,95, т. е. границы такого диапазона определяются величиной $\pm$ «два среднеквадратичного отклонения от среднего значения». В международных стандартах ASTM (США), EN (ЕС) и GB (Китай) для высокопрочного крепежа уже много лет нормируется допустимая величина среднеквадратичного отклонения, равная 0,01. Исходя из этого, ширина нормативного диапазона изменения коэффициента закручивания должна быть не более 0,04.

Физический смысл этого таков. Среднее значение диапазона является расчетным значением для определения величины крутящего момента для затяжки на нормативную величину предварительного натяжения. При этом до нормативного значения будут натянуты лишь те болты, индивидуальное значение коэффициента закручивания которых равно среднему значению диапазона. Болты с индивидуальным значением коэффициента закручивания,

равным верхней границе диапазона, будут недотянуты до нормативного значения на 11,4%, а со значением на нижней границе диапазона — перетянуты на 11,4%.

Для исключения недотяжки предусматривают перетяжку всех устанавливаемых болтов на 10%. Это теоретически снижает риск недотяжки отдельных болтов на незначительную величину 1,4%. При этом не учитывают снижения усилия натяжения болтов в первые сутки после затяжки в результате релаксации в них усилий на 2–4%. Полагают, что это компенсируется неточностью приложения крутящего момента динамометрическим ключом и что рабочие всегда стремятся перетянуть болт больше, чем на 10%. Предельная величина допустимой перетяжки — 20%. Что же касается болтов с индивидуальным значением коэффициента закручивания на нижней границе диапазона, то они могут быть перетянуты на 21,4–31,4%.

Таким образом, в высокопрочных болтах при предварительном натяжении могут возникать рабочие напряжения в диапазоне от 0,7 до 1,0 величины нормативного значения минимального временного сопротивления, предусмотренного стандартом. Следовательно, изготовитель должен это учитывать и назначать свой нормативный диапазон значений временного сопротивления болтов и гаек таким образом, чтобы в болтах никогда не были достигнуты напряжения более 0,85–0,9 величины предусмотренного стандартом минимального временного сопротивления. При этом верхняя граница диапазона прочностных характеристик ограничена предельной величиной твердости стержня болтов. Соответственно, и гайки должны быть прочнее болтов. При заводских испытаниях целых болтов на разрыв с применением стандартных гаек разрушение во всех случаях должно происходить по стержню болта, и без среза резьбы болта или гайки.

Столь экстремальные условия работы болтов и гаек показывают ответственность изготовителя болтокомплекта за соблюдение нормируемого им самим диапазона рассеивания индивидуальных значений временного сопротивления и коэффициента закручивания. Из этого следует сделать важный вывод, что в болтокомплекте резьбовое соединение болта и гайки и их термообработка должны быть произведены одним изготовителем.

НОРМИРУЕМЫЙ ДИАПАЗОН КОЭФФИЦИЕНТА ЗАКРУЧИВАНИЯ

Предельные значения коэффициента закручивания ограничены чисто техническими факторами. Минимально допустимое значение коэффициента, изначально принятое в 1997 году равным 0,11, обусловлено тем, что

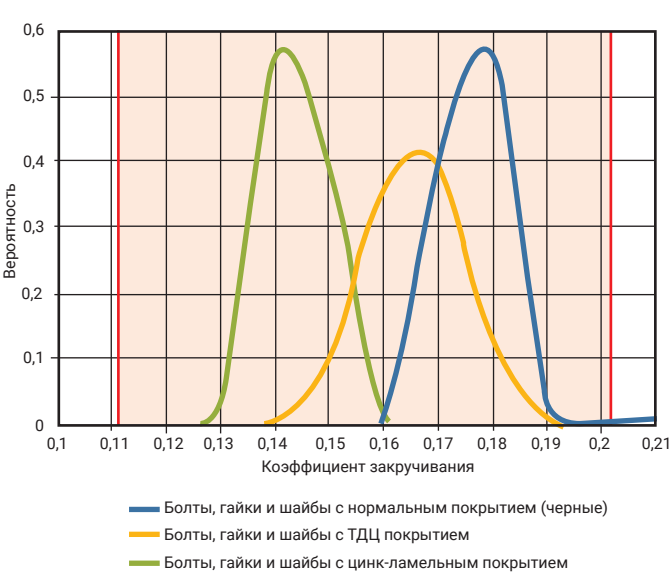


Рис. 1. Расположение нормируемых диапазонов рассеивания индивидуальных значений коэффициента закручивания, шириной 0,04, для болтокомплектов с разным состоянием поверхности резьбы в рамках общего допустимого диапазона значений 0,11-0,20

при действии циклических динамических нагрузок на железнодорожных мостах происходит саморазвинчивание гаек и ослабление натяжение болтов. Это приводит к снижению несущей способности болтовых соединений. Максимально допустимое значение коэффициента закручивания 0,20 в отечественной практике определено тем, что при более высоких значениях становится невозможным обеспечить плавное натяжение болта. Высокая сила трения, присущая значениям коэффициента выше 0,20, создает «закусывание» гайки, которое преодолевается рывками.

Указанный диапазон дает широкие возможности для изготовителя применять смазки и покрытия на болтокомплектах для регулирования и стабилизации коэффициента закручивания. Но, независимо от отсутствия или наличия и типа покрытия и смазки, ширина нормируемого диапазона для любого выбранного изготовителем варианта состояния поверхности изделий должна быть ≤ 0,04. И эти нормируемые диапазоны для изделий с разным состоянием поверхности должны быть расположены между предельно допустимыми граничными значениями 0,11–0,20, т. е. граничные значения любого множества диапазонов не должны выходить за 0,11 и 0,20.

Границы и среднее значение фактического диапазона рассеивания индивидуальных значений с обеспеченностью 0,95 определяются при статистическом анализе

представительного количества результатов заводских приемочных испытаний. В математической статистике оценку доверительного интервала и математического среднего рекомендуют производить при выборке не менее 100 единиц. Применительно к производству крепежных изделий целесообразно говорить о первичном сборе информации для статистического анализа в течение не менее месяца с последующим еженедельным — ежемесячным пополнением аналитических данных. По величине среднеквадратичного отклонения и среднего значения, периодически рассчитываемых по мере накопления данных, легко выявить последствия изменения каких-либо параметров технологических операций и принять меры для стабилизации технологического процесса.

Наиболее существенное влияние на рассеивание индивидуальных значений коэффициента закручивания оказывает износ резьбообразующего инструмента для болтов и гаек, что приводит к изменению параметров резьбы, от номинальных значений до предельных максимальных допусков. Это приводит к уплотнению резьбы и повышению коэффициента закручивания. Разное время замены инструмента на многошпиндельных станках и перемешивание изготовленных изделий с разной степенью плотности резьбы приводит к тому, что при приемочных испытаниях на коэффициент закручивания отбирают изделия со случайными параметрами резьбы.

Для малой выборки (5–10 болтокомплектов) определяют коэффициент вариации, показывающий, на сколько процентов крайние значения результатов испытаний этой выборки отличаются от среднего арифметического значения. Положительным результатом приемочных испытаний на коэффициент закручивания является то, что все результаты находятся внутри нормируемого диапазона, а коэффициент вариации не превышает 0,1. В отличие от среднеквадратичного отклонения, которое является инструментом внутреннего производственного контроля изготовителя за стабильностью технологии в течение длительного периода, коэффициент вариации является инструментом внутренней экспресс-оценки однородности каждой принимаемой партии, позволяющей оперативно корректировать технологию изготовления почти в те же сутки.

Напомним, что нормируемый диапазон шириной 0,04 обеспечивает гарантированное соответствие 95% изготовленных изделий. Поэтому 5% изделий могут иметь значения коэффициента закручивания выше или ниже граничных значений. Это учтено при двухступенчатом приемочном контроле, при котором на первой ступени партию бракуют при двух отрицательных результатах из пяти испытаний, а при повторных испытаниях на второй

ступени удвоенного количества партию принимают при одном отрицательном результате и бракуют при двух отрицательных результатах.

По малой выборке в силу законов математической статистики нельзя определить среднестатистическое значение для диапазона 0,04. Поэтому практика ряда специалистов и строительных организаций, определяющих расчетное значение коэффициента закручивания для каждой партии по результатам испытаний из документа о качестве или по собственным испытаниям пяти образцов, является порочной, поскольку дает недостоверный результат. Выбранные наугад образцы могут с равной степенью вероятности оказаться по своим индивидуальным значениям коэффициента закручивания вблизи одной или другой границы нормируемого изготовителем диапазона. Из рис. 2 видно, что независимо от диапазона разброса индивидуальных значений пяти болтов (ширина заштрихованных прямоугольников) среднее значение показателя по пяти случайно отобранным образцам не будет соответствовать среднему значению генеральной совокупности, полученному при испытании большого количества образцов в течение длительного времени. Среднее арифметическое значение случайной выборки по пяти образцам может значительно отличаться от среднего значения диапазона, что приведет либо к массовой недотяжке болтов, либо к разрушению части их при затяжке.

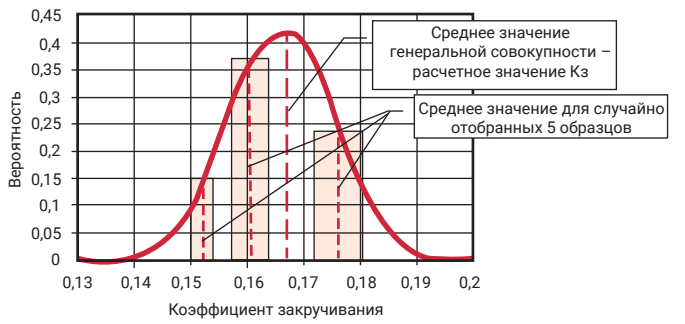


Рис. 2. Случайный характер результатов приемочных испытаний пяти образцов

Поэтому интересен вопрос об однородности каждой партии в части близости к среднему значению коэффициента закручивания, определенному для генеральной совокупности. А это зависит от размера партии. В ГОСТ 32484.1 объем партии болтов и гаек может достигать 35 тыс. штук. Помним, что наиболее существенное влияние на коэффициент закручивания оказывает колебание размеров резьбы из-за износа резьбообразующего инструмента. Поэтому можно уверенно сказать, что в

партии, где количество изделий больше или соизмеримо с нормативным количеством цикла замены инструмента, мы увидим весь спектр изменения параметров резьбы, при испытании на коэффициент закручивания изделий из такой партии болтокомплектов мы с большей точностью получим среднее значение нормируемого диапазона. При малом объеме партии, после замены инструмента в каждой последовательно изготовленной партии мы будем наблюдать постепенное увеличение коэффициента закручивания из-за постепенного увеличения плотности резьбы. Каждая партия будет более однородна, но будет иметь разное среднее значение показателя. И возникает желание по пяти испытанным образцам установить расчетное значение коэффициента закручивания для каждой партии в отдельности. Но недопустимость этого, из-за нецелесообразности затягивать на стройплощадке каждую новую партию разным крутящим моментом, была понятна еще с 70-х годов, с момента начала применения высокопрочного крепежа. Поэтому в нормативных документах по сборке фрикционных соединений на высокопрочных болтах в мостостроении того времени было указано общее для всех заводов-производителей крепежа расчетное значение показателя для болтов, гаек и шайб без покрытия, равное 0,175. И это значение было получено при статистической обработке результатов испытаний большого количества образцов в сумме на трех заводах, выпускавших в то время высокопрочный крепеж для мостостроения.

Следует подчеркнуть, что среднее значение диапазона, которое в силу требований ГОСТ 27751 и ГОСТ Р 54257 является расчетным значением коэффициента закручивания для расчета крутящего момента затяжки болтокомплекта, может определить только изготовитель болтокомплекта, на основании большой по размеру генеральной совокупности за длительный период времени, и довести это значение до сведения потребителя.

Поскольку величина нормируемого диапазона рассеивания и расчетное значение коэффициента закручивания определяется при использовании аппарата математической статистики, который оперирует с единицами изделий, то и объем партии следует нормировать в «штуках» изделий, а не в тоннах.

КОМПЛЕКАЦИЯ БОЛТОКОМПЛЕКТОВ

Комплектация партии болтокомплектов производится из партий болтов, гаек и шайб, прошедших полную проверку качества и признанных пригодными как для продажи раздельно, так и в составе болтокомплектов. Поскольку общей для болтокомплекта является только

технологическая характеристика — коэффициент закручивания, то болты, гайки и шайбы являются самостоятельными изделиями, имеющими самостоятельные номера партий, прошедших по отдельности весь комплекс испытаний. Следовательно, на партии болтов, гаек и шайб должны быть оформлены отдельные документы о качестве, ссылки на которые должны быть указаны в документе о качестве партии болтокомплектов.

Болт является основным несущим элементом болтокомплекта. Партия болтокомплекта формируется на основе одной партии болтов.

По поводу формирования болтокомплектов гайками и шайбами имеется несколько точек зрения. Различия имеются в вопросе допустимости кооперации различных производителей при изготовлении гаек. Исходя из того, что резьбовое соединение болтокомплекта и его термообработка должны производиться одним исполнителем, мы допускаем закупку изготовителем болтокомплекта заготовок гаек до образования резьбы и термообработки у стороннего изготовителя. Сторонники другой точки зрения настаивают на том, чтобы и заготовка гаек производилась изготовителем болтокомплекта. Это требование ставит изготовителей в жесткие условия конкуренции, исключаящие взаимопомощь.

Более того, это требование легко обойти, закупая заготовку гаек с нанесенной на ней своей маркировкой. Существует и встречное возражение о том, что с нужной маркировкой можно закупать и готовую гайку с резьбой. Но такая гайка нарушает принцип «изготовления резьбового соединения одним изготовителем», и ее уже следует признать готовым изделием. Заготовка гайки без резьбы — это лишь полуфабрикат. Такой спор не имеет разрешения, если изготовители не будут соблюдать принципы добросовестной конкуренции. Интересно отметить то, что в вопросе допустимости закупок у стороннего изготовителя шайб с нужной маркировкой для комплектации болтокомплектов ни у кого нет возражений.

Здесь можно лишь обратить внимание на то, что в промышленном производстве технически сложных и ответственных изделий многие предприятия прибегают к внутригосударственной и даже международной кооперации. И это решается на основе тщательной и всесторонней проверки поставщика и признания его продукции соответствующей требованиям. При этом предприятие, пользующееся услугами стороннего изготовителя, осуществляет приемочный контроль как закупаемой продукции или полуфабрикатов, так и своей продукции, в которой есть вклад стороннего предприятия. Ответственность, возлагаемая на изготовителя болтокомплекта, вынуждает его проявлять должную осмотрительность.

Интересен вопрос и о выборе гаек и шайб для комплектации партии болтокомплектов. Как уже было сказано, партии гаек и шайб каждая в отдельности проходят приемочный контроль и, признанные соответствующими стандарту, являются взаимозаменяемыми с любыми партиями такого же типоразмера. По прочностным и технологическим характеристикам они также признаны соответствующим нормируемым диапазонам рассеивания индивидуальных значений. Поэтому в международных нормах выбор партии гаек и шайб для партии болтов осуществляется «по документам», т. е. выбираются любые партии гаек и шайб со склада.

Этим подтверждается тезис о том, что при стабильной технологии изготовления, контролируемой физическими и статистическими методами, вся продукция одного типоразмера, прошедшая приемочный контроль в установленном порядке, ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМАЯ.

Признание (и подтверждение) этого позволяет изготовителю исключить операцию упаковки болтов, гаек и шайб в одну тару, что приводит к удорожанию продукции. Достаточно на одной паллете отгрузить тару с комплектующими партиями болтов, гаек и шайб в со-

проведении единого документа о качестве на каждую паллету. Выбор способа отгрузки является решением изготовителя и потребителя. И в этом их не следует ограничивать.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Введение понятия «болтокомплект» в практику отечественного строительства во многом меняет подход к изготовлению и применению высокопрочного крепежа. К сожалению, в своды правил на проектирование металлических конструкций общестроительного и транспортного назначения до настоящего времени не внесены ссылки на ГОСТ 32484.1-2013 — ГОСТ 32484.6-2013, на единственные отечественные стандарты, определяющие понятие «болтокомплект». Поэтому эти стандарты до настоящего времени не прочитаны и не осмыслены большей частью специалистов отрасли, в своей работе ориентирующихся на устаревшие нормативные документы.

ООО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР МОСТОВ»
(ООО «НПЦ мостов»)

Основные партнеры – лидеры российского мостостроения – организации Транспортного дивизиона Группы компаний «НАЦПРОЕКТСТРОЙ» – АО «Дороги и мосты», АО «Мостострой-11», АО Группа «ВИС», УК «БАМСТРОЙМЕХАНИАЦИЯ» и др.

Разработана технология сборки и сварки более чем для 500 объектов транспортного строительства.

Разработано **12** национальных и межгосударственных стандартов и более **20** стандартов организаций

+7 (812) 456-38-06
info@spbnpc.ru
www.npcmostov.ru

К ВОПРОСУ О ДИНАМИКЕ МОСТОВ

На горизонте, будто стальной великан,
Мост возвышается, гордый и могучий,
Легко скользит по небу его тень,
Как древний страж, что века хранит и учит.

Творчество искусственного интеллекта про мосты

Д. Г. ФИЛИМОНОВ,
генеральный директор АО ЦНИИТС;
Ю. В. НОВАК,

к. т. н., зам. генерального директора АО ЦНИИТС по научной работе,
руководитель направления по мостовым сталям УК «Уральская Сталь»

ГОРОДСКИЕ МОСТЫ — ЭТО ОТДЕЛЬНАЯ КАТЕГОРИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ, К КОТОРЫМ ПРЕДЪЯВЛЯЮТСЯ ОСОБЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО АРХИТЕКТУРЕ. ОНИ ДОЛЖНЫ БЫТЬ УКРАШЕНИЕМ ГОРОДА И ПОСТРОЕНЫ ПО ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ПРОЕКТАМ. ПРИ ЭТОМ ВСЕ НЕСТАНДАРТНЫЕ МОСТЫ ПО СП 79 ДОЛЖНЫ БЫТЬ ИСПЫТАНЫ. РАССМОТРИМ ВОПРОС ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПЕШЕХОДНЫМ МОСТАМ.

Особое внимание при испытаниях пешеходных мостов должно быть уделено, безусловно, исследованию динамических параметров колебаний пролетного строения, оценка частот собственных колебаний с целью выполнения требований СП 35.13330 п. 5.48 о непопадании в запрещенный диапазон периодов колебаний 0,45–0,60 с (1,67–2,22 Гц).

Конечно, самые красивые пешеходные мосты — в Санкт-Петербурге, но и Москва также старается украсить свои улицы оригинальными пешеходными мостами. Один из самых новых мостов в Москве — пешеходный через водоотводной канал Москвы-реки, соединяющий стрелку Золотого острова и Крымскую набережную у подножья памятнику Петру I. Объект запроектирован специалистами ООО «Интермост», построен мостовиками СТМ «Центр» в 2024 году. Оригинальность сооружения состоит в том, что главный несущий элемент его конструкции — это полая стальная арка с ортотропной плитой прохожей части, пролет моста — 53,5 м, габарит — 6,134 м. Главная арка выполнена в виде стальной коробчатой балки, расположенной по оси моста с консолями. Сооружение отлично вписалось в существующую старую застройку набережных канала. Мост выполнен из стали марки 10ХСНД-3 класса С390 производства АО «Уральская Сталь».

Динамические испытания моста были проведены 17 апреля 2024 года. Целью их являлось: экспериментальное определение фактических динамических параметров несущих конструкций; разработка компьютерной



Фото 1. Общий вид моста через водоотводной канал Москвы-реки

модели пролетного строения моста, а также сравнение измеренных частот с требованиями СП 35.13330 в части непопадания в запрещенный диапазон частот 0,45–0,6 с (1,67–2,22 Гц); сопоставление измеренных и расчетных частот колебаний пролетного строения.

Были выполнены следующие работы:

1. Разработана компьютерная модель пролетных строений для назначения характерных сечений.

2. Проведены вибродинамические испытания всех пяти сечений пролетного строения с измерением динамических характеристик.

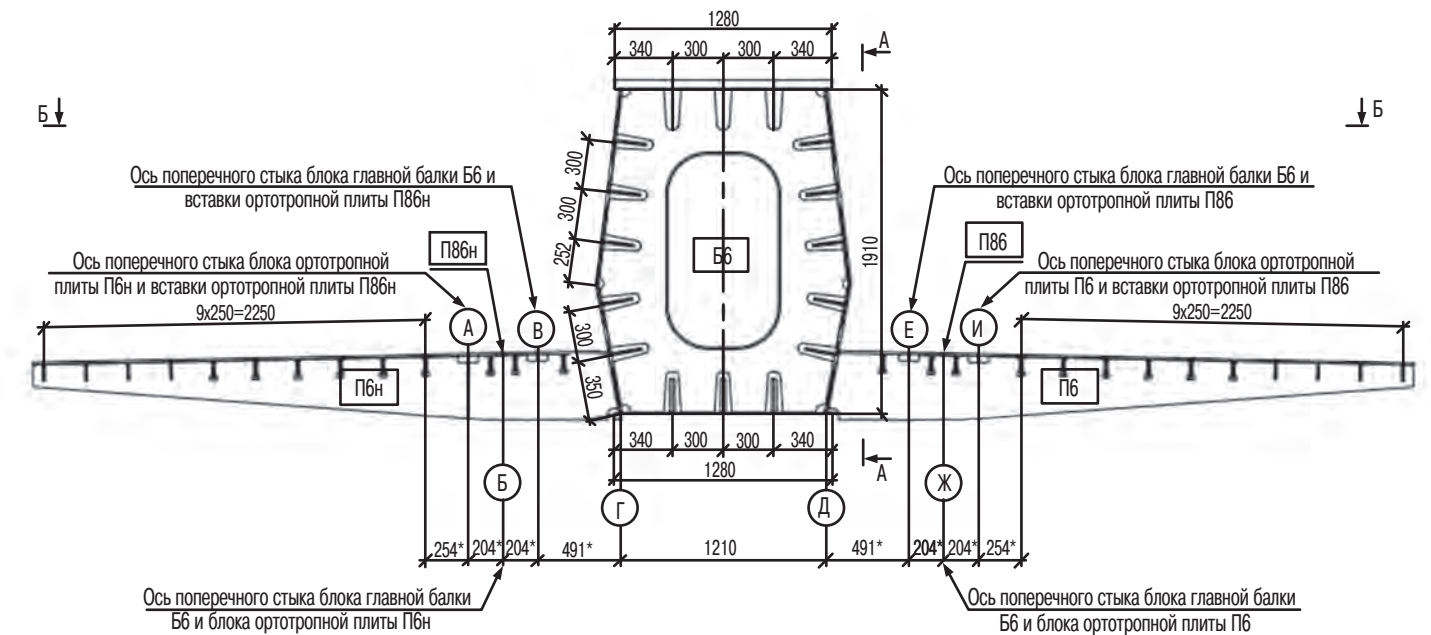


Рис. 1. Схема поперечного сечения

3. Определены теоретические значения частот форм колебаний пролетного строения.

4. Выполнено сопоставление расчетных величин частот по формам колебаний и полученных экспериментальных данных.

5. Дано сравнение экспериментально полученных частот (периодов колебаний) с требованиями СП 35.13330.

Полученные данные в дальнейшем были использованы при оценке динамической жесткости и комфортности прохода по мосту. В соответствии с требованиями СП 35.13330.2011, СП 79.13330.2012 и СП 274.1325800.2016 «Мосты. Мониторинг технического состояния» (2016) и ГОСТ Р 52892 «Вибрация и удар. Измерение вибрации и оценка ее воздействия на конструкции» (2014) выполнены следующие работы:

1. Испытания динамической импульсной нагрузкой, которая создавалась пешеходами весом по 100 кгс на пролет по пяти сечениям — устой № 1, ¼ пролета балки, ½ пролета балки, ¾ пролета балки и устой № 2. Для этого последовательно в сечениях пролета были установлены по три трехосевых акселерометра, входящие в состав мобильного измерительного комплекса вибродиагностики сооружений информационно-измерительной системы (МКВС-ЦНИИТС; выражаю благодарность фирме «Бау-мониторинг» за уникальные датчики). См. фото 2 и 3. Вибродатчики размещались последовательно в пяти сечениях вдоль моста с учетом того, что в каждом сечении было по 3 датчика — по краям консолей и в центре. Импульсная нагрузка создавалась по очереди

на каждой консоли что бы инициировать не только изгибные но и крутильные колебания..

2. Разработана компьютерная модель моста и выполнены расчеты. Модальный анализ форм колебаний пролетного строения.

3. Сопоставление данных эксперимента и расчетов моста. Анализ результатов и рекомендации по эксплуатации.

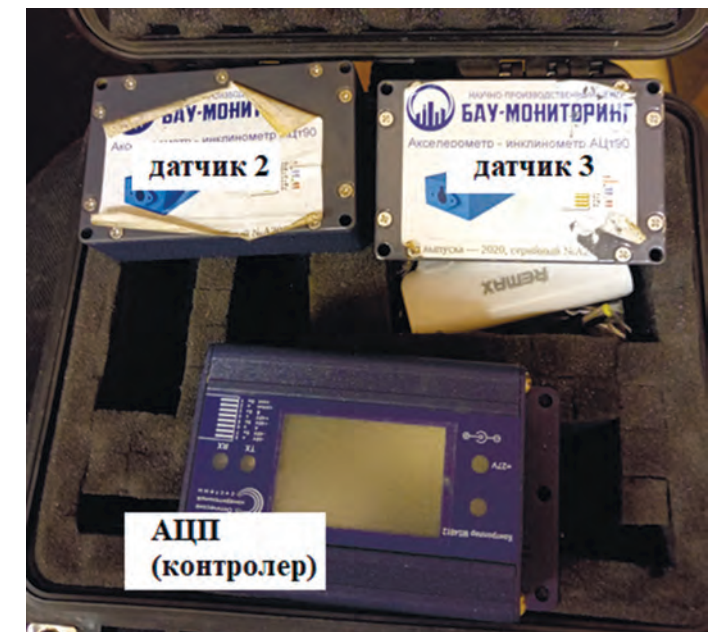


Фото 2. Информационно-измерительная система (МКВС)



Фото 3. Расположение датчиков на пролетном строении

До начала испытаний выполнены расчеты собственных частот колебаний по методу КЭ (программный комплекс Cosmos/M). Результат показан на рис. 3–6. Собственная расчетная частота колебаний по первой изгибной форме составила 2,85 Гц (0,35 с).

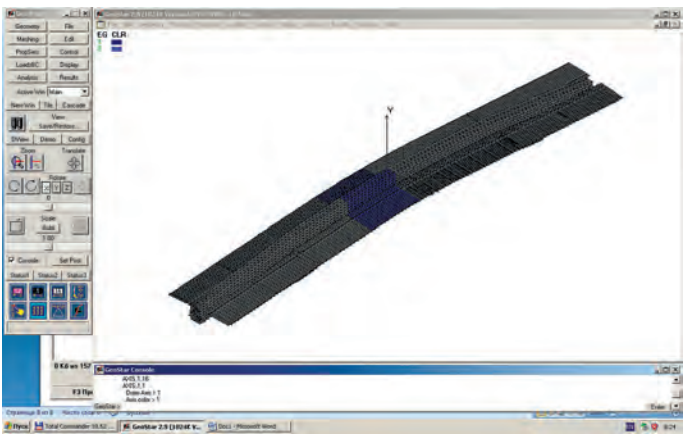


Рис. 3. Компьютерная модель пролетного строения по методу КЭ (вид 3D)

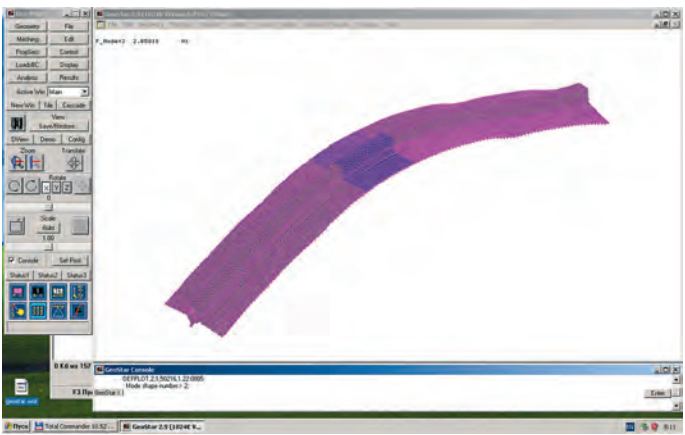


Рис. 4. Расчет. 1-я изгибная форма колебаний, частота 2,65 Гц

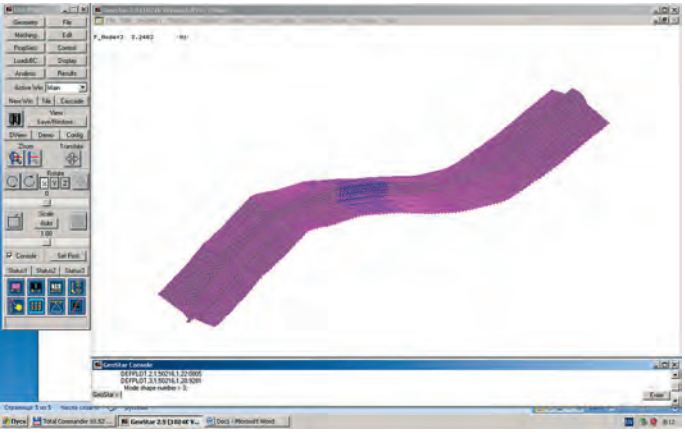


Рис. 5. Расчет. 2-я изгибная форма колебаний, частота 3,24 Гц

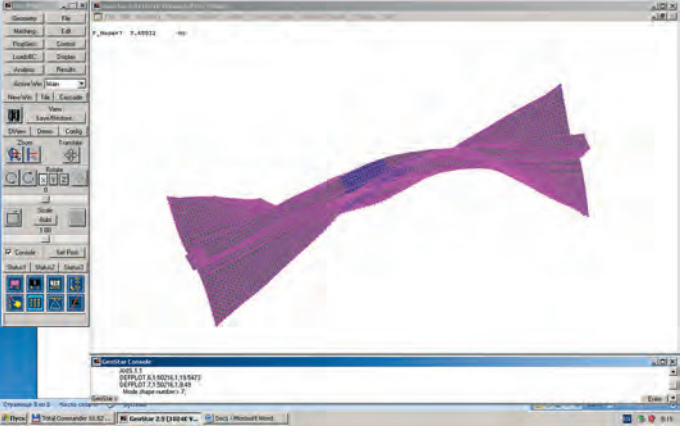


Рис. 6. Расчет. 1-я крутильная форма колебаний, частота 7,46 Гц

Результаты динамических испытаний представлены на рис. 7–8 в виде спектров ускорения м/с². Сравнение экспериментальных и расчетных частот колебаний сведено в табл. 1.

Таблица 1.
Результаты расчетов и динамических испытаний

№	Форма (мода) колебаний	Частота, Гц, эксперимент	Частота, Гц, расчетная	Декремент	Амплитуда м/с ²
1	2	3	4	5	6
1	1-я изгибная	2,75	2,65	0,043	X = 0,59 Y = 0,15 Z = 0,37
2	2-я изгибная	3,25	3,24		
3	1-я крутильная	8,00	7,46		

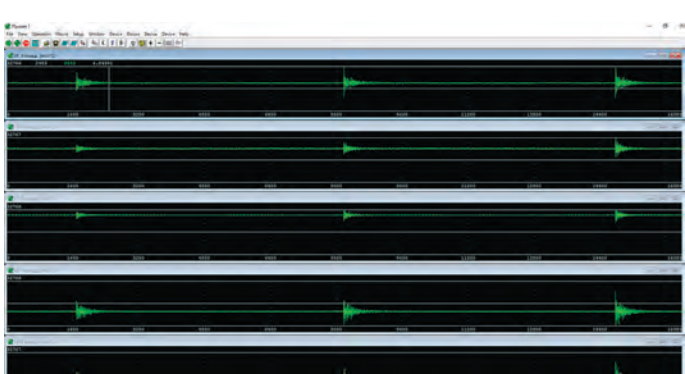


Рис. 7. Пример сигналов, зарегистрированных с датчиков. По оси X – время, по оси Y амплитуды колебаний

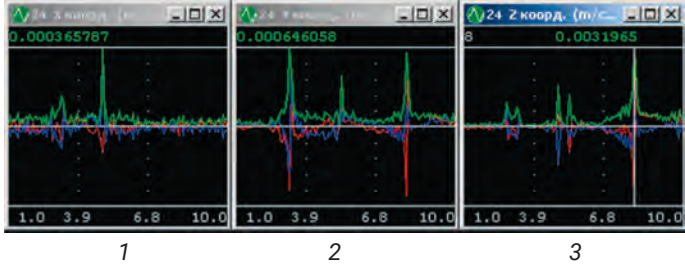


Рис. 8. Спектр сигнала. 4-й датчик, середина пролета, левая консоль, импульс на левой консоли (слева направо): 1 – поперечные колебания, 2 – продольные колебания, 3 – вертикальные колебания. По оси X – частота в Гц, по оси Y – амплитуда ускорений в м/с²

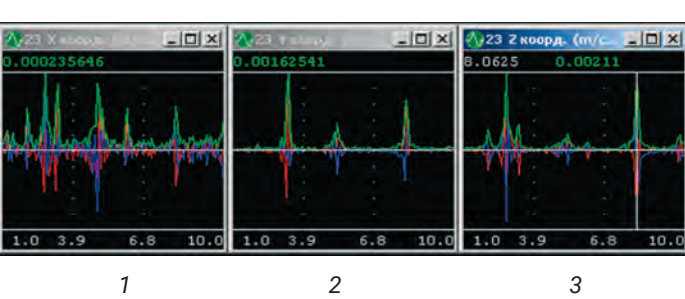


Рис. 9. Спектр сигнала. 3-й датчик, середина пролета, центр балки, импульс на правой консоли (слева направо): 1 – поперечные колебания, 2 – продольные колебания, 3 – вертикальные колебания. По оси X – частота в Гц, по оси Y – амплитуда ускорений в м/с²

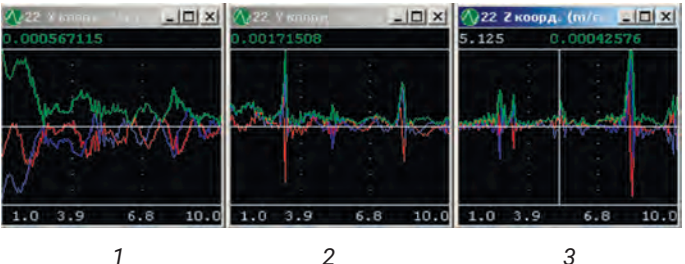


Рис. 10. Спектр сигнала. 2-й датчик, середина пролета, правая консоль, импульс на правой консоли (слева направо): 1 – поперечные колебания, 2 – продольные колебания, 3 – вертикальные колебания. По оси X – частота в Гц, по оси Y – амплитуда ускорений в м/с²

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Как показал анализ, частота собственных колебаний пролетного строения по 1-й изгибной форме колебаний моста по данным испытаний равна 2,75 Гц. Расчетное значение частоты 1-й формы колебаний – 2,65 Гц. Таким образом, согласно испытаниям и расчетам, по динамическим параметрам пролетное строение моста работает в соответствии с расчетной схемой. Декремент колебаний составляет 0,043. Требования СП по декременту колебаний, равные 0,10, выполнены.

2. Согласно требованиям основного нормативного документа СП 35, периоды колебаний пешеходного моста не должны находиться в пределах 0,45–0,6 с. Это соответствует 1,67–2,22 Гц. Значение частоты собственных колебаний моста не попадает в запрещенный диапазон по СП 35.13330.

Таким образом, динамическими испытаниями доказано, что пролетное строение работает в полном соответствии с требованиями нормативных документов (СП 79.13330.2012 и СП 35.13330.2011) и проектом – и может эксплуатироваться без ограничений.



ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОСТАВКИ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА ИЗ СТАЛИ МАРКИ 10ХСНД ПО ГОСТ 6713-2021 ДЛЯ МОСТОСТРОЕНИЯ НА ОСТАТОЧНЫЕ ПОСЛЕСВАРОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ

Н. В. КОБЕРНИК¹, д. т. н., Л. И. ЭФРОН², д. т. н., С. А. КОРОЛЕВ¹, к. т. н., А. Г. КРАВЧЕНКО²

¹ ФГАУ «НУЦСК при МГТУ им. Н. Э. Баумана», Москва, Россия (korolevsa@bmstu.ru)

² АО «Объединенная металлургическая компания», Москва, Россия (kravchenko_ag@omk.ru)

Ключевые слова: сталь марки 10ХСНД, контролируемая прокатка с ускоренным охлаждением; нормализация, погонная энергия, послесварочные напряжения и деформации.

Проведен комплекс лабораторных исследований по оценке влияния состояния поставки (технологии производства) толстолистого проката из стали марки 10ХСНД по ГОСТ 6713-2021 в термомеханически обработанном состоянии после контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением (КП+УО) и в термически обработанном состоянии после нормализации (Н) на остаточные послесварочные напряжения и деформации. Представлены результаты определения остаточных напряжений в сварных соединениях, произведенных механизированной сваркой в среде защитного газа с погонной энергией 0,8 кДж/мм и автоматической сваркой под флюсом с погонными энергиями 3,5 и 5,0 кДж/мм. Установлены зависимости ширины области с растягивающими растяжениями от погонной энергии сварки. **Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии влияния указанных состояний поставки проката (при постоянном химическом составе основного металла) на величину и характер распределения послесварочных напряжений и деформаций.**

Комплексная оценка свариваемости включает в себя определение ряда специальных свойств, оказывающих влияние на технологические и эксплуатационные характеристики сварных конструкций, надежность и безопасность при их работе. К таким специальным свойствам относится уровень остаточных послесварочных напряжений и деформаций.

Согласно современным теоретическим представлениям, на остаточные послесварочные напряжения и

деформации существенное влияние оказывает химический состав металла шва сварного соединения. Также данные показатели свариваемости в большой степени зависят от способа сварки и погонной энергии [1]. Влияние состояния поставки (технологии производства) проката на приведенные выше показатели при фиксированном химическом составе является менее изученным вопросом. Величина растягивающих напряжений в сварном шве согласно известным теоретическим данным [2, 3] приблизительно равна пределу текучести.

Целью данной работы является изучение влияния состояния поставки (технологии производства) толстолистого проката из стали марки 10ХСНД по ГОСТ 6713-2021 на уровень остаточных напряжений и деформаций в зависимости от погонной энергии и способа сварки.

МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлся толстолистовой прокат толщиной 25 мм из стали марки 10ХСНД по ГОСТ 6713-2021, произведенный по двум технологиям: после термомеханической обработки в виде контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением и после термической обработки в виде нормализации. Для производства листового проката по обеим технологиям использовали непрерывнолитую заготовку от одной плавки с химическим составом, приведенным в табл. 1.

Таблица 1.
Химический состав исследуемого листового проката

Марка стали	Содержание элементов, % (масс).										
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Al	As	N	S	P
10ХСНД	0,10	0,88	0,72	0,66	0,62	0,42	0,03	0,0004	0,005	0,001	0,006

Таблица 2.
Механические свойства листового проката толщиной 25 мм из стали марки 10ХСНД

Состояние поставки	Ориентация образца по направлению прокатки	σ_B , Н/мм ²	σ_T , Н/мм ²	δ_5 , %	KCV ⁻⁴⁰ , Дж/см ²	KCU ⁻⁷⁰ , Дж/см ²	Доля вязкой составляющей в статическом изломе, %
КП+УО	поперечно	560	445	28	381 / 329	346 / 323	98
	продольно	570	430	33	—	—	—
Н	поперечно	519	389	29	251 / 243	270 / 254	86
	продольно	524	395	35	—	—	—

Примечание. Производство листового проката в термически обработанном состоянии после нормализации (Н) осуществлялось исключительно в экспериментальных целях (без цели обеспечения класса прочности 390) с химическим составом, идентичным прокату в состоянии после термомеханической обработки в виде контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением (КП+УО), с целью исключения влияния химического состава на исследуемые характеристики

Комплекс механических и технологических свойств листового проката представлен в табл. 2.

Из листового проката были вырезаны заготовки для производства сварных соединений и оценки послесварочных напряжений и деформаций.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящее время существует множество методов определения остаточных напряжений и деформаций, основанных на различных физических явлениях: магнитные, ультразвуковые, рентгеновские, нейтронное облучение, измерение твердости и т. д. Часть этих методов допускает их применение на цельных конструкциях без повреждения. Однако наиболее достоверные результаты при этом могут быть получены только для однородного основного металла, вдали от сварного шва. Это связано с тем, что измеряемые при данных методах величины (магнитная проницаемость, скорость прохождения ультразвука и т. д.) зависят не только от уровня остаточных напряжений, но и от размеров зерна, структуры и т. д.

Для определения остаточных напряжений применительно к сварным соединениям наиболее часто используемым и более наглядным является метод, при котором напряжения рассчитываются на основе результатов измерений перемещений. Результаты измерения

перемещений при этом можно напрямую использовать для расчета остаточных деформаций.

Работы выполнялись в следующей последовательности:

- сборка свариваемых для исследования заготовок под сварку;
- получение баз для проведения измерений;
- измерение расстояний между полученными базами после сборки (до сварки);
- сварка заготовок;
- измерение расстояний между базами после сварки;
- разрезание конструкции для устранения напряжений;
- измерение расстояний между базами после разрезания конструкции;
- расчетное определение остаточных напряжений и деформаций.

План проведения экспериментальных работ включал производство сварных соединений для каждого состояния поставки механизированной сваркой в среде защитного газа с погонной энергией 0,8 кДж/мм и автоматической сваркой под флюсом с погонными энергиями 3,5 и 5,0 кДж/мм:

- 0,8 ± 0,2 кДж/мм – сварка проволокой Ø 1,2 мм ESAB OK AristoRod 12.50 в среде защитного газа - сварочная смесь 80...85% Ar + 20...15% CO₂;
- 3,5 ± 0,2 кДж/мм – автоматическая сварка проволокой Ø 4 мм Св-10НМА под слоем флюса АН-47;
- 5,0 ± 0,2 кДж/мм – автоматическая сварка проволокой Ø 4 мм Св-10НМА под слоем флюса АН-47.



Рис. 1. Разметка баз для измерений сварного соединения

Выбор погонных энергий основывался на нормативных документах, применяемых в мостостроении и производстве офшорных конструкций [4, 5, 6].

В качестве баз для измерения использовались лунки диаметром 3 мм глубиной 4 мм (рис. 1). Базы выполнялись в центральной части пластин. Номинальное расстояние между базами до сварки в продольном относительно сварки направлении составляло 100 мм. В поперечном относительно сварки направлении базы располагались с номинальным шагом 10 мм. Фактические начальные расстояния между базами, а также расстояния между ними после сварки и разрезки пластин, определялись измерениями. Все измерения расстояний между базами выполнялись при помощи штангенциркуля ШЦЦСЦ-2 20-300-0,01.

С целью исключения влияния различных факторов работы выполнялись с соблюдением единых условий для сварки всех образцов. Все образцы собирались с одинаковым номинальным зазором 3 мм. Сборка выполнялась при помощи 4-х прихваток длиной 50 – 80 мм, равномерно расположенных по длине сварного стыка. После постановки прихватки очищались и подвергались внешнему осмотру. Наличие трещин, наплывов, подрезов и пор не допускалось. Сварка выполнялась в закрытом помещении при комнатной температуре. Для выполнения работ использовался сварочный трактор КЕДР AlphaTRAC-1. Механизированная сварка в среде защитного газа выполнялась за 10–11 проходов. Автоматическая сварка под флюсом выполнялась за 4 прохода, как на номинальной погонной энергии 3,5 кДж/мм, так и на погонной энергии 5,0 кДж/мм. При сварке всех образцов выполнялись одинаковые условия закрепления. После каждого прохода образец охлаждался до температуры не более 50 °С. Схемы раскладки валиков, также отражающие последовательность сварки, приведены на рис. 2.

Измерения между базами проводились на следующих этапах:

- после сборки под сварку;
- после сварки;
- после разрезки.

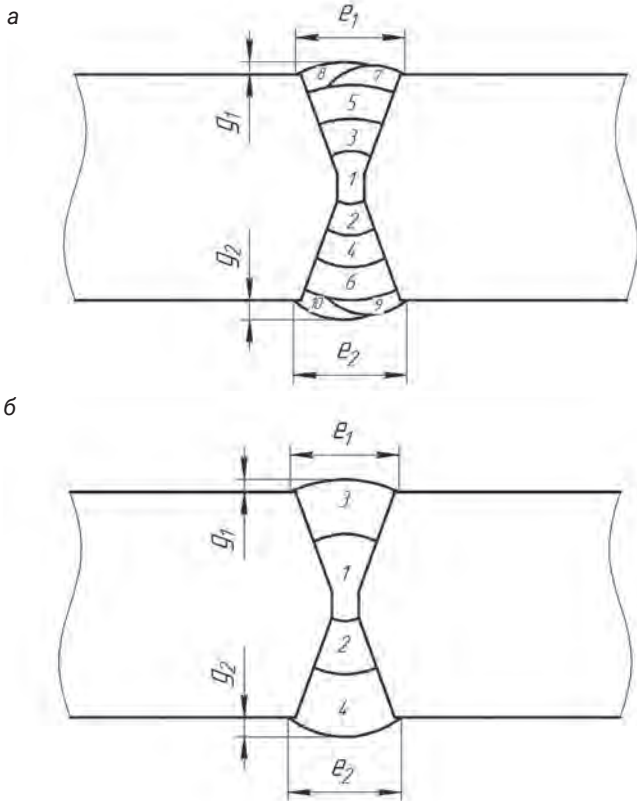


Рис. 2. Схема раскладки валиков при механизированной сварке в среде защитного газа (а) и при автоматической сварке под флюсом (б)

Остаточные поперечные деформации (поперечная усадка) определялись как разница между значениями расстояний между соответствующими базами (поперек сварного шва), полученными в результате измерений после сборки под сварку и после сварки.

Остаточные напряжения определялись расчетным путем на основе изменений расстояний (Δ , мм) между соответствующими базами (вдоль сварного шва), полученными в результате измерений после сварки и после разрезки. Полученные изменения расстояний пересчитывались в деформации (ϵ) на базе 100 мм ($\epsilon = \Delta/100$). По значениям деформаций на основе закона Гука ($\sigma = E\epsilon$) проводился расчет напряжений. При расчете значение модуля упругости принималось равным $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Обобщенное усредненное распределение остаточных деформаций (поперечной усадки) для случаев сварки пластин в разном состоянии поставки (КП+УО и Н), разными

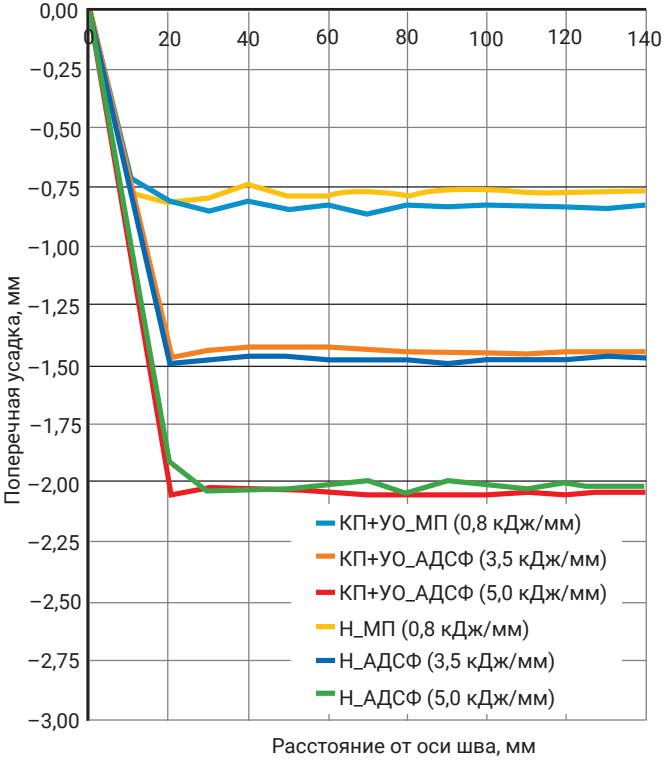


Рис. 3. Распределение послесварочных деформаций (поперечной усадки) поперек направления сварки (вдоль оси Y)

Таблица 3.
Усредненные значения послесварочных деформаций (поперечная усадка)

Состояние проката (технология производства)	Способ сварки	Погонная энергия, кДж/мм	Остаточная деформация (поперечная усадка), мм
Контролируемая прокатка с ускоренным охлаждением (КП+УО)	АДСФ	0,8±0,2	-0,82
		3,5±0,2	-1,44
		5,0±0,2	-2,04
Нормализация (Н)	АДСФ	0,8±0,2	-0,77
		3,5±0,2	-1,48
		5,0±0,2	-2,01

способами сварки (МП и АДСФ) с различными значениями погонной энергии (0,8 кДж/мм для МП; 3,5 и 5,0 кДж/мм для АДСФ) приведено в табл. 3 и на рис. 3. Обобщенное усредненное распределение остаточных напряжений для случа-

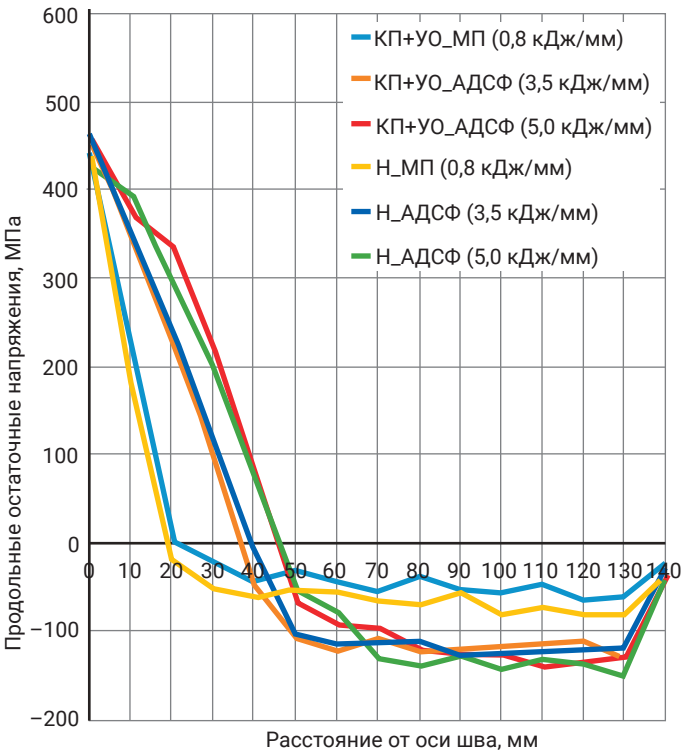


Рис. 4. Распределение послесварочных напряжений вдоль направления сварки (вдоль оси X)

Таблица 4.
Усредненные значения послесварочных напряжений в шве

Состояние проката (технология производства)	Способ сварки	Погонная энергия, кДж/мм	Остаточные напряжения в шве, МПа
Контролируемая прокатка с ускоренным охлаждением (КП+УО)	АДСФ	0,8±0,2	460
		3,5±0,2	453
		5,0±0,2	460
Нормализация (Н)	АДСФ	0,8±0,2	477
		3,5±0,2	470
		5,0±0,2	430

ев сварки пластин в разном состоянии поставки (КП+УО и Н), разными способами сварки (МП и АДСФ) с различными значениями погонной энергии (0,8 кДж/мм для МП; 3,5 и 5,0 кДж/мм для АДСФ) приведено в табл. 4 и на рис. 4.

ИССЛЕДОВАНИЯ

Отличие величины поперечной усадки для пластин толщиной 25 мм в разном состоянии поставки составляет:

- 6,5% для механизированной сварки в среде защитных газов на погонной энергии $0,8 \pm 0,2$ кДж/мм (большее значение поперечной усадки установлено для состояния поставки «Н»);
- 2,4% для автоматической сварки под флюсом на погонной энергии $3,5 \pm 0,2$ кДж/мм (большее значение поперечной усадки установлено для состояния поставки «Н»);
- 1,2% для автоматической сварки под флюсом на погонной энергии $5,0 \pm 0,2$ кДж/мм (большее значение поперечной усадки установлено для состояния поставки «КП+УО»).

Отличие величины остаточных напряжений в сварном шве для пластин толщиной 25 мм в разном состоянии поставки составляет:

■ 3,6% для механизированной сварки в среде защитных газов на погонной энергии $0,8 \pm 0,2$ кДж/мм (большее значение величины остаточных напряжений в шве установлено для состояния поставки «Н»);

■ 3,5% для автоматической сварки под флюсом на погонной энергии $3,5 \pm 0,2$ кДж/мм (большее значение величины остаточных напряжений в шве установлено для состояния поставки «Н»);

■ 6,5% для автоматической сварки под флюсом на погонной энергии $5,0 \pm 0,2$ кДж/мм (большее значение величины остаточных напряжений в шве установлено для состояния поставки «КП+УО»).

Максимальное отличие по показателям, характеризующим послесварочные напряжения и деформации для исследуемых случаев сварки пластин толщиной 25 мм в состояниях поставки «Н» и «КП+УО» на погонных энергиях от 0,8 до 5,0 кДж/мм, составило не более 6,5 %.

ВЫВОДЫ

1. Проведена работа по получению экспериментальных данных для анализа влияния состояния поставки (технологии производства) толстолистового проката из стали марки 10ХСНД по ГОСТ 6713-2021 фиксированного химического состава в термомеханически обработанном состоянии после контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением (КП+УО) и в термически обработанном состоянии после нормализации (Н) на остаточные послесварочные напряжения и деформации. Исследования проведены применительно к двум способам сварки (механизированная в среде защитных газов и автоматическая под слоем флюса) и разным погонным энергиям ($0,8 \pm 0,2$ кДж/мм для механизированной в среде защитных газов, а также $3,5 \pm 0,2$ и $5,0 \pm 0,2$ кДж/мм для автоматической сварки под флюсом).

2. Экспериментальные исследования, проведенные для толстолистового проката из

стали марки 10ХСНД по ГОСТ 6713-2021 после термомеханической обработки в виде контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением (КП+УО) и после термической обработки в виде нормализации (Н), свидетельствуют об отсутствии влияния указанных состояний поставки (при постоянном химическом составе основного металла) на величину и характер распределения послесварочных напряжений и деформаций. С практической точки зрения послесварочные напряжения и деформации в сварном соединении, изготовленном из основного металла, в указанных состояниях поставки КП + УО и Н идентичны.

3. Значения показателей, характеризующих послесварочные напряжения и деформации в сварном соединении, зависят от механических свойств наплавленного металла шва, которые определяются маркой сварочной проволоки и флюса, а также погонной энергией процесса сварки.

Литература

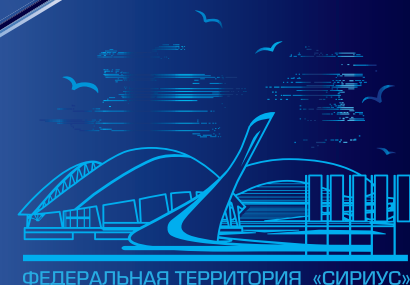
1. Неровный В. М., Коновалов А. В., Якушин Б. Ф., Макаров Э. Л., Куркин А. С. Теория сварочных процессов: учебник для вузов / [Неровный В. М. и др.]; под ред. Неровного В. М. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. – 702 с.
2. Куркин А. С., Лукьянов В. Ф. Сварные конструкции. Расчет и проектирование: учебник для вузов / Куркин А. С., Лукьянов В. Ф.; МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. – 264 с.
3. Гатовский К.М., Кархин В.А. Теория сварочных деформаций и напряжений. Л.: ЛКИ. 1980. 331 с.
4. СТО-ГК «Трансстрой»-005-2018. КОНСТРУКЦИИ СТАЛЬНЫЕ МОСТОВ. Технология монтажной сварки. Технические условия.
5. СТО-ГК «Трансстрой»-012-2018. КОНСТРУКЦИИ СТАЛЬНЫЕ МОСТОВ. Заводское изготовление. Технические условия.
6. BS EN 10225-1-2019. Weldable structural steels for fixed offshore structures. Technical delivery conditions. Plates.

28-30 МАЯ
2025

ФОРУМ ДОРОЖНЫХ ИНИЦИАТИВ

«ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ
В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

IRCFORUM.RU



АВТОДОР
ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ



ЯКУТСКИЙ МОСТ ЧЕРЕЗ ЛЕНУ: ДОРОГО, НО ЭФФЕКТИВНО

СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ ЛЕНУ В ЯКУТСКЕ ОБСУЖДАЛОСЬ ДЕСЯТИЛЕТИЯМИ. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА ОТКЛАДЫВАЛАСЬ ПО РАЗНЫМ, НО, ПРЕЖДЕ ВСЕГО, ФИНАНСОВЫМ ПРИЧИНАМ — ВВИДУ КАПИТАЛОЕМКОСТИ. НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ МОСТОВОЙ ПЕРЕХОД ОБЩЕЙ ПРОТЯЖЕННОСТЬЮ 14,5 КМ СТРОИТСЯ В РАМКАХ КОНЦЕССИИ. ПОМИМО СТРАТЕГИЧЕСКОГО ЗНАЧЕНИЯ ОБЪЕКТА ДЛЯ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА, ОПРЕДЕЛЕНА И ЕГО КОНКРЕТНАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛЯ ЯКУТИИ. ЦИФРЫ БЫЛИ ОЗВУЧЕНЫ 7 АПРЕЛЯ НА ПРЕСС-КОНФЕРЕНЦИИ В ТАСС.

О ПРОЕКТЕ

Напомним, первоначально соединение берегов Лены в районе Якутска планировали еще в 1980-х гг. в рамках строительства Амуро-Якутской железнодорожной магистрали. С распадом СССР, однако, стройка замедлилась, а затем и вовсе остановилась. Планы сдать магистраль в 1995 году, включающую в себя мостовой переход через Лену, реализовать не удалось.

Для Якутии проблема обеспечения круглогодичного обеспечения полноценной транспортной связи между берегами великой сибирской реки оставалась нерешенной. Это существенно тормозит развитие республики, а также влияет на удорожание товаров, поставляемых в рамках «северного завоза».

С 1985 года рассматривались различные варианты мостового перехода: совмещенный автомобильный и железнодорожный мост, автомобильный мост с решетчатыми фермами и пролетами до 350 м и проч. Предположения о строительстве тоннеля периодически появлялись в СМИ, однако никаких серьезных разработок и расчетов по нему представлено не было. По результатам рассмотрения на научно-техническом совете при Федеральном дорожном агентстве наиболее оптимальным вариантом с учетом сложного гидрологического и ледового режима реки Лены был признан вариант перехода с трехпильным вантовым мостом. Сегодня переход через Лену в районе Якутска — это автодорога протяженностью 14,5 км, включая двухполосный вантовый мост длиной 4,6 км.



По словам председателя правительства Республики Саха (Якутия) Кирилла Бычкова, первый в Якутии мост через Лену можно назвать одним из крупнейших инфраструктурных проектов в мире. Уникальность объекта заключается, прежде всего, в экстремальных климатических условиях строительства — в зоне вечной мерзлоты. А центральный пилон моста достигнет высоты почти 285 м, что сопоставимо с Эйфелевой башней без шпиля.

Подготовительные работы на объекте начались в 2021 году. В сентябре 2023 года положительное заключение Главгосэкспертизы получила проектно-сметная документация второго — основного — этапа строительства, а 31 января 2025 года получено положительное заключение и по последнему, третьему, этапу. Правительство РФ включило мостовой переход через Лену в государственный шестилетний план дорожного строительства на период 2025-2030 гг. Он также включен в Национальную программу социально-экономического развития Дальнего Востока до 2035 года и в мастер-план развития Якутска.

О ФИНАНСИРОВАНИИ

На проектирование, строительство и эксплуатацию автомобильной дороги заключено концессионное соглашение от 13 февраля 2020 года. Концедент: Министерство транспорта и дорожного хозяйства Республики Саха (Якутия), ведомственная организация: ГКУ РС (Я) «Ленский мост». Концессионер: ООО «Восьмая концессионная компания» (Группа «ВИС»).

По информации пресс-службы Главы Республики Саха (Якутия) и Правительства РС (Я), в целом стоимость Ленского моста составляет 131,4 млрд рублей. (Для сравнения: общая смета строительства автодорожной и железнодорожной частей Крымского моста протяженностью 19 км, в ценах тех лет, — около 228 млрд рублей.) 65 млрд ожидается получить из федерального бюджета, 26 млрд — из регионального, а 41,4 млрд привлечет частный партнер. На текущий момент согласно пятилетнему плану мероприятий дорожной деятельности, утвержденному Правительством РФ, предусмотрено федеральное



финансирование в размере 42,8 млрд рублей, вопрос его увеличения до 65 млрд решается.

Председатель правительства Республики Саха (Якутия) Кирилл Бычков отмечает, что власть региона работает над структурой опережающего финансирования 2025 года на 22,6 млрд рублей за счет средств, предусмотренных в 2026-2027 гг. Строительный комплекс готов выполнить все запланированные работы и обеспечить техническую готовность объекта до 20% в 2025 году. «Важный для нас момент, и над чем мы сейчас работаем с нашими федеральными коллегами, — нахождение лимитов, определение источников для того, чтобы мы осуществили опережающее финансирование с помощью грантов, — пояснил Кирилл Бычков. — В этом году предусмотрено 1,3 млрд рублей. Мы работаем над тем, чтобы сдвинуть график «влево» для того, чтобы объемы стройки увеличить».

Президент РФ Владимир Путин поручил рассмотреть вопрос о сокращении сроков предоставления средств федерального бюджета на финансирование проекта по строительству мостового перехода в Якутске.

СТРОЙКА

Первая свая под опору моста была забетонирована в октябре 2024 года.

Председатель Правительства Якутии сообщил, что на данный момент активно ведутся работы на обоих берегах Лены. За зиму были изготовлены арматурные каркасы для буровых работ, забетонированы сваи первых трех мостовых опор на левом берегу, начаты работы на правом. Максимальная длина сваи составляет 41 м, что эквивалентно 13-этажному дому. Всего планируется забетонировать 920 свай под 26 опор. Сегодня на каждом берегу работают свои бетонные заводы в зимнем исполнении, что позволяет производить высококачественный бетон в суровых условиях.

Также Кирилл Бычков уточнил, что в 2025 году запланирован довольно большой объем работ. В частности, в планах бурение и бетонирование более 300 свай, сборка первого коффердама, строительство семи опор с пролетным строением и начало работ над правобережным подходом.

Обеспечение безопасности сооружения в период паводка при этом стало одной из ключевых задач проектировщиков и строителей. «Паводковая ситуация обуславливает необходимость максимального расстояния между опорами моста, — уточнил Кирилл Бычков. — Пролеты составляют 840 м. Такое расстояние позволяет избежать затора льда и исключит риск затопления прилегающих территорий. Выбранный вариант обеспечивает минимальное изменение русла рек, а также устройство берегоукрепительных мероприятий на левом берегу для защиты населенного пункта от паводка».

Ленский мост однозначно является одним из самых сложных инфраструктурных проектов современной России. Его реализация осуществляется под контролем Президента и Правительства РФ, Правительства Якутии, Группы «ВИС», Сбера и РОСДОРНИИ. По поручению Владимира Путина завершение строительства запланировано на 2028 год.

ОЖИДАЕМЫЙ РЕЗУЛЬТАТ

7 апреля на пресс-конференции в ТАСС первый заместитель министра РФ по развитию Дальнего Востока и Арктики Гаджимагомед Гусейнов сообщил, что мост через реку Лену в Якутии позволит снизить стоимость «северного завоза» в республику на 4 млрд рублей ежегодно и позволит снизить цены на поставляемые товары до 10%.

По словам Кирилла Быčkoва, с вводом мостового перехода в эксплуатацию произойдут значительные изменения в социально-экономической жизни Якутии, и «нет отрасли, которая не была бы затронута строительством этого объекта». Впервые будет создано круглогодичное сообщение столицы региона с большей частью территории, отрезанной рекой, то есть с той стороной, откуда



производится завоз основных грузов. Транспортная доступность для населения при этом возрастет с 22% до 87%, то есть практически в четыре раза.

Создаваемый транспортно-логистический узел свяжет авиационный, железнодорожный, автомобильный и речной виды транспорта и создаст каркас для развития опорной транспортной сети на Дальнем Востоке и, прежде всего, на его северных территориях. Говоря о значимости проекта, Гаджимагомед Гусейнов подчеркнул, что мост «обеспечит круглогодичную автотранспортную доступность от Новосибирска до Магадана; это существенно сокращает сегодняшний традиционный маршрут практически на 1000 км». Мостовой переход через Лену в Якутске позволит соединить Транссибирскую и Байкало-Амурскую магистрали с Северным морским путем и свяжет федеральные автомобильные дороги «Лена» и «Колыма» с автодорогой «Вилкой», обеспечив этим, в том числе, надежный автотранспортный выход из Восточной Сибири к побережью Охотского моря.

КАК ВОССТАНОВИТЬ И УСИЛИТЬ МОСТОВОЕ СООРУЖЕНИЕ?

В ХОДЕ СВОЕГО ВЫСТУПЛЕНИЯ НА ВСЕРОССИЙСКОМ КОНГРЕССЕ «ДОРОГИ. МОСТЫ. БЛАГОУСТРОЙСТВО», КОТОРЫЙ СОСТОЯЛСЯ В УФЕ В МАРТЕ ЭТОГО ГОДА, В. Ю. КАЗАРЯН, ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР ООО «НПП СК МОСТ», Д. Т. РАТ, ЧЛЕН МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ МОСТОВИКОВ IABSE, АВТОР РЯДА ПАТЕНТОВ И РАЗРАБОТОК В ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ, ОСВЕТИЛ ВОПРОСЫ РЕМОНТА И РЕКОНСТРУКЦИИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ НА НЕСКОЛЬКИХ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ДОРОГАХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН, ТАКИХ КАК М-7 И М-5, А ТАКЖЕ НА РЯДЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ И МЕСТНЫХ ДОРОГ. ДАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ БЫЛА ПОДГОТОВЛЕНА РЕДАКЦИЕЙ НА ОСНОВЕ ЕГО ДОКЛАДА.

Спикер начал свое выступление с упоминания одного из самых красивых мостов, который когда-то украшал столицу Башкортостана. Речь идет о мосте через р. Белую на обходе Уфы, которого больше не существует. На этом мосту, имевшем коробчатое сечение, произошло обрушение полутора пролетов.

При анализе причин обрушения коробчатых пролетных строений специалисты компании «НПП СК МОСТ» обнаружили некую закономерность, которая прослеживалась на примере целого ряда аварий, в частности, на мостовых сооружениях на обходе Уфы на трассе М-5, через р. Сухону в Великом Устюге, на Северной Двине и в г. Велиж. Во время первых двух аварий разгорелась масштабная дискуссия между бывшими институтами «СоюзДорНИИ» и ЦНИИС, где были разработаны эти пролетные строения. Как потом выяснилось, на субподряде у них работала воронежская фирма «Мостдорпроект», которая и проектировала ряд мостов в Уфе.

Но вернемся к мосту на обходе г. Уфы через реку Белую. После того, как часть пролета упала, конструкцию

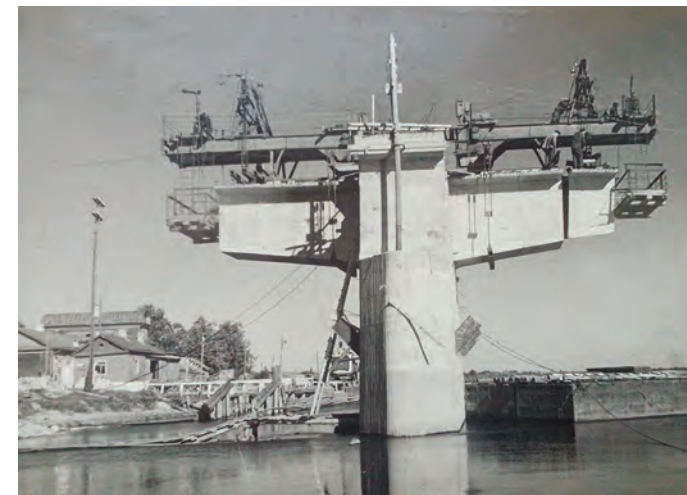


Мост через р. Белую в Уфе



Обрушение моста через реку Белую на М-5, 1983 год

усиливали три-четыре раза. Определить эпюру моментов было очень сложно, так как различные усиления приводили к разным сочетаниям моментных сил. Решение этой непростой задачи проектная организация поручила организации, возглавляемой Вильгельмом Казаряном. Специалисты компании занимались разборкой этого пролетного строения, разработав метод надвигки и уравновешенного монтажа.



Навесная сборка —
«Русский метод», уравновешенный монтаж

Важно отметить, что все конструкции подобных пролетных строений являются предварительно напряженными. Они широко применяются как на Западе, так и на Востоке. Ежегодно в мире по такой технологии возводится около 50–60 км мостовых сооружений, и везде она известна как «русский метод».

После замены одной части железобетонной конструкции на металлическую было решено использовать именно эту технологию. Одним из вариантов является установка части коробчатой ортотропной плиты на существующее железобетонное пролетное строение с помощью аванбека.

Но сначала нужно было разобрать поврежденную часть. Это была очень сложная задача, так как оказалось, что системы усиления переплетены между собой. При снятии одного блока сразу несколько таких же блоков в других пролетных строениях могли рухнуть. И если при выполнении ремонта и реконструкции мостов специалисты компании придерживаются принципа двигаться снизу вверх (сначала занимаются основаниями,



Обрушение пролета моста через реку
Сухону в Великом Устюге, 1986 год

затем опорами и, наконец, пролетным строением), то при разборке все обычно происходит наоборот — работы начинаются сверху.

В результате поврежденный пролет был разобран и на уже существующее железобетонное пролетное строение установлен металлический каркас, каждый блок которого был надежно закреплен: каждые 3–4 м блоки соединялись и склеивались со следующим блоком, затем натягивались тросы и пряди. Благодаря такому подходу удалось легко опустить и демонтировать мост, используя метод обратного лифтинга.

Процесс демонтажа происходил поэтапно на барже способом постадийной разборки. Этот метод был успешно применен и при разборке другого моста — у г. Мамадыш на трассе М-7. В дальнейшем метод был запатентован и является интеллектуальной собственностью компании.

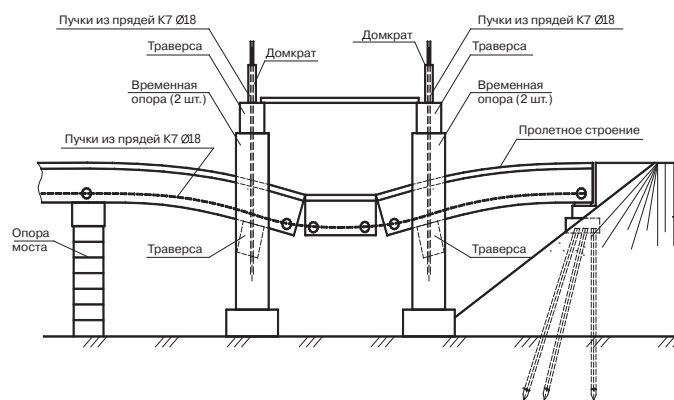
Также было выполнено множество усиления в шпочноном соединении. Выяснилось, что при строительстве моста между блоками для усиления каждого сечения были вставлены металлические шпонки. Однако на тот



Металлическое пролетное строение моста
через реку Сухону в Великом Устюге, 1986 год

момент алмазная технология в СССР еще не была развита, поэтому стыки пробуривались лишь на глубину 70 мм, а в них устанавливались металлические прутки длиной 70 мм. Если для клееных стыков это очень эффективно, то для мокрых стыков, которые делались через каждые 20 блоков и заполнялись плотным раствором толщиной примерно 3 см, оставалась работа на срез всего лишь на 1–1,5 см, что представляло серьезную опасность.

Сегодня компания продолжает заниматься усилением. По всей стране ее специалисты уже усилили 26 коробчатых мостовых сооружений, просверлив в них отверстия диаметром 122 мм, благодаря чему блоки были отлично зафиксированы в замках. В наше время такие блоки больше не производятся, но объекты, построенные с их применением, все еще стоят.



Патент №2617751 от 26.02.2016 «Способ реконструкции мостового сооружения», Международный Патент №PCT/RU2016/00726

Сам же метод применяется и сейчас, но уже с использованием более современного оборудования.

Как отметил спикер, скоростная железная дорога Москва — Санкт-Петербург будет полностью состоять из мостов с таким сечением. Это обусловлено тем, что 70% дороги проходит через болота в Тверской, Новгородской и Ленинградской областях, где невозможно строить дороги иным способом. По мнению Вильгельма Юрьевича, было бы лучше проложить этот путь по «стаканам», чем создавать огромные насыпи из грунта. Однако это уже другая тема.

Спикер также рассказал о зарубежном опыте ремонта и реконструкции мостовых сооружений. Так, во многих странах все коробчатые пролетные строения мостов крепятся на тросах, собранных в пучки по 12–19 прядей.

Компания «НПП СК МОСТ» активно перенимает передовой мировой опыт. В настоящее время ее специалисты создают несколько новых сечений в центре пролетных строений и в надпорных участках, прокладывают там шпренгельные системы в виде дополнительных пучков и натягивают их, как это делается в других странах. Вильгельм Казарян рассказал, что при посещении зарубежных объектов всегда обращал внимание, что на береговых опорах действующих сооружений висит громадный домкрат со специально оставленными пучками длиной до 1,5 м, а на мосту заранее предусмотрены «бойницы» в надпорном сечении и в центре пролетного строения. Благодаря этому через два-три десятка лет, когда потребуется усилить пролетное строение, это будет несложно сделать. Таков мировой опыт. В России же при проведении антивандальных мероприятий отрезают пряди, и потом нужно следить, чтобы никто не повредил конструкцию. И если на Западе через каждые 20–30 лет на место приезжает служба, которая фикси-

рует все изменения в состоянии объекта и сохраняет данные в архивах, то у нас заказчики меняются каждые 5–10 лет, а вместе с ними исчезают все архивы и бухгалтерские документы. В результате такого безответственного подхода наши мосты нередко падают сразу после испытаний, несмотря на проведенный ремонт.

Также спикер обратил внимание на еще один важный момент. Он задался вопросом, почему обычно испытывается только самый большой пролет, ведь в обоих случаях — и в Уфе, и в Великом Устюге — падал именно береговой пролет, самый короткий, 33-метровый? В третий же раз это произошло в Велиже, где также упал береговой пролет, продавленный военной техникой. И только в одной точке он не упал, благодаря чему удалось успешно провести обследование во время ремонта и реконструкции. Выяснилось, что верхняя часть моста тоже была напряжена, хотя по всем расчетам пучки должны были располагаться только внизу.

Помимо этого специалисты ООО «НПП СК МОСТ» обследовали еще один мост, который собирался уже не методом навесного монтажа от опоры к опоре с последующим натяжением, а как обычные металлические мосты. На стапеле на одном из берегов собиралось по 20 блоков, затем навешивался аванбек и наталкивался на опоры. Чтобы насадить аванбек, использовались верхние пучки. Именно поэтому данный мост при продавлении оказался поврежден. Это была уже третья авария. Проанализировав два предыдущих случая, удалось определить их причины и выяснить все детали, хотя все это случилось еще в 60-е годы.

Дело в том, что эпюры моментов здесь функционируют иначе, чем в теории. В третьем-четвертом блоке наблюдается нештатный выход. Обычно, когда возникает значительное давление, происходит скачок в этой линии моментов. В результате был усилен четвертый блок, а также установлена новая система ремонта через четвертый блок. Эта работа была выполнена впервые в мире, поскольку железобетон, в отличие от металла или резины, невозможно с легкостью поднять и оставить без остаточных деформаций. Задача была выполнена с применением специальной системы лифтинга. Сегодня этот мост находится в эксплуатации.

В настоящее время в экспертизе находятся еще два проекта компании по двум коробчатым мостам города Демидова. В компании ожидают положительных результатов экспертизы.



ООО «НПП СК МОСТ»
www.nppskmost.ru



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР



РОСАСФАЛТ
Ассоциация Производителей и Потребителей
Асфальтобетонных Смесей



ФОРУМ И ВЫСТАВКА

ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В РОССИИ

ИННОВАЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ, КАЧЕСТВО

21-22.05.2025 | МОСКВА

Radisson Blu Олимпийский

innodor.ru

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ И УЧАСТИИ



ОРГАНИЗАТОР

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



СПОНСОР



СПОНСОР



ОРГАНИЗАТОР ИТ-ЧЕМПИОНАТА



СООРГАНИЗАТОР ИТ-ЧЕМПИОНАТА



ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



ОПЕРАТОР



ИННОВАЦИОННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПОДПОРНЫХ СТЕН В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А. Д. СОКОЛОВ,
почетный транспортный строитель, академик, доктор транспорта

Конструкция и технология строительства подпорных стен из пустотелых железобетонных блоков, заполненных щебнем твердых пород, заимствована из практики транспортного строительства Японии, территория которой, как и Дальний Восток России, подвержена сейсмическим воздействиям.

Объединяют блоки и щебень только силы веса и трения, благодаря чему система приобретает возможность малых взаимных перемещений элементов без нарушения конструктивных качеств, что придает стенам некоторую гибкость и обеспечивает их сейсмостойкость. Общий вид блока показан на рис. 1.



Рис. 1. Железобетонный блок КБП для подпорных стен

Область применения:
■ подпорные стены устоев с раздельными функциями автодорожных мостов (рис. 2);



Рис. 2. Устой автодорожного моста в виде подпорной стены из блоков КБП

■ низовые подпорные стены автомобильных дорог (рис. 3);



Рис. 3. Низовая подпорная стена автодороги из блоков КБП

■ малые архитектурные формы в городах (рис. 4);

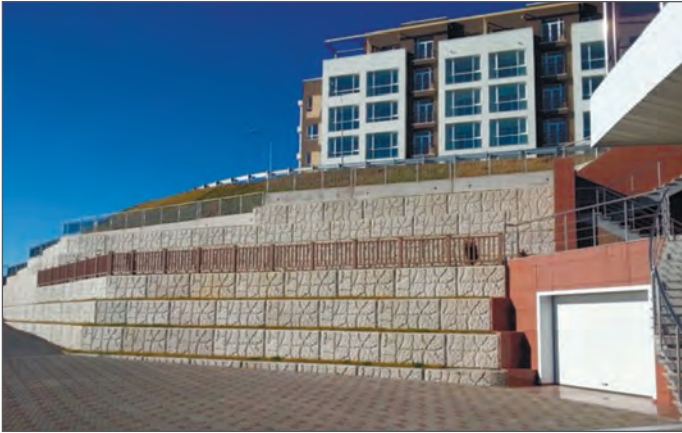


Рис. 4. Малые архитектурные формы в городах

■ берегоукрепительные сооружения (рис. 5);



Рис. 5. Берегоукрепительное сооружение из блоков КБП

■ озеленение (рис. 6).

Во всех перечисленных областях применения подпорных стен из пустотелых железобетонных блоков, заполненных щебнем, выявлен ряд дополнительных



Рис. 6. Примеры использования блоков КБП для озеленения

преимуществ по сравнению с подпорными стенами традиционной конструкции:

- быстрый монтаж;
- отсутствие мокрых процессов при строительстве;
- эстетичность;
- экономичность;
- минимальное количество техники для строительства;
- минимальные трудозатраты;
- сокращение сроков строительства.

Производство пустотелых железобетонных блоков КБП находится в поселке Тучково Московской области и во Владивостоке.

ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА

В качестве примера взят расчет устойчивости положения подпорной стены устоя моста из блоков КБП 2000 × 1000 × 1250 мм с заполнением пазух уплотненным щебнем. Мостовое сооружение представляет собой однопролетный автодорожный путепровод (рис. 7).

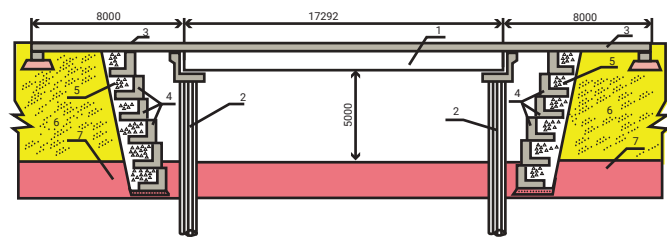


Рис. 7. Автодорожный путепровод с устоями с раздельными функциями в виде наклонных подпорных стен из блоков КБП: 1 – железобетонное пролетное строение; 2 – безростверковые опоры из буровых свай; 3 – переходные плиты; 4 – железобетонные блоки КБП; 5 – щебень; 6 – насыпь из песка; 7 – грунт основания

Пролетное строение – железобетонная балка длиной 17292 мм.

Опоры безростверковые, из буронабивных свай. Устои с раздельными функциями в виде наклонных подпорных стен из пустотелых железобетонных блоков, заполненных щебнем твердых пород. Угол наклона подпорной стены устоя моста к вертикали составляет $\varepsilon = -16,25^\circ$. Высота подходной насыпи $H = 7,0$ м.

- Грунт насыпи – песок средней крупности:
- удельный вес песка $\gamma = 1,8$ тс/м³;
 - угол внутреннего трения $\varphi = 30^\circ$;
 - коэффициент фильтрации $K_f \geq 2,0$ м/сут;
 - коэффициент уплотнения по кривой стандартного уплотнения $K_{упл} = 0,98$;
 - удельный вес железобетона блоков $\gamma_{(ж.б.)} = 2,5$ тс/м³;
 - удельный вес щебня $\gamma_{щ} = 2,3$ тс/м³.

Расчет проведен для 1 пог. м длины стенки. Вес блока составляет:

$$G_{ж.б.} = 2,5 \cdot 0,593 \cdot 1,1 = 1,63 \text{ тс},$$

где 2,5 – удельный вес железобетона; 0,593 – объем железобетона в блоке; 1,1 – коэффициент надежности к весу блока.

Вес щебня составляет:

$$G_{щ} = 2,3 \cdot 3,0 \cdot 1,1 = 7,59 \text{ тс},$$

где 2,3 – удельный вес щебня; 3,0 – объем щебня в блоке; 1,1 – коэффициент надежности к весу щебня.

Суммарный вес одного ряда блоков длиной 2,0 м составляет:

$$G_{\Sigma} = 1,63 + 7,59 = 9,22 \text{ тс}$$

В пересчете на один погонный метр длины стенки суммарный вес составит:

$$G_{(1)} = \frac{9,22}{2} = 4,61 \text{ тс}$$

Для определения давления грунта подходной насыпи на подпорную стену устоя моста будем пользоваться теорией Ш. Кулона. При этом будем учитывать только горизонтальную составляющую активного давления грунта, что соответствует российским нормам по мостостроению [1; 2].

Горизонтальная составляющая активного давления грунта насыпи на подпорную стену устоя моста определяется по формуле:

$$E_{ax} = \lambda_{ax} \cdot \frac{\gamma \cdot h^2}{2} \cdot \gamma_f,$$

где λ_{ax} – коэффициент горизонтальной составляющей активного давления грунта насыпи на подпорную стену устоя моста, определяемый по формуле:

$$\lambda_{ax} = \frac{\cos^2(\varphi - \varepsilon)}{\left[1 + \frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\varepsilon + \delta) \cdot \cos(\varepsilon - \alpha)}\right]^2 \cdot \cos^2 \alpha},$$

где $\varphi = 30^\circ$ – угол внутреннего трения грунта; $\delta = 0^\circ$ – угол трения грунта о стену; $\varepsilon = -16,25^\circ$ – угол наклона стены к вертикали; $\alpha = 0^\circ$ – угол наклона к горизонтали поверхности грунта; $\gamma_f = 1,4$ – коэффициент надежности к величине активного давления грунта. При этих данных получаем $\lambda_{ax} = 0,207$.

Расчеты устойчивости положения подпорной стены устоя моста выполнены последовательно для одного, двух, трех и так далее, до семи ярусов стены. Результаты расчетов сведены в таблицу. Коэффициент устойчивости $K_{уст}$ во всех случаях больше требуемого $[K_{уст}] = 1,4$.

Результаты расчетов устойчивости положения подпорной стены устоя моста на плоский сдвиг

Количество блоков	Вес G, тс	Интенсивность горизонтальной составляющей активного давления грунта $P_{акв}$, тс/м ²	Горизонтальная составляющая активного давления грунта $E = Q_{сдв}$, тс/м	Удерживающая сила $Q_{уд} = G \cdot \text{tg } \varphi_{осн}$, тс/м	Коэффициент устойчивости $K_{уст} = \frac{Q_{уд}}{Q_{сд}}$
1	4,61	0,522	0,261	2,660	10,19
2	9,22	1,043	1,460	5,323	3,64
3	13,83	1,565	2,347	7,883	3,36
4	18,44	2,086	4,172	10,640	2,55
5	23,05	2,608	6,520	13,290	2,04
6	27,66	3,130	9,389	15,930	1,69
7	32,27	3,651	12,776	18,620	1,46

$\varphi_{осн}$ условно принят равным 30° ; $\text{tg } \varphi_{осн} = 0,577$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Инновационная конструкция подпорных стен в транспортном строительстве, освоенная российскими фирмами, позволяет возводить сейсмостойкие сооружения различного целевого назначения из тонкостенных железобетонных блоков КБП, заполняемых щебнем, обеспечивая экономичные и эффективные решения для транспортного строительства России.
2. Устойчивость подпорных сооружений из блоков КБП обеспечивается за счет веса и сил трения внутри щебня, заполняющего пустоты блоков и заблоч-

- ную часть, а также путем регулирования величины ступенчатого сдвига ярусов блоков.
3. Применение подпорных стен из блоков КБП в устоях малых и средних мостов создает известную в России конструкцию устоев с раздельными функциями, экономическая эффективность которой составляет 20–40% в сравнении с традиционными конструкциями обсыпных конусных устоев.
 4. Повышение устойчивости подпорных сооружений из блоков КБП может быть обеспечено с использованием армирования грунта, получившего достаточно широкое распространение в нашей стране [3].

Литература

1. Свод правил СП 35-13330 «Мосты и трубы».
2. Соколов А.Д., Казей И.И. Рекомендации по проектированию подпорных стен в транспортном строительстве. М.: АО ЦНИИС, 1993.
3. Соколов А.Д. Армогрунтовые системы автодорожных мостов и транспортных развязок. СПб.: Отраслевая медиа-корпорация «Держава», 2013.

информационные партнеры: ДОРОГИ, Мир ДОРОГ, ДОРОГИ

организатор: IRVEN, Мир МОСТОВ

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА
в рамках весенней сессии форума
"МИР МОСТОВ"
23-25.04.2025
Санкт-Петербург
📍 River Palace Hotel

По вопросам партнерства и участия:
☎ +7 985 122 21 94
☎ +7 812 309 73 24
✉ mir-mostov@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕРМЕТИЗАЦИИ В ИНФРАСТРУКТУРНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ГРУППА КОМПАНИЙ «САЗИ», ИМЕЮЩАЯ 30-ЛЕТНИЙ ОПЫТ РАБОТЫ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕРМЕТИЗАЦИИ И ПРОИЗВОДСТВА ГЕРМЕТИКОВ, НА ФОРУМЕ «МИР МОСТОВ» В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ ПРЕДСТАВИЛА ДОКЛАД О ВНЕДРЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. С. А. ГЛАДКОВ, ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР «САЗИ», ПОДЕЛИЛСЯ УСПЕШНЫМИ КЕЙСАМИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИСУЛЬФИДНЫХ И ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ГЕРМЕТИКОВ НА ТАКИХ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТАХ, КАК АЭРОПОРТЫ, ТОННЕЛИ И МОСТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ. ОСОБОЕ ВНИМАНИЕ В ДОКЛАДЕ БЫЛО УДЕЛЕНО УНИКАЛЬНЫМ РЕШЕНИЯМ ДЛЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ И АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ И ОШИБКАМ, КОТОРЫХ МОЖНО ИЗБЕЖАТЬ ПРИ ПРАВИЛЬНОМ ВЫБОРЕ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ.

ПЕРВЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ

История компании началась три десятилетия назад с разработки герметиков для крупнопанельного домостроения (КПД). Тогда ее специалистам удалось сделать то, что казалось невозможным: создать материалы, которые не просто заполняли стыки между панелями, но и обеспечивали долговечность швов, полностью исключив внеплановые (аварийные (фото 1)) ремонты из-за продувания стыков и ухудшения условий проживания в квартирах таких зданий. Это был первый вклад компании в развитие отечественных технологий, и с тех пор ее коллектив продолжает работу на благо своей страны (фото 2).



Фото 1



Фото 2

Сегодня Группа компаний «САЗИ» имеет целую палитру направлений деятельности, каждое из которых решает уникальные задачи. Предприятие не просто разрабатывает и массово производит герметики, но и создает комплексные технические решения на базе технологий нанесения и расчетов деформативности швов. Отметим, что в некоторых сегментах продукты этого предприятия занимают более 80% рынка.

Приведем еще пару примеров областей применения, которые показывают передовой уровень технологий, разработанных САЗИ.

Современное окно — это сложная конструкция, обеспечивающая комфорт во внутренних помещениях зданий.

Но самое «слабое» место в этой конструкции — монтажный шов между оконным блоком и проемом (фото 3). По некоторым оценкам экспертов, дефекты этих швов являются причиной 70% рекламаций по окнам. Компания в 2002-2005 гг. разработала и поставила на производство «Систему монтажа САЗИ» (СМС) — комплекс материалов, применение которых практически полностью исключает эти дефекты. В настоящее время СМС — основной способ устройства монтажного стыка окон в строительстве и ремонте. (фото 4)



Фото 3



Фото 4

Затем, благодаря накопленным знаниям, специалисты компании изменили способ производства герметиков для Росавиакосмоса, тем самым устранив отставание нашей страны в технологиях герметизации узлов летательной техники от мирового уровня. Это примерно на 30% сократило затраты авиазаводов на операции герметизации при сборке машин.

МОСТЫ, ДОРОГИ, АЭРОДРОМЫ

ГК «САЗИ» в инфраструктурное строительство пришла относительно недавно и за короткое время достигла больших успехов. Уже сегодня ее материалы испытаны

и используются на многих объектах дорожного и аэродромного строительства. В их числе:

■ **Северный обход Кутузовского проспекта в Москве.** Швы сжатия, обработанные материалами «САЗИ», работают без нареканий. Компания не только поставила материалы для этих стыков. Специалисты САЗИ участвовали в разработке проекта швов, что положительно повлияло на их качество и надежность. (фото 5).



Фото 5

■ **Автодороги и мосты в Подмосковье.** На одном из мостов в составе платной автодороги были заделаны стыки пешеходной дорожки. Изначально использовался битумно-полимерный материал, отслоение которого привело к процессам коррозии бетонных плит моста. После применения полисульфидных герметиков «САЗИ» проблема была решена (фото 6). Герметик компании хорошо себя проявил и на другой платной автомобильной дороге в Московской области. После года эксплуатации в зоне ПВП не обнаружено каких-либо изменений в состоянии шва (фото 7).

■ **Автодорожный тоннель в Москве.** В одном из московских тоннелей изначально был применен полиуретановый герметик, не предназначенный для условий



Фото 6



Фото 7

высокой загазованности. Это привело к его быстрому разрушению. После его замены на герметик ГК «САЗИ» проблема была устранена (фото 8).

■ **Аэродром Внуково-3.** Деформационные швы, выполненные 10 лет назад, сегодня работают, как новые. (фото 9)



Фото 8



Фото 9

■ **Аэропорт Бреста.** На аэродроме был проведен тест герметика на асфальтобетонном покрытии. Проверка шва после года эксплуатации показала надежную адгезию герметика «САЗИ» к асфальтобетону (фото 10).

■ **УПРДОР «Вилуй».** Специалистами компании «САЗИ» была разработана специальная методика, позволяющая исключить циклическое разрушение, в результате чего морозобойные трещины в асфальтобетоне, швы в которых раньше разрушались за один сезон, теперь надежно загерметизированы.



Фото 10

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В числе основных факторов, которые обеспечили компании «САЗИ» лидерские позиции на рынке:

1. **ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ.** Предприятие разрабатывает не только материалы, но и инструменты для их нанесения, что обеспечивает как качество работ, так и производительность, в разы выше, чем у конкурентов.
2. **ОПЫТ.** 30 лет работы в самых разных отраслях — от электроники и авиации до многих областей строительства и ремонта — позволяют специалистам компании предлагать высокоэффективные решения для любых задач.
3. **ПОДХОД.** Компания не просто производит и реализует герметики, ее специалисты помогают проектировать швы, что позволяет избежать ошибок на этапе чертежей.

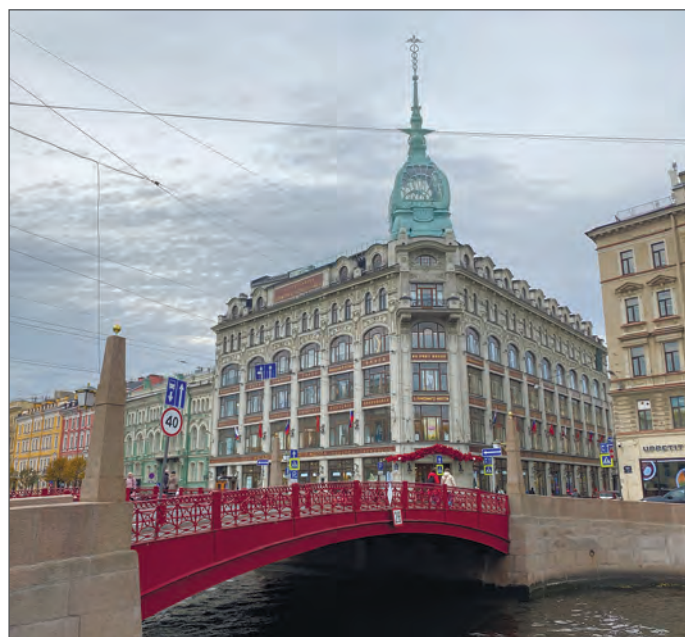


«КРОНОС СПБ»: МОСТЫ ЗАЩИТИМ НАДЕЖНО

НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ОДНУ ИЗ ЛИДИРУЮЩИХ ПОЗИЦИЙ ЗАНИМАЕТ АО «КРОНОС СПБ». ЗА ПЛЕЧАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ — БОГАТЫЙ ОПЫТ И ДОЛГАЯ ИСТОРИЯ. СЕГОДНЯ ЛАКОКРАСОЧНЫЙ ЗАВОД ВЫПУСКАЕТ ШИРОКИЙ АССОРТИМЕНТ ПРОДУКЦИИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ИННОВАЦИОННОЙ, ИЗГОТАВЛИВАЕМОЙ НА ОСНОВЕ СОБСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК.

Завод «КРОНОС СПБ» является одним из старейших предприятий в лакокрасочной отрасли Санкт-Петербурга. Первое производственное здание (цех масляных красок) было построено еще в 1938 году. Спустя полвека, с приходом новой команды, лакокрасочный завод начал новый этап своего развития: определились направления деятельности, расширился ассортимент выпускаемой продукции, объем производства вырос с 20 т до 200–300 т в месяц.

В последнее десятилетие предприятие делает упор на развитие научно-технической базы. В 2019 году открыта новейшая лаборатория, оснащенная самым передовым оборудованием для разработки инновационных химических композиций, получения и испытания новых видов продукции. Такая модернизация стала своевременной и дальновидной. В лакокрасочной индустрии, начиная с 2022 года, высокотехнологичные



материалы отечественных производителей оказались востребованы в рамках ставшего необходимостью импортозамещения.

ПО ДОРОГЕ К МОСТАМ

— Основная часть продукции, выпускаемая заводом в настоящее время, условно может быть разделена на две группы: полный спектр материалов для дорожной разметки и материалы для антикоррозионной и гидроизоляционной защиты, — рассказывает первый заместитель генерального директора предприятия Григорий Михайлович Мурашов. — Мы выпускаем защитные покрытия для магистральных нефтегазопроводов, гидроизоляционные покрытия для искусственных транспортных сооружений, а также весь спектр материалов для дорожной разметки. Несколько петербургских мостов окрашены защитными системами «КРОНОС-Деко» и



«Пигмокрон», согласованными с Комитетом по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры (КГИОП).

Помимо защитно-декоративных составов, широко применяются материалы для устройства и восстановления дорожной одежды: среди последних реализованных проектов хотелось бы выделить работы по облегчению разводной части Володарского моста, где традиционно используемое асфальтобетонное покрытие было заменено на тонкослойную систему «Кронфлекс», которая при сопоставимой прочности позволила снизить массу дорожного полотна в несколько раз. Все работы выполняются, как правило, силами подрядной организации АО «ТРЕСТ», но всегда исключительно продукцией «КРОНОС СПБ».

Предприятие более 30 лет тесно сотрудничает с ОАО «РЖД»: с 1997 года на заводе изготавливают эмали для антикоррозионной защиты подвижного состава. Важным этапом развития стала сертификация нескольких систем гидроизоляции для мостовых сооружений. Стоит отметить, что материалы для защиты мостовых конструкций и дорожной одежды вызвали интерес и в дорожной отрасли. Так, покрытие «Гермокрон Гидро» внесено в реестр Государственной компании «Российские автомобильные дороги» (ГК «Автодор») и успело продемонстрировать свою прочность при эксплуатации трассы М-11 «Нева».

В настоящий момент ведется обширная работа по продвижению на рынки гидротехнического строительства и городского транспорта: в арсенале предприятия имеются инновационные разработки для железных дорог, трамвайных путей («Виброкрон») и метрополитена (CRONKIT). Материалы, предлагаемые сегодня предприятием, предназначены для эксплуатации практически в любом температурном диапазоне российских регионов, в которых строят мостовые сооружения. Стандартно это от –40 °С до +60 °С. Возможно расширение диапазона до

–60 °С и до +70 °С, если того требует проектная документация. Проверка свойств материалов осуществляется в собственных лабораториях на основе как официальных, государственных и отраслевых методик, так и методик собственной разработки.

ОТ КАДРОВ — К КАЧЕСТВУ

Владимир Васильев, начальник отдела разработки и внедрения новых технологий, рассказывает, что взаимодействие с научными центрами позволяет решать прикладные задачи передовыми научными методами. В команде «КРОНОС СПБ» — доктор и кандидаты химических наук, авторы многочисленных публикаций, которые успешно совмещают работу на предприятии с преподавательской и исследовательской деятельностью. Партнерство с научными институтами и учебными заведениями дает компании доступ к высокотехнологичным методам испытаний и современному измерительному оборудованию. Благодаря такому подходу обеспечивается возможность разработки и вывода на рынок уникальной, не имеющей аналогов продукции, осуществления полного промышленного цикла, включая синтез сополимеров и контроль специфических показателей.

Предприятие уделяет большое внимание подготовке кадров: организуется проведение практических работ со студентами, проходящими обучение в магистратуре, многие сотрудники присоединились к команде после обучения на профильных кафедрах вузов, включая





Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет) и Национальный исследовательский университет ИТМО в Санкт-Петербурге.

ОТ КАЧЕСТВА — К ПЕРСПЕКТИВАМ

Квалифицированные кадры — один из главных залогов качества, а многолетняя гарантия на материалы и отсутствие рекламаций — его ключевые показатели.

— Гарантийный срок эксплуатации покрытий напрямую зависит от условий эксплуатации, и, конечно, при разработке каждого материала мы уделяем особое внимание соответствию самым суровым требованиям, — уточняет Владимир Васильев. — При разработке новых материалов мы можем только предсказать сроки ре-



альной эксплуатации. Но зачастую даже в нормативно-технической документации закладывается гарантия на гораздо меньшее время, чем продемонстрированное в лабораторных условиях. На сегодня мы имеем опыт безремонтной эксплуатации антикоррозионных покрытий на основе наших материалов 15 лет. По дорожно-разметочным материалам — более пяти лет.

По словам Григория Мурашова, предприятие стремится к минимизации случаев гарантийного обслуживания, возникающих при эксплуатации покрытий. Кредо компании: «Мы принципиально не делаем продукцию, за которую может быть стыдно».

— Наше преимущество перед конкурентами — это высокое качество и тесное сотрудничество с клиентами на всех этапах. Уже на этапе подбора материала мы четко понимаем, как его будут применять и что отвержденное покрытие будет соответствовать всем необходимым требованиям. Практически каждое взаимодействие не ограничивается только продажей: мы уделяем особое внимание подбору оборудования, отработке оптимальной технологии нанесения, обучению персонала заказчика и контролю технологических режимов. В сочетании с высоким вниманием к качеству мы можем быть уверены, что ожидания заказчика оправдаются, — резюмирует заместитель директора.



www.lkz-kronos.ru

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°C .
7. UV-стабильно, имеет благородный серый цвет.

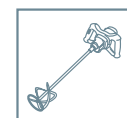
ВНЕСЕНО В СТО-01393674-007

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

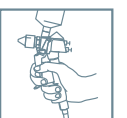
**Закажите
бесплатный
образец**



01. Подготовка



02. Нанесение



8 800 222 3763 — Горячая линия по вопросам Цинкирования

✕ В Т С Л Ю @ZinkerRussia

СОВРЕМЕННЫЕ АНТИКОРРОЗИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАЙОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Круглый стол

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ АНТИКОРРОЗИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОНСТРУКЦИЙ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ ДОСТИГЛИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ УСПЕХОВ, ПОДТВЕРЖДЕННЫХ МЕЖДУНАРОДНЫМИ СТАНДАРТАМИ. А КАК ОБСТОЯТ ДЕЛА С РОССИЙСКОЙ СПЕЦИФИКОЙ, СВЯЗАННОЙ С ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР? АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ВОЗРАСТАЕТ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ КРУПНЫХ ПРОЕКТОВ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КРАЙНЕГО СЕВЕРА. В ФОРМАТЕ ЗАОЧНОГО КРУГЛОГО СТОЛА О СВОИХ ДОСТИЖЕНИЯХ И РЕШЕНИЯХ, КОТОРЫЕ МОГУТ НАДЕЖНО РАБОТАТЬ ДАЖЕ В ЗАПОЛЯРЬЕ, РАССКАЗАЛИ ИЗВЕСТНЫЕ В СТРАНЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ АНТИКОРРОЗИОННЫХ СИСТЕМ.



Василий БОЧАРОВ,
генеральный директор
ООО «ЦИНКЕР»



Владимир ВАСИЛЬЕВ,
начальник отдела внедрения
новых технологий
АО «КРОНОС СПб»



Дмитрий КАНЕВ,
зам. директора по техническим
вопросам Дирекции
транспортного строительства
Научно-производственного
холдинга ВМП



Николай ШМАКОВ,
зам. директора по развитию
ООО «Антикоррозионные
защитные покрытия СПб»

Расскажите о новой линейке своих антикоррозионных материалов. Что лежит в их основе?

Дмитрий Канев:

— Холдинг ВМП предлагает комплексные антикоррозионные решения, доказавшие свою эффективность в самых сложных эксплуатационных условиях. В ассортименте широко представлены грунтовки с ингибиторами коррозии, пенетрирующие грунтовки, толстослойные грунт-эмали. Для защиты металлических и бетонных сооружений в мостостроении холдингом ВМП разрабо-

тано более 10 типовых систем покрытий, проверенных многолетним опытом эксплуатации.

Уже многие годы для защиты металлоконструкций широко востребованы цинкнаполненные материалы. Холдинг ВМП изготавливает их на основе цинкового порошка собственного производства. Такой тип грунтовок обеспечивает наиболее надежную защиту. В системах с промежуточными эмалями и финишными слоями они гарантируют очень высокий (более 25 лет) и высокий (15-25 лет) сроки службы в средах C3, C4, C5, CX по ISO 12944.

В ассортименте холдинга ВМП, помимо традиционных трехслойных систем, также есть двухслойные системы на основе эпоксидных грунтовок с минеральными пигментами. Данные современные покрытия, как и трехслойные системы, способны обеспечивать максимальную долговечность (более 25 лет) не только в городской атмосфере, но и в экстремальных условиях так называемых офшорных сооружений (в шельфовых проектах).

Для защиты бетонных и железобетонных конструкций в различных условиях эксплуатации — от обычной атмосферы до постоянного контакта с водой — идеально подходят эпоксидные или полиуретановые пенетрирующие грунтовки.

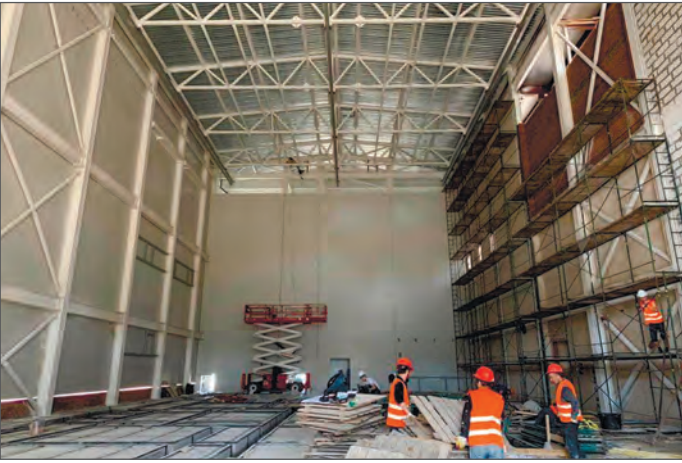
Подбор системы зависит от условий эксплуатации конкретного объекта, в том числе от агрессивности среды, климатических факторов, механических нагрузок и требуемого срока защиты. Каждый вариант подбирается индивидуально и обеспечивает надежную антикоррозионную защиту металлических и бетонных конструкций сроком более 25 лет в самых жестких условиях эксплуатации.

Николай Шмаков:

— Наши специалисты на постоянной основе ведут разработку новых материалов и работают над улучшением действующих рецептур, в том числе для решения задач по защите транспортной инфраструктуры. Практически завершены испытания материала Ecomast E 500, предназначенного для защиты опор мостов и подпорных стенок, подверженных ледовой нагрузке. Его ключевые преимущества — исключительная износостойкость и ударопрочность, что обеспечивает устойчивость к механическим повреждениям в зимний период и во время ледохода. Параллельно ведется модификация эпоксидной грунтовки Ecomast E 280 — мы стремимся сократить время ее сушки, чтобы ускорить окрасочные работы на стройплощадках и производствах металлоконструкций. Также сейчас проходят натурные испытания различных систем для защиты ограждающих блоков типа «Нью-Джерси».

Владимир Васильев:

— Лакокрасочный завод «КРОНОС СПб» уже более 20 лет специализируется преимущественно на материалах для антикоррозионной защиты в нефтегазовом секторе, но есть решения и для конструкций транспортных искусственных сооружений. Сегодняшний рынок диктует новые условия: потребитель требует высококачественные покрытия, на фоне пристального внимания к ценовой политике. И под современные задачи в этом году мы



запускаем в производство несколько новых продуктов. Готовим к выпуску быстросохнущую акрилуретановую эмаль «Кайрос», превосходящую базовую по эластичности и декоративным свойствам. На подходе также Castan Zn — цинкнаполненный грунт первого класса, с содержанием цинка более 85%. Данные продукты помогут нам дополнить существующий на сегодняшний день набор систем, обеспечив потребителю широкий выбор компонентов для антикоррозионной защиты.

Василий Бочаров:

— Наша линейка материалов уже не новая, она у нас первая и единственная. Это состав для защиты от коррозии. В его основе — цинк особой формы, особой химической чистоты и специальный полимер, который позволяет ему активно взаимодействовать с коррозионной средой на протяжении всего срока службы покрытия. С помощью этого состава можно защитить металлоконструкции от коррозии на срок не менее 25 лет. Такие материалы мы производим с 2009 года, а в 2017 году представили рынку новую технологию — цинкирование, т. е. нанесение цинка на металл для защиты его



от коррозии с помощью цинкирующего состава. В 2020 году наша технология была внесена в СП 28.13330.2017, а с 2022 года включена в СТО-01393674-007-2022 по защите мостовых конструкций методом окрашивания.

Есть ли отличия в качестве и долговечности покрытий при нанесении их на заводе-изготовителе или в условиях стройки? Что важно помнить при окрашивании?

Дмитрий Канев:
— Качество покрытия напрямую зависит от условий нанесения. На заводе-изготовителе металлоконструкций можно обеспечить более качественную подготовку поверхности: дробеструйную очистку до степени Sa 2½ — Sa 3, обезжиривание и нанесение и сушку в контролируемых условиях (температура, влажность, отсутствие пыли).
При нанесении ЛКМ в полевых условиях важно строго соблюдать технологию. Ключевые моменты: тщательная очистка поверхности от ржавчины и загрязнений, контроль температуры и влажности, а также соблюдение требований, описанных в технической документации материалов.
В условиях высоких широт с низкими температурами и высокой относительной влажностью воздуха часто отсутствуют благоприятные условия для нанесения большинства защитных покрытий. Для таких случаев мы предлагаем линейку материалов на основе влагоотверждаемых полиуретанов, нанесение которых возможно в самых неблагоприятных условиях без сооружения специальных укрытий.
При невозможности проведения абразивоструйной подготовки поверхности на строительной площадке, например, в случае реконструкции действующего производства, допускается проведение очистки ручным и механизированным инструментом до степени 3 по ГОСТ 9.402-2004 (St 3 или St 2 по ISO 8501-1:2007). В таком случае необходимо применять грунтовку, толерантную к подготовке поверхности. При этом необходимо учитывать, что чем хуже подготовка, тем ниже прогнозируемый срок службы покрытия.
Для таких случаев в ассортименте ВМП есть грунт-эмаль для металлических конструкций ИЗОЛЭП-mastic. Она формирует на минимально подготовленной поверхности толстослойное покрытие и обеспечивает надежную долговременную защиту. Этот материал также применяется в трехслойной системе для защиты бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений.



Технология нанесения материалов ВМП освоена десятками предприятий страны: заводами-изготовителями металлоконструкций, строительно-монтажными организациями и окрасочными фирмами. Для соблюдения технологии холдинг всегда готов предоставить техническую поддержку и обучить специалистов, работающих с нашими материалами.

Владимир Васильев:
— Наши технические специалисты всегда обращают особое внимание на качество подготовки поверхности перед окрашиванием. Очевидно, что обеспечение одинаковых условий при выполнении работ на заводе-изготовителе и в «поле» не представляется возможным. На заводе возможно поддержание определенных температурных режимов и влажности — параметров, которые напрямую влияют на качество и долговечность антикоррозионной защиты. Помимо этого, в заводских условиях возможно осуществление дополнительных технологических операций: отжиг металлических изделий, промывка металла, химическая обработка окрашиваемой поверхности (например, фосфатирование), прогрев для более полной полимеризации покрытия и пр. В то же время при окрашивании конструкций на объекте особое значение, помимо контроля температуры и влажности, получают точка росы, запыленность и содержание солей. Жестко должны соблюдаться прописанные в технической документации временные интервалы между подготовкой поверхности и выполнением окрасочных работ. При нанесении наших материалов мы всегда добиваемся от подрядных организаций соблюдения технологических требований, а при необходимости можем обучить персонал различным тонкостям работы по антикоррозионной защите металлических конструкций и изделий.

Николай Шмаков:
— Безусловно, предпочтительнее наносить антикоррозионные системы на заводе-изготовителе. Это позволяет обеспечить стабильные климатические условия и операционный контроль нанесения защитной системы. При этом исключаются затраты на устройство укрытий на стройплощадке и существенно снижается объем работ по окраске в процессе строительства.
Напротив, в полевых условиях процесс нанесения лакокрасочного покрытия зависит от погодных условий, что растягивает сроки выполняемых работ и является критичным для регионов с коротким строительным сезоном.
Если работы ведутся на монтажной площадке, мы рекомендуем привлекать независимых инспекторов защитных покрытий для соблюдения технологии нанесения материалов подрядчиком и обеспечения необходимого результата и качества.

Василий Бочаров:
— Применительно к условиям нанесения наших материалов — разницы нет. Если все делать по инструкции, то не важно, где это делается — на заводе или на объекте. Именно тем и хороша наша технология, что покрытие можно наносить как в цеху, так и в полевых условиях.
Подчеркну: при окрашивании, однако, важно строго соблюдать инструкцию. Это единственное требование, ничего другого нет. Инструкция несложная, в ней все расписано, буквально, в рамках нескольких этапов.
Первое — это подготовка поверхности. Абразивоструйная очистка до степени St 2.5 по ISO-8501. Второе — это подготовка состава. Он однокомпонентный, поэтому не надо ничего смешивать, отмерять. Просто нужно взять емкость с составом, открыть ее и тщательно размешать до полной однородности. Третье — это нанесение. Состав наносим обычной кистью, валиком — или методом воздушного или безвоздушного распыления. И четвертое — это послойная сушка. Она осуществляется в естественных условиях, и степень 3 («на отлип») при 20 °С достигается за 30 минут. Через полчаса наносим второй слой, ждем его высыхания. Через 72 часа объект можно вводить в эксплуатацию.

Насколько устойчивы ваши материалы к агрессивным средам?

Василий Бочаров:
— Наши материалы достаточно устойчивы. Просто надо понимать, что такое агрессивные среды.
Если мы будем ссылаться на какие-то нормативные документы, то по ISO-12944 наше покрытие имеет срок

службы от 15 до 25 лет в категории C5 и более 25 лет в категории C4. Если говорим о ГОСТ 9.402-2004, то срок службы — не меньше 25 лет в УХЛ1. А если рассматривать СП 28.13330.2017, то здесь цинкирование рекомендовано как самостоятельное покрытие в следующих категориях: слабоагрессивная, слабоагрессивная-1, слабоагрессивная-2. К ним относится абсолютное большинство условий эксплуатации на открытом воздухе, в промышленной атмосфере.

Николай Шмаков:
— Материалы Ecomast обладают высокой стойкостью к различным агрессивным воздействиям. Так, для защиты мостовых стальных и железобетонных конструкций используются решения с пленкообразующим покрытием, стойким к воздействию реагентов, масла, бензинов, агрессивных газов. В качестве грунтовочных и промежуточных материалов для защиты стальных конструкций применяются эпоксидные материалы полиаминного и полиамидного отверждения с антикоррозионными пигментами на основе цинка и фосфатов. В качестве финишных материалов — светостойкие и химостойкие полиуретановые эмали. Для защиты бетона применяются материалы Ecomast на основе паропроницаемых эпоксилатексных составов и однокомпонентных красок, стойких к воздействию агрессивных веществ.

Владимир Васильев:
— Большая часть наших материалов, предназначенных для антикоррозионной защиты, базируются на основе полиуретановых и эпоксидных связующих, которые, исходя из своей природы, обеспечивают достаточно высокий уровень химической и термической стойкости. Естественно, что в зависимости от условий эксплуатации к различным конструкциям и изделиям предъявляются различные требования по стойкости к агрессивным средам. В каждом конкретном случае мы проводим комплекс испытаний, подтверждающий возможность применения предлагаемой системы. В большинстве случаев они проводятся в независимых лабораториях и испытательных центрах, однако, в случае наличия специфических требований, мы можем разработать методики и провести испытания в аттестованных лабораториях нашего предприятия или в научно-исследовательских институтах, с которыми ведем сотрудничество.

Дмитрий Канев:
— Антикоррозионные материалы ВМП обладают отличной устойчивостью к различным агрессивным средам. Они специально разработаны для защиты металлических



и бетонных конструкций в самых экстремальных условиях — от морских платформ до промышленных предприятий. В ходе испытаний материалы доказали свою эффективность против коррозии, вызванной морской водой, солевыми туманами, нефтью и нефтепродуктами, химическими реагентами и перепадами температур.

В транспортном строительстве материалы ВМП используются уже более 30 лет. За это время ими было защищено более 600 транспортных сооружений, общей площадью поверхностей более 8 млн м², что наглядно подтверждает их эффективность и востребованность в отрасли.

ВМП постоянно совершенствует технологии, повышая эффективность покрытий. Это позволяет предлагать заказчикам современные решения с гарантированным высоким сроком службы лет в различных климатических условиях, обеспечивая надежную защиту объектов транспортной инфраструктуры.

При какой минимальной температуре возможно производить нанесение защитного слоя? Как ваши материалы ведут себя в процессе эксплуатации в условиях низких температур Заполярья?

Николай Шмаков:

— Возможность нанесения материалов при отрицательных температурах определяется типом отверждения состава. У нас есть решение, о чем я расскажу ниже.

Немного теории: для материалов физического отверждения условия нанесения ограничиваются темпера-

турой кристаллизации растворителей в составе краски. Для материалов химического отверждения они, как правило, ограничиваются –10 °С, для материалов кислородного отверждения — +5 °С. Также стоит отметить, что для ЛКМ на водной основе ограничения еще жестче. Отверждение таких материалов, за счет природы разбавителя, рекомендуется не ниже +8 °С. При этом нормативная документация по СП 72.13330.2016 запрещает производство работ по абразивоструйной очистке при +5 °С, что нужно учитывать при окрасочных работах.

В условиях низких температур Заполярья необходимо использовать материалы с высокими показателями прочности на разрыв и сжатие, а также иметь достаточное относительное удлинение. Из-за изменения линейных размеров металлоконструкций при низких температурах возможно образование растрескивания покрытия. Это происходит в случае низких показателей физико-механических характеристик, свойственных однокомпонентным лакокрасочным материалам. Для арктических условий мы предлагаем систему на основе эпоксидной цинк-наполненной грунтовки Ecomast E Zn, промежуточного материала Ecomast E 280 и финишной полиуретановой эмали Ecomast Pu 74. Эти материалы обладают необходимыми характеристиками для эксплуатации окрашенных металлоконструкций при температуре до –60 °С.

Василий Бочаров:

— Температура нанесения наших материалов — от –35 до +50 °С. Это очень удобный диапазон. А температура эксплуатации от –60 до +150 °С. Все эти данные подтверждены как практикой, так и лабораторными исследованиями.

Владимир Васильев:

— В исследовательской лаборатории «КРОНОС СПб» многократно проводились исследования, направленные на расширение температурного диапазона нанесения и полимеризации наших материалов. Наиболее оптимальное сочетание эксплуатационных характеристик демонстрируют покрытия, отверждение которых проводилось при температуре не менее +5 °С. При этом стоит учитывать, что при проведении работ в подобных условиях требования к контролю технологических параметров становятся на порядок выше. Тем не менее, при соблюдении всех технологических требований по подготовке поверхности и условий полимеризации покрытий можно быть уверенным в получении высокого уровня качества и долговечности антикоррозионной защиты. Стоит уточнить, что покрытия, полученные при соблюдении этих требований, могут эксплуатироваться при значительно более низких температурах, вплоть до –60 °С.

При более низких температурах в процессы нанесения и полимеризации начинают вмешиваться параметры, контроль которых не представляется возможным: например, образование конденсата и невидимой глазу изморози. Результаты наших исследований неоднократно находили подтверждение в работах крупнейших отраслевых научных центров. При таких температурах значительно ниже также степень полимеризации эпоксидных и полиуретановых смол. Как следствие, получаемое покрытие обладает более высоким водопоглощением и заметно сниженными физико-механическими параметрами. Возможный гарантийный срок службы при этом будет снижаться вместе с температурой в геометрической прогрессии.

Дмитрий Канев:

— Для большинства лакокрасочных материалов естественной сушки рекомендуемый температурный интервал нанесения находится в диапазоне от + 5 до + 35 °С, температурный оптимум: +20 °С. При этом основным фактором, препятствующим качественному нанесению покрытия, являются не низкие температуры, а высокая относительная влажность воздуха и точка росы.

Согласно ГОСТ 16350-80, примерно 2/3 территории РФ находится в зоне холодного или очень холодного климата, где температуры не только далеки от оптимальных, но и большую часть года выпадают из допустимых параметров для проведения окрасочных работ.

Тем не менее, покрытия ВМП защищают объекты в различных климатических условиях, в том числе в зонах Крайнего Севера и Арктики. В ассортименте холдинга есть материалы, которые можно наносить при отрицательных температурах.

Наши покрытия способны обеспечивать защиту металлических и бетонных конструкций в условиях умеренного и холодного климата на 30 лет и более, при этом срок службы зависит от ряда факторов, включая климатические условия, степень агрессивности среды, качество подготовки поверхности и т. д.

Отметим, что материалы ВМП широко используются на арктических объектах, расположенных за полярным кругом, включая инфраструктурные мосты в рамках обустройства нефтегазовых месторождений, таких как «Ямал СПГ», проект «Восток Ойл» и других, зарекомендовав себя как надежное и эффективное решение для защиты от коррозии.

Где проводилась сертификация вашей продукции? На какие минимальные температуры испытывались ваши материалы? Какие гарантийные сроки у ваших антикоррозионных систем?

Дмитрий Канев:

— Покрытия ВМП успешно прошли испытания, имеют заключения, одобрены и рекомендованы к применению отраслевыми специализированными испытательными центрами, включая ЦНИИТС, ВНИИЖТ, НИИЖБ, НИИМосстрой, НПО «Лакокраскокрытие», ЦНИИПСК им. Мельникова, НИИ дорог и мостов в Варшаве, Институт антикоррозионной защиты в Дрездене и другие. Наши покрытия соответствуют требованиям ГОСТ 9.401, ГОСТ 34667-6,9, ISO 12944:6,9, NORSOK M-501, что подтверждает их надежность и безопасность. В рамках обязательных климатических испытаний наши системы подвергаются воздействию низких температур в камере холода до –60±2 °С.

Необходимо разделить понятия «гарантийный» и «ожидаемый/прогнозируемый» срок службы покрытия,



и не существует правил, связывающих эти два периода времени.

Гарантийный срок — это юридическое понятие, которое является предметом договоренности между сторонами, для каждого объекта определяется индивидуально.

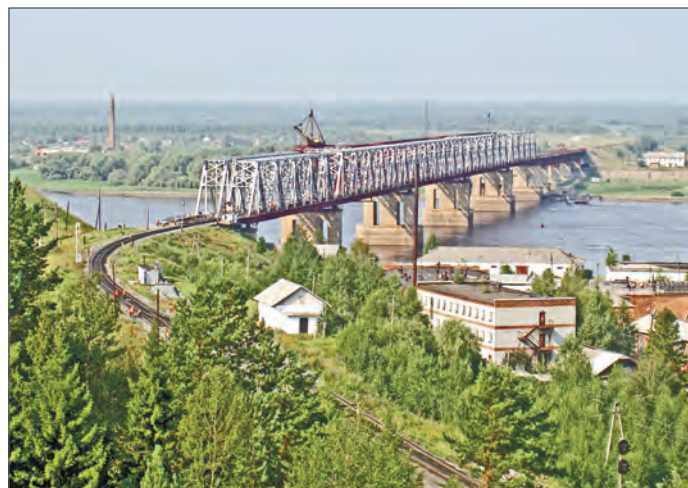
Ожидаемый/прогнозируемый срок службы — срок службы до первого капитального ремонта, т. е. это техническое понятие, которое позволяет эксплуатирующей организации установить и заранее планировать программу техобслуживания объекта. Прогнозируемые сроки подтверждаются результатами ускоренных испытаний в аттестованных лабораториях по стандартным методикам или ориентировочно оцениваются в соответствии со стандартами ISO 12944:6, ГОСТ 34667-6,9 и/или ГОСТ 9.401.

Поставщики ЛКМ, в том числе холдинг ВМП, несут ответственность за гарантийный срок службы покрытия совместно с производителем работ по антикоррозионной защите на основании договора о гарантиях, в котором отражаются условия эксплуатации покрытия, понятие допустимого дефекта, их количество по годам эксплуатации, сроки предоставления гарантий и их объем.

Одним из важнейших элементов механизма исполнения гарантийных обязательств по противокоррозионной защите является соблюдение утвержденного технологического регламента и выполнение эталонных участков по ISO 12944:7,8. На основе эталонных участков определяется ответственность за качество покрытия при возникновении дефектов в гарантийный период.

Василий Бочаров:

— Сертификация нашей продукции проводилась в различных лабораториях, институтах: и в ЦНИИПСК им. Мельникова, и в МИСиСе, и в испытательной лаборатории «ЛКП-Хотьково-Тест», и в одной из зарубежных



лабораторий, и т. д. Мы постоянно что-то испытываем, что-то исследуем.

Что касается эксплуатации, то материалы испытывались на $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Как показали испытания, покрытие оставалось эластичным, оно не трескается при изгибах, небольших деформациях и при экстремальной температуре.

Прогнозируемый срок службы наших покрытий — не менее 25 лет. Если мы говорим о каких-то гарантиях, то это отдельная услуга. И оформляется она, соответственно, по-другому. Делается это на определенных условиях. Кому нужна гарантия, мы без проблем готовы ее предоставить. А прогнозируемый срок службы обеспечивается покрытием толщиной в 120 микрон в УХЛ1 в промышленной атмосфере, либо в С4 по ISO 12944.

Николай Шмаков:

— Испытания нашей продукции проводятся в ведущих отраслевых центрах: в АО «ЦНИИТС», АО «ВНИИЖТ», ООО «НПЦ Самара», АО «ЦНИИПСК им. Мельникова», ООО «НПО Лакокраскопокрытие» и др. Большинство покрытий на основе материалов Ecomast может эксплуатироваться при температуре от -60 до $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$ в атмосферных условиях. Системы на основе материалов Ecomast для окраски мостовых конструкций испытаны по методикам ISO 12944:2018 (прогнозируемый срок службы 25+ лет) и ГОСТ 9.401 (срок защиты — свыше 30 лет).

Мы предлагаем комплексные решения для антикоррозионной защиты, адаптированные под разные климатические и эксплуатационные условия. Приоритеты ООО «Антикоррозионные защитные покрытия СПб» — долговечность, технологичность и соответствие международным стандартам.

ECOMAST

- ◆ АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА
- ◆ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ
- ◆ ОГНЕЗАЩИТА
- ◆ ВЫСОКАЯ СТОЙКОСТЬ К АГРЕССИВНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ



ОТРАСЛЕВЫЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ АО ЦНИИТС

Системы внесены:

в СТО-01393674-008-2024,
в СТО-01393674-007-2022.

СТО-06137326-001-2029 (согласовано
с ГК «АВТОДОР»)

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ И БЕТОНА

+7 (812)

335-95-69

ECOMAST.COM



БОЛЬШОЙ СМОЛЕНСКИЙ МОСТ ЗАЩИЩАЮТ ОТ КОРРОЗИИ ПОКРЫТИЯ ВМП

СТРОИТЕЛЬСТВО БОЛЬШОГО СМОЛЕНСКОГО МОСТА ЧЕРЕЗ НЕВУ – ОДИН ИЗ КЛЮЧЕВЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА, ПРИЗВАННЫЙ УЛУЧШИТЬ ТРАНСПОРТНУЮ СВЯЗНОСТЬ ГОРОДА И РАЗГРУЗИТЬ ЦЕНТРАЛЬНЫЕ МАГИСТРАЛИ. ЭТОТ МАСШТАБНЫЙ ОБЪЕКТ СТАНЕТ ПЕРВЫМ РАЗВОДНЫМ МОСТОМ, ПОСТРОЕННЫМ В СЕВЕРНОЙ СТОЛИЦЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 40 ЛЕТ.

Длина сооружения составляет 1,6 км, а его конструкция включает шесть полос для автомобильного движения, две трамвайные линии, пешеходные и велосипедные дорожки. Беспрепятственный проход судов обеспечит разводной пролет шириной 60 м. Важнейшим элементом повышения долговечности мостового сооружения в суровом климате Санкт-Петербурга стала антикоррозионная система, разработанная холдингом ВМП.

АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Для защиты металлических поверхностей используется система на основе эпоксидной грунтовки с ингибитором коррозии пролонгированного действия ИЗОЛЭП-primer, создающая прочный слой, устойчивый к воздействию агрессивных сред. Финишное покрытие ПОЛИТОН-УР(УФ) защищает металл от ультрафиолетового излучения и обеспечивает долговечность конструкций, сохраняя высокие декоративные свойства покрытия, включая устойчивость к выцветанию. Для защиты свайных опор моста, постоянно находящихся в воде, применяется широко востребованное на рынке эпоксидное покрытие ИЗОЛЭП-гидро, устойчивое к продолжительному воздействию воды, растворенных солей и других агрессивных химических соединений.

АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Для защиты бетонных элементов русловых опор мостового перехода от воздействия влаги, химических веществ и перепадов температур применяется трехслойная система покрытий: эпоксидная грунтовка ИЗОЛЭП-про, толстослойная грунт-эмаль ИЗОЛЭП-mastic и финишное покрытие ПОЛИТОН-УР(УФ), защищающее от ультрафиолета и обеспечивающее конструкциям декоративный внешний вид согласно проекту.



ЗАЩИТА ОТ ВАНДАЛИЗМА

Для защиты архитектурных элементов Большого Смоленского моста от несанкционированного нанесения граффити применяется специальная антивандальная система покрытий. В ее состав входит грунт-эмаль АЛИСТЕРУС 3105, формирующая прочное базовое покрытие, и специализированный лак АЛИСТЕРУС 1702, создающий гладкую поверхность с антиадгезионными свойствами. Материалы облегчают удаление граффити без повреждения основного защитного покрытия. Это позволит поддерживать эстетический вид моста и снизить затраты на его обслуживание.

Использование материалов ВМП для защиты Большого Смоленского моста обеспечивает сохранность конструкций от внешних воздействий, что особенно важно в сложных климатических условиях города на Неве.

Покрытия, выбранные для защиты нового моста, имеют большой опыт применения и на различных транспортных объектах в разных климатических зонах. Среди них:

- Фрунзенский и Крымский мосты через Москва-реку;
- Мосты через Оку и Суру на скоростной автодороге М-12 «Восток»;
- Обход Тольятти с мостом через Волгу;
- Звездный мост через Томь в Кемерово;
- Высокогорский мост через Енисей;
- Архангельский мост через Шексну;
- Президентский мост через Волгу в Ульяновске и др.



ВМП ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ

ДЛЯ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ



Объекты скоростной автомобильной трассы М-12. Мост через р. Оку.
Металлические конструкции: ИЗОЛЭП-primer + ИЗОЛЭП-mio + ПОЛИТОН-УР(УФ) и другие
Железобетонные конструкции: АЛИСТЕРУС 3105, ФЕРРОТАН + ФЕРРОТАН-про + ПОЛИТОН-УР(УФ)

- ЗАЩИТА МЕТАЛЛА И БЕТОНА
- НОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И РЕМОНТ
- ВСЕСЕЗОННОЕ НАНЕСЕНИЕ
- ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ
ЭПОКСИДНЫЕ И ПОЛИУРЕТАНОВЫЕ
МАТЕРИАЛЫ



Мостовой переход «Архангельский» через р. Шексну, г. Череповец
Металлические конструкции: ЦИНОТАН + ПОЛИТОН-УР + ПОЛИТОН-УР (УФ)
Железобетонные опоры и пилоны: ФЕРРОТАН-про + ФЕРРОТАН + ПОЛИТОН-УР (УФ)



Высокогорский мост через р. Енисей. Красноярский край
Металлические конструкции: ЦИНОТАН + ПОЛИТОН-УР + ПОЛИТОН-УР(УФ)

- ЦИНКНАПОЛНЕННЫЕ ГРУНТОВКИ
ДЛЯ ХОЛОДНОГО ЦИНКОВАНИЯ СТАЛИ
- ВСЕСТОРОННЯЯ СЕРТИФИКАЦИЯ
- ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ – БОЛЕЕ 8 МЛН М²
ПОВЕРХНОСТЕЙ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ
- ШИРОКИЙ И КАЧЕСТВЕННЫЙ СЕРВИС



Бесплатный звонок по России
8-800-500-54-00
www.vmp-anticor.ru

ЭМУЛЬГАТОР «ИНСТАБ»:



Республика Татарстан, Казань,
ул. Достоевского, 52, оф.108
roadster116@gmail.com
www.potok-plus.ru

ЭКОЛОГИЧНАЯ ИННОВАЦИЯ

СПЕЦИАЛИСТАМИ ООО «ПОТОК ПЛЮС» ПРИ
СОДЕЙСТВИИ ИНЖЕНЕРОВ-ХИМИКОВ ОАО
«ТАТНЕФТЕХИМИНВЕСТ-ХОЛДИНГ» В 2024 ГОДУ
БЫЛ РАЗРАБОТАН ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОДУКТ
— ЭМУЛЬГАТОР ДЛЯ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ
БЫСТРОРАСПАДАЮЩИХСЯ (ЭБДК Б) И
СРЕДНЕРАСПАДАЮЩИХСЯ (ЭБДК С) «ИНСТАБ». В РАМКАХ ПРОГРАММЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ
ДЛЯ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА ИСПОЛЬЗУЕТСЯ
ПРЕИМУЩЕСТВЕННО РОССИЙСКОМ СЫРЬЕ.

При разработке продукта учитывался бесценный эксплуатационный опыт сотрудников асфальто-бетонных заводов, которые работают непосредственно с подобной технологией. Их пожелания легли в основу разрабатываемого эмульгатора. Например, у продукта сильно снижен аромат химического запаха. «Инстаб» не содержит токсических соединений, синтетических углеводов, а доля аминокислотных компонентов сведена к минимуму. Используя возобновляемое сырье на основе растительных масел, минимизируя аминные соединения, специалисты ООО «Поток плюс» смогли сделать производство безотходным, ликвидировав воздействие на окружающую среду в виде аминных испарений и побочных аминокислотных отходов синтеза. Это, в свою очередь, позволило снизить потребление энергии при синтезе и уменьшить его время, что привело к снижению себестоимости продукта. Высокая степень текучести позволяет точнее проводить дозировки. Продукт не задерживается в трубопроводах и дозаторах, не позволяя им засоряться.

«Инстаб» дозируется в пределах 0,2–1,5%. В зависимости от его концентрации могут быть получены эмульсии различных классов — однородные по своему составу, тонкодисперсные, устойчивые во времени. Рекомендуется подбирать концентрацию эмульгатора для конкрет-

Таблица 1.
Технологические параметры эмульгатора

Физико-механические показатели	«Инстаб ЭМ»
Внешний вид	Вязкая жидкость светло-коричневого цвета
Аминное число мг HCl/г	90-130
Динамическая вязкость, Па·с, при 10 °С	0,413
Динамическая вязкость, Па·с, при 150 °С	0,005
Плотность, г/см³	(0,85±1,05)
Температура каплепадения, °С	+5 °С
Температура вспышки °С. (фактическое значение)	Более 250 °С

ных производственных задач и требуемого состава битумной эмульсии, в зависимости от применяемого минерального материала, происхождения и марки битумного вяжущего.

Испытания, проведенные в независимых лабораториях, позволяют сделать выводы, представленные в табл. 2 и 3.

Таблица 2.
Вид эмульсии ЭБДК Б на эмульгаторе «Инстаб ЭМ», содержание эмульгатора 0,27%

Наименование показателя	Норма по ГОСТ Р 58952.1-2020 для ЭБКД Б	Среднее значение	Требования НД	Значение, соответствие марке	Испытания проведены по ГОСТ
Индекс распада	60-200	200	не более 10%	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.4
Содержание вяжущего с эмульгатором, % по массе	45-70	57,4	не более 1%	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.5
Условная вязкость (50 мл 40 °С, d = 4 мм)с, не более	200	7	не более 1 с	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.6
Адгезия к минеральному материалу, % не менее	50	75	—	—	ГОСТ Р58952.10
Остаток на сите 0,14 мм % не более	0,25	0,03	не более 0,03	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.7
Остаток на сите 0,14 мм, после хранения 7 суток, % не более	0,30	0,29	не более 0,03	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.8 и ГОСТ Р58952.7
Устойчивость к расслоению при хранении 7 сут, % не более.	5	1,3	не более 4%	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.9
Устойчивость при транспортировании	Отсутствие распада эмульсии на воду и битумное вяжущее	Не распадается	—	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.11
Остаток на сите 0,14 мм, % не более (после испытания на устойчивость при транспортировании)	0,25	0,06	не более 0,03	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.11 и ГОСТ Р58952.7
Эмульсия относится к классу ЭБДК Б, испытания эмульсии соответствуют требованиям ГОСТ Р 58952.1-2020.					

Таблица 3.
Вид эмульсии ЭБДК С на эмульгаторе «Инстаб ЭМ», содержание эмульгатора 0,31%

Наименование показателя	Норма по ГОСТ Р 58952.1-2020 для ЭБКД С	Среднее значение	Требования НД	Значение, соответствие марке	Испытания проведены по ГОСТ
Индекс распада	201–260	201	не более 10%	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.4
Содержание вяжущего с эмульгатором, % по массе	45-65	60,5	не более 1%	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.5
Условная вязкость (50 мл 40 °С, d = 4 мм) с, не более	60	8	не более 1 с	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.6
Адгезия к минеральному материалу, % не менее	50	80	—	—	ГОСТ Р58952.10
Остаток на сите 0,14 мм % не более	0,25	0,04	не более 0,03	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.7
Остаток на сите 0,14 мм, после хранения 7 суток, % не более	0,30	0,26	не более 0,03	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.8 и ГОСТ Р58952.7
Устойчивость к расслоению при хранении 7 сут, % не более.	5	1,1	не более 4%	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.9
Устойчивость при транспортировании	Отсутствие распада эмульсии на воду и битумное вяжущее	Не распадается	—	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.11
Остаток на сите 0,14 мм, % не более (после испытания на устойчивость при транспортировании)	0,25	0,08	не более 0,03	обеспечено, да	ГОСТ Р58952.11 и ГОСТ Р58952.7
Эмульсия относится к классу ЭБДК С, испытания эмульсии соответствуют требованиям ГОСТ Р 58952.1-2020.					

ПОСЛЕДСТВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЮЖНОЙ ЕВРОПЕ

Г. С. ШЕСТОПЕРОВ, д. г.-м. н., профессор

(Продолжение. Начало в №№122, 124)

В ПРЕДЛАГАЕМОМ ОБЗОРЕ СОБРАНЫ СВЕДЕНИЯ О НЕСКОЛЬКИХ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ В ПОРТУГАЛИИ, ИСПАНИИ, ИТАЛИИ И ГРЕЦИИ, ОКАЗАВШИХ В ПРОШЛОМ СУЩЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ СРЕДИЗЕМНОМОРСКИХ ЦИВИЛИЗАЦИЙ. ИЗЛОЖЕНИЕ ДОПОЛНЯЕТСЯ ДАННЫМИ О СОВРЕМЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ, ПРИВОДЯТСЯ ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ БАЛОЧНЫХ, РАМНЫХ, АРОЧНЫХ, ВАНТОВЫХ И ВИСЯЧИХ МОСТОВ, ВКЛЮЧАЯ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ СЕЙСМОЗАЩИТЕ, РАЗРАБОТАННЫЕ С УЧЕТОМ ПОСЛЕДСТВИЙ ИСТОРИЧЕСКИХ И СОВРЕМЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ.

ИСПАНИЯ

Инженерно-сейсмологические исследования

Уменьшение потерь от землетрясений в Южной Европе достигается уточнением сейсмической опасности макросейсмическим, инструментальным, расчетным и другими методами с выполнением соответствующих опасности антисейсмических мероприятий и при новом строительстве, и при ремонте и реконструкции старой застройки. Далее рассмотрим характерные для Испании приемы управления сейсмическим риском.

На основании сведений о повреждениях исторической застройки и нарушениях на земной поверхности, сейсмическая опасность 9-балльных толчков по нормам 1974 года [15] регламентирована для двух центров провинций (Гранада и Мурсия), исходная сейсмичность 8 баллов принята для Аликанте и еще двух административных центров провинций, 7 баллов — для Альмерии, Барселоны, Малаги, Севильи, Сарагосы и еще пяти региональных столиц. Сейсмичность с уровнями опасности от 7 до 9 баллов установлена для Эльче и многих других городских поселений, входящих в упомянутые провинции.

При сейсмическом районировании наибольшая опасность горизонтальных колебаний среднего по сейсмическим свойствам грунта (гравий и песок средней плотности выше уровня воды в грунте) определялась по международной шкале сейсмической интенсивности MSK-64, разработанной С. В. Медведевым (Москва), В. Шпонхойером (Йена) и В. Карником (Прага) 60 лет назад. Основное внимание разработчики уделили классифика-

ции жилых зданий старой постройки и описанию их повреждений (разрушений) при землетрясениях интенсивностью от 6 до 10 баллов.

В шкале MSK-64 не приводятся сведения о деформациях и отказах многих разновидностей транспортных сооружений (горных и городских тоннелей, виадуков, опор контактной сети, пассажирских платформ, зданий тяговых подстанций, вокзалов, цехов для ремонта подвижного состава, насыпей и выемок, лавинозащитных галерей и др.). Отсутствие населенных пунктов с жилыми домами старой постройки в труднодоступной горной местности и детальных сведений о состоянии транспортной инфраструктуры, однако, не позволяют без существенных погрешностей установить силу исторических и современных землетрясений во многих районах Испании. Для уточнения исходной сейсмичности сейсмологи прибегают к расчетным и инструментальным методам.

По оценкам А. Marcellini и др. [7], опасность землетрясений на юге и юго-востоке Испании создается пододвиганием в северо-западном направлении Африканской плиты под Иберийский полуостров со скоростью сближения около 10 мм в год. Другая наиболее сейсмически опасная зона расположена на севере страны у границы с Францией в Пиренеях.

По данным сейсмологических исследований, очаги землетрясений в Испании фиксируются на глубинах от нескольких до 350 км. На юго-востоке полуострова, на севере (в Пиренеях) и на шельфе Средиземного моря очаги залегают в основном на глубинах менее 20 км. Тектонические подвижки с промежуточной, большой и очень большой глубиной возникают сравнительно ред-

ко. Вблизи Гранады сейсмические волны могут приходиться с глубины погружения Африканской плиты в астеносферу.

Тектонические и сейсмологические данные о положении очагов землетрясений и магнитуде сейсмических волн позволяют построить изосейсты колебаний грунта по уравнению макросейсмического поля. Для толчков магнитудой $M=7,0$ и глубиной очага $h=20$ км сила землетрясения вблизи эпицентра будет около 9 баллов, на удалении от эпицентра 30 км — 8 баллов, то же на расстоянии 70 км — 7 баллов. Макросейсмический эффект может увеличиваться за счет местных инженерно-геологических и геоморфологических условий.

Сейсмическая опасность также уточняется по показаниям стандартного осциллятора с периодом собственных колебаний $T=0,5$ с, установленного на средний по сейсмическим свойствам грунт. Приведенная в испанских строительных нормах 1974 года инструментальная часть сейсмической шкалы показана в табл. 1.

Таблица 1

Параметры колебаний стандартного осциллятора при землетрясениях силой от 6 до 10 баллов

Опасность землетрясения, баллы	Перемещение, см	Скорости, см/с	Ускорения, см/с ²
6	0.24	3,0	37,7
7	0,48	6,0	75,4
8	0,96	12,0	150,7
9	1,91	24,0	301,4
10	3.82	48,0	602,9

Примечание. Принятые в испанских нормах 1974 года параметры колебаний грунта отличаются от указанных для них значений в шкале MSK-64 и в ее последующих модификациях

Для уточнения сейсмической опасности Национальный институт географии Испании создал в 1989 году сеть сейсмометрических пунктов из 48 акселерографов, расположенных в южных и юго-восточных районах страны. За шесть лет наблюдений получено более 100 акселерограмм, соответствующих толчкам умеренной силы с пиковым ускорением до 60 см/с². Данные полученной выборки позволили сделать вывод о том, что ускорения конструкций ниже нормативных значений при периодах собственных колебаний объекта более 0,3 с, т. е. сооружения средней и низкой жесткости проектируются на юго-востоке Испании с некоторым запасом при сложении участка строительства необходимым

песком и гравием и использовании спектрально-модального метода расчета на сейсмостойкость.

Вопрос о спектрах реакции осциллятора с разными периодами собственных колебаний и выводы из результатов этих исследований также приводятся в статье J. Delgado и других испанских сейсмологов [5]. Работа была выполнена в связи с распространением застройки городов на участки скальных и рыхлых отложений. По данным расчета фактические ординаты спектров для периодов менее 0,2 с выше нормативных значений. В этих случаях расчетная нагрузка от масс сооружения занижается. Авторы исследования предлагают учесть это обстоятельство исправлением нормативного спектра для исследованных скальных грунтов.

Влияние грунтов на положение максимальной ординаты спектров сейсмического воздействия в Барселоне оценивается в докладе X. Goula и др. [6]. В центральной части провинции по инженерно-геологическим данным выделяются три субрайона: места выхода на земную поверхность палеозойских скальных пород; предгорные районы отложения продуктов выветривания толщиной до 300 м и голоценовые аллювиальные грунты на поймах и в руслах рек.

Сейсмические свойства разрезов определены для 45 площадок с использованием данных общих инженерно-геологических изысканий и корреляционных зависимостей между прочностными и сейсмическими характеристиками коренных и покровных грунтов. Для выделенных зон определены скорости поперечных сейсмических волн и положение максимальных значений спектров реакции осциллятора на сейсмическое воздействие. Для скальных пород максимум спектров находится в интервале собственных частот осциллятора 3-7 Hz. На участках покровных отложений с $V_s=300$ м/с положение максимума спектров зависит от толщины этого слоя. В случае аллювиальных отложений с $V_s=200$ м/с максимумы спектров располагаются на участке 1,5-2,0 Hz.

Провинция Альмерия относится к наиболее сейсмически опасным районам в Испании. В Средние века здесь неоднократно происходили землетрясения, разрушавшие здания и сооружения. В настоящее время в центре провинции постоянно проживают около 400 тыс. горожан. Для размещения увеличивающегося населения и многочисленных туристов возводятся здания на участках слабых грунтов. Исходя из демографической и сейсмической обстановки, испанские и японские сейсмологи M. Navarro, T. Enomoto и др. [10] исследовали колебания грунта в городской агломерации.

Микроколебания записывались на 173 площадках с шагом вдоль профилей 400 м на скальных грунтах и 200 м на покровных отложениях. Согласно полученным

сейсмограммам, преобладающий период колебаний скального грунта равен 0,1 с, покровных отложений на берегу моря — 1,0 с и больше, средних по механическим характеристикам грунтов в восточной части города — 0,4 с.

Результаты исследования влияния резонанса системы «грунт — сооружение» на сейсмическую нагрузку также представлены во многих других докладах на конференциях и в современных нормативных документах, используемых в европейских странах. Нормализованные расчетные спектры сейсмического воздействия (коэффициенты динамичности) для грунтов трех категорий по скоростям распространения поперечных волн и пяти значений коэффициента демпфирования колебаний в системе приводятся в работе V. Zelenović и др. [14].

К сейсмологическим работам относятся расчеты по определению средних значений промежутков времени между сильными колебаниями грунта. В публикации R. Secanell и др. [12] приведены оценки сейсмического риска в провинции Каталония. Исходная информация для расчетов принималась по каталогу землетрясений, составленному с учетом активных очагов на территории провинции и в соседних областях. Средние периоды повторения толчков разной силы в населенных пунктах Каталонии определены с использованием методов теории вероятностей и инженерной сейсмологии. По расчету для Барселоны колебания силой 6-7 баллов возникают в городе в среднем через 500 лет.

В административном центре провинции Мурсии проживают более 340 тыс. человек. Землетрясение 1829 года с эпицентром в 42 км от города не вызвало значительных повреждений застройки, но указало на возможность тяжелых последствий при тектонической подвижке по ближайшим к агломерации разломам. В статье J. Mulas и др. [9] рассматривается сейсмическая опасность в Мурсии с использованием нормативных документов по городскому планированию и защите жителей от землетрясений. Авторы публикации подчеркивают, что действующие нормы не должны рассматриваться как полностью завершённые, поскольку достигнутый уровень науки и техники недостаточен для точного предсказания параметров сейсмического воздействия, особенно в тех районах, где не проводились инструментальные записи сильных движений грунта.

Принимаемые в стране меры защиты от природных бедствий не исключают опасных последствий экстремальных литосферных явлений. По данным на 2016 год, при возникновении землетрясений силой 7 и более баллов в городах Валенсия, Аликанте, Эльче и Торревьеха могут быть сильно повреждены соответственно от 8 до 30% зданий. Сейсмические волны от подвижек по

местным и удаленным разломам могут также повреждать каменные подпорные стены на слабом растворе. Возможно, кладка ограждающей стены крепости Санта Барбара в Аликанте на вершине горы Бенакантиль, отреставрированная в 1963 году, повреждена последующими подземными толчками (рис. 10).

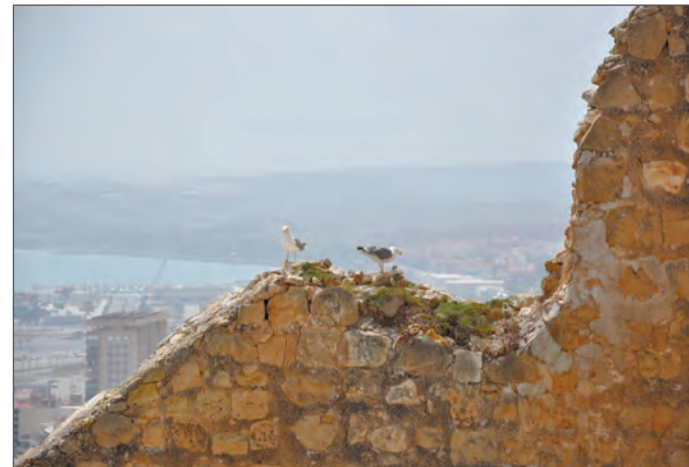


Рис. 10. Вывал бутовой кладки из стены, ограждающей верхнюю площадку крепости Санта Барбара в Аликанте (фото автора)

В работе J. Chavez и др. [4] выполнена классификация застройки в Каталонии с подразделением зданий и сооружений по уязвимости согласно Европейской макро-сейсмической шкале EMS-92. При выполнении работы учитывались данные о возрасте зданий, их высоте, условиях строительных площадок, мнения экспертов. В итоге получены оценки уязвимости более 900 тыс. объектов гражданской инфраструктуры провинции с отнесением застройки к четырем классам (А — 9%, В — 40%, С — 45%, D — 6%). Исходя из полученного распределения, установлена стоимость мероприятий по увеличению сейсмостойкости объектов провинции до безопасного для населения уровня.

Помимо колебаний грунта, вызывающих силы инерции от масс сооружений, здания в городах повреждаются из-за сохранения в ряде районов средневековых планировочных решений с размещением домов на крутых горных склонах или на пологих участках местности с узкими уличными проходами, заполняемыми при землетрясениях каменными обломками разрушающихся конструкций. В настоящее время на каменной осыпи под горой Бенакантиль, возвышающейся над уровнем моря примерно на 170 м, сохранилась старая часть Аликанте с невысокими строениями и лестничными проходами для пешеходов (рис. 11).



Рис. 11. Старая часть города Аликанте под горой Бенакантиль (фото автора)

В середине прошлого века в Аликанте были построены современные здания, набережная, морской порт и аэропорт с многоуровневыми стоянками для автомашин, магистральные улицы для приема, проживания и передвижения в городе туристов (рис. 12).



Рис. 12. Морской порт в Аликанте (фото автора)

Новая застройка и капитальный ремонт существующих сооружений выполняются по указаниям национальных норм сейсмостойкого строительства с привлечением при необходимости зарубежных экспертов. Контроль за выделением участков, проверка проектов на соответствие нормативным требованиям и наблюдение за качественным выполнением строительства возложены на архитектурный надзор и местные власти.

Мосты Испании

В Испании создана и сохраняется государством развитая инфраструктура наземных, водных и воздушных путей сообщения, включая железные, автомобильные и городские дороги в сейсмоопасной местности с историческими и современными мостами.

К историческим (античным) относятся каменные мосты, виадуки и акведуки, построенные по изложенным в капитальном труде Витрувия [1] римским технологиям. Возведение дорог и мостов, соединявших Апеннинский и Иберийский полуостров, рассматривалось Римским сенатом как задача государственного значения для успешного ведения войн с местным населением и финикийцами, последующего управления присоединенными провинциями римскими наместниками. В перечень исторических также входят каменные мосты, построенные по римским технологиям после падения Западной Римской империи в 476 году и до замещения каменного мостостроения новыми техническими приемами в XX веке с использованием разработанных в процессе промышленной революции и строительства железных дорог новых стройматериалов (стали, бетона, железобетона и др.) и применением соответствующих машин (механизмов).

Первые каменные мосты на дорогах Испании были построены во время включения Иберийского полуострова в состав Римской империи. Некоторые из этих сооружений сохранились в первоначальном виде до настоящего времени, другие были восстановлены в раннем и позднем Средневековье после разрушения паводками и военными действиями.

В числе памятников культурного наследия человечества в Испании сохранилось более 10 мостов с арочными сводами полуциркульного очертания между опорами. В акведуках применялись своды длиной до 6 м, в мостах — до 30 м. Высота сооружений над уровнем dna пересекаемых препятствий достигала 60 м. С помощью капитального ремонта и реставрации восстановлены работоспособность и эстетическая ценность моста у населенного пункта Алькантара и акведука в Сеговии.

Акведук в Сеговии, находящийся в 70 км к северу от Мадрида, входит в состав водопровода, ведущего от источника родниковой воды, который расположен в горах на удалении 17 км от Сеговии. Данные о размерах сооружения не совпадают в разных источниках информации, возможно, из-за частичного разрушения объекта военными действиями в 1072 году с восстановлением акведука после завершения Реконксты.

По М. Черепашинскому [2], акведук построен около 98 года н. э. с применением циклопической кладки из гранитных блоков без заполнения швов раствором. Длина

сейсмическая безопасность

сооружения — 1600 м, из которых на опоры приходится около 780 м и на проемы, перекрытые арочными сводами, 818 м. В верхних частях бортов пересекаемой долины аркады односторонние, в средней части перехода арки расположены в два ряда (этажа). Высота акведука — 34 м. Опоры арочных сводов вертикальные с увеличением толщины от верха стоек к обрезу фундаментов.

В последние годы состояние акведука заметно ухудшилось из-за выветривания каменных блоков под влиянием выхлопных газов автомобилей. В 1985 году объект занесен в перечень памятников Всемирного наследия ЮНЕСКО. Для сохранения акведука выполнена его реставрация (рис.13, 14).

Состояние античных сооружений позволяет оценить сейсмическую опасность местности за длительный промежуток времени, в том числе по сохранности римских мостов. При исследованиях инженерно-историческим методом требуется учитывать всю совокупность при-



Рис. 13. Акведук в Сеговии до реставрации (источник: ya.ru)



Рис. 14. Акведук в Сеговии после реставрации (источник: dzen.ru)

родных и техногенных процессов, а также воздействие на транспортную инфраструктуру воюющих армий, приводящее к частичному или полному разрушению мостов. Сохранность акведука, сохранившего работоспособность в течение около 2000 лет, подтверждает нормативную оценку 5 баллов сейсмической опасности в Сеговии.

Мост через р. Тахо (верхнее течение р. Тежу) построен примерно в то же время, что и акведук в Сеговии. Мостовой переход (рис. 15) расположен на западе Испании вблизи границы с Португалией у города Алькантары.

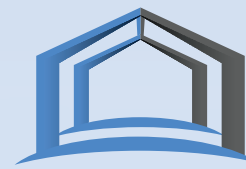


Рис. 15. Мост через р. Тахо (источник: en.wikipedia.org)

При общей длине 194 м (по другим данным 181 м) конструкция пролетного строения состоит из шести арок с размером отверстия в середине моста 28,2 м, в крайних пролетах — 13,8 м. Проезжая часть шириной 8,6 м устроена на высоте 48 м над урезом воды в реке. При постройке опор на прочном скальном грунте, полуциркулярных арочных сводов и надарочного строения использовались блоки из гранита с притеской смежных граней без применения раствора. Одновременно с мостом в его средней части сооружена триумфальная арка, несколько уменьшающая ширину проезжей части. Рядом с левобережным устоем возведен один из немногих сохранившихся храмов времени Римской империи.

Аркада несколько раз частично разрушалась во время военных действий и восстанавливалась после длительных перерывов в 1543, 1762, 1808 и 1860 гг. В настоящее время обрушенные арочные конструкции восстановлены в первоначальном виде. Мост используется жителями для перехода через р. Тахо, посещается туристами как одно из наиболее замечательных в архитектурном отношении сооружений Римской империи в Испании.

(Продолжение следует...)



Организатор:



При поддержке:



Ассоциация развития стального строительства



Российский союз поставщиков металлопродукции

Генеральный партнер:



Генеральный информационный партнер:



03–05 июня 2025

Москва, Выставочный Центр Тимирязев

10-я Международная специализированная выставка

Металло Конструкции 2025



12+

+7 (495) 734-99-66 WWW.MC-EXPO.RU





МОСТЫ БЛОКАДНОГО ЛЕНИНГРАДА

...Судьбы их тоже чем-то похожи,
Чем-то похожи на судьбы людей...

ДЕНЬ ПОБЕДЫ — ОДНА ИЗ САМЫХ ЗНАКОВЫХ ДАТ В ИСТОРИИ НАШЕЙ СТРАНЫ. ПОБЕДА В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ НАШЕМУ НАРОДУ ДАЛАСЬ СТРАШНОЙ ЦЕНОЙ. В ЧАСТНОСТИ, МУЧИТЕЛЬНЫЕ И СТРАШНЫЕ 872 ДНЯ ПЕРЕЖИЛИ ЛЕНИНГРАДЦЫ.

Все эти дни от постоянных обстрелов и авианалетов вместе с горожанами страдали и мосты. Переправы, особенно разводные, которые пропускали военные корабли и по которым передвигались советские войска, являлись важнейшими транспортными артериями и мишенью для фашистской авиации.

К моменту, когда блокадное кольцо сомкнулось, ленинградские мосты уже были подготовлены к обороне. Некоторые из них были специально укреплены, чтобы пропускать тяжелую военную технику. Как и многие стратегические объекты Ленинграда, некоторые переправы были заминированы. К счастью, этот план не был приведен в исполнение. Тем не менее, задача обслуживания, разводки и восстановления мостов стояла очень остро.

Решением этой задачи занимались Отдельный Ленинградский дорожно-мостовой восстановительный

батальон, а также специалисты «Ленмосттреста» и «Ленмостостроя».

Все работы проводились оперативно. К примеру, 9 сентября 1941 года во время авианалета было повреж-

1	Сентябрь 1941 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
2	Октябрь 1941 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
3	Ноябрь 1941 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
4	Декабрь 1941 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
5	Январь 1942 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
6	Февраль 1942 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
7	Март 1942 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
8	Апрель 1942 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
9	Май 1942 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
10	Июнь 1942 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
11	Июль 1942 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
12	Август 1942 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
13	Сентябрь 1942 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
14	Октябрь 1942 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
15	Ноябрь 1942 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
16	Декабрь 1942 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
17	Январь 1943 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
18	Февраль 1943 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
19	Март 1943 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
20	Апрель 1943 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
21	Май 1943 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
22	Июнь 1943 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
23	Июль 1943 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
24	Август 1943 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
25	Сентябрь 1943 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
26	Октябрь 1943 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
27	Ноябрь 1943 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
28	Декабрь 1943 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
29	Январь 1944 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
30	Февраль 1944 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
31	Март 1944 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
32	Апрель 1944 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
33	Май 1944 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
34	Июнь 1944 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
35	Июль 1944 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
36	Август 1944 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
37	Сентябрь 1944 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
38	Октябрь 1944 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
39	Ноябрь 1944 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
40	Декабрь 1944 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
41	Январь 1945 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
42	Февраль 1945 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
43	Март 1945 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
44	Апрель 1945 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
45	Май 1945 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
46	Июнь 1945 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
47	Июль 1945 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
48	Август 1945 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
49	Сентябрь 1945 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
50	Октябрь 1945 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
51	Ноябрь 1945 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
52	Декабрь 1945 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
53	Январь 1946 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
54	Февраль 1946 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
55	Март 1946 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
56	Апрель 1946 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
57	Май 1946 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
58	Июнь 1946 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
59	Июль 1946 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
60	Август 1946 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
61	Сентябрь 1946 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
62	Октябрь 1946 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
63	Ноябрь 1946 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
64	Декабрь 1946 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
65	Январь 1947 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
66	Февраль 1947 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
67	Март 1947 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
68	Апрель 1947 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
69	Май 1947 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
70	Июнь 1947 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
71	Июль 1947 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
72	Август 1947 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
73	Сентябрь 1947 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
74	Октябрь 1947 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
75	Ноябрь 1947 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
76	Декабрь 1947 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
77	Январь 1948 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
78	Февраль 1948 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
79	Март 1948 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
80	Апрель 1948 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
81	Май 1948 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
82	Июнь 1948 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
83	Июль 1948 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
84	Август 1948 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
85	Сентябрь 1948 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
86	Октябрь 1948 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
87	Ноябрь 1948 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
88	Декабрь 1948 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
89	Январь 1949 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
90	Февраль 1949 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
91	Март 1949 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
92	Апрель 1949 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
93	Май 1949 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
94	Июнь 1949 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
95	Июль 1949 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
96	Август 1949 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
97	Сентябрь 1949 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
98	Октябрь 1949 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
99	Ноябрь 1949 г.	Повреждение моста	Восстановление моста
100	Декабрь 1949 г.	Повреждение моста	Восстановление моста

Исследование деформаций Екатерингофского разводного моста

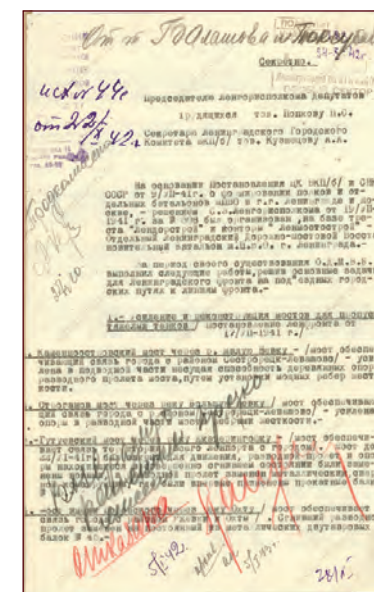


дено пролетное строение Литейного моста, а уже к 12 сентября повреждение ликвидировали.

Масштабы работ можно оценить по архивным бумагам: в рассекреченных документах 1942 года указано, что в это тяжелейшее время силами батальона было капитально отремонтировано 15 переправ. Среди них такие значимые, как Тучков мост, мост Лейтенанта Шмидта (сейчас Благовещенский) и Гренадерский мост.

Отдельно стоит упомянуть ремонтно-восстановительные работы на разводных мостах, на которых в силу большой нагрузки были постоянные поломки. На Тучковом мосту, мосту Строителей (сейчас Благовещенский), Свободы (сейчас Сампсониевский мост) рабочие, рискуя своими жизнями, проводили восстановительные работы. Как правило, это происходило ночью, без остановки движения транспорта по этим переправам.

Даже в условиях тяжелого военного времени при восстановлении и реконструкции мостов старались применять новые методы ведения работ. На Екатерингофском мосту был применен метод подводного бетонирования, а на Аларчином, Строгановском (сейчас Ушаковский



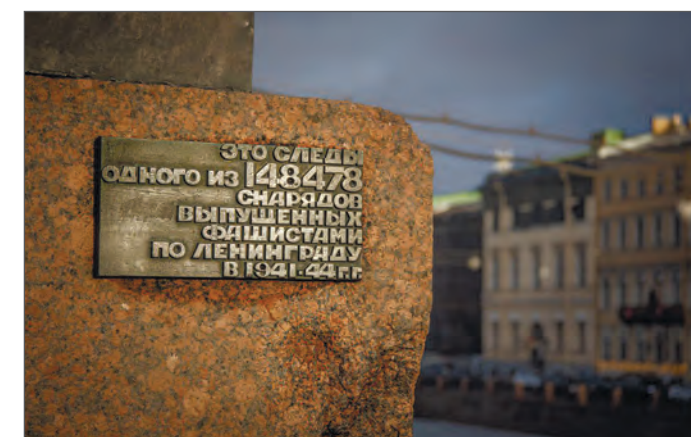
22 октября 1942 г.
Докладная записка
начальника дорожно-мостовой службы

мост) и Каменноостровском мостах при помощи передвижной электростанции проводилась электросварка.

В одном из архивных документов, наряду с сухими цифрами и перечислением ремонтируемых объектов, подчеркнуто: «Все перечисленные объекты производились в течение года, независимо от дождей, морозов, вражеских налетов и обстрелов, в результате чего была достигнута основная цель — движение военного и городского транспорта всех видов не было нарушено ни на одной магистрали города и подъездных путях к линиям фронта».

Сегодня, после ремонтов и реконструкций послевоенного и современного времени, практически все шрамы мостов стали невидимыми. Но осколки тех страшных лет, такие как следы от снарядов на Аничковом мосту, служат напоминанием о подвиге защитников блокадного Ленинграда.

По материалам пресс-службы СПб ГБУ «Мостотрест»





НИКОЛАЙ КУЗНЕЦОВ: ЛЕГЕНДА СОВЕТСКОЙ РАЗВЕДКИ

Подготовил Дмитрий КАРПОВ

В ПРЕДДВЕРИИ ПРАЗДНОВАНИЯ 80-ЛЕТИЯ ПОБЕДЫ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ ПРОШЛИ СОТНИ МЕРОПРИЯТИЙ, ПОСВЯЩЕННЫХ ЭТОМУ ЗНАМЕНАТЕЛЬНОМУ СОБЫТИЮ. ОДНИМ ИЗ НИХ СТАЛА ПРЕЗЕНТАЦИЯ КНИГ КАНДИДАТА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ НАУК, ИСТОРИКА СПЕЦСЛУЖБ ЛЬВА МОИСЕЕВИЧА МОНОСОВА «ЛЕГЕНДАРНЫЙ КУЗНЕЦОВ. ЗАГАДКИ И ТАЙНЫ ЖИЗНИ И СМЕРТИ». НА МЕРОПРИЯТИИ, ПРОШЕДШЕМ В МУЗЕЕ «ГОРОХОВАЯ, 2», АВТОР ПРЕДСТАВИЛ ДВЕ ПЕРВЫЕ КНИГИ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОГРАФИИ ВЫДАЮЩЕГОСЯ РАЗВЕДЧИКА.

В годы Великой Отечественной войны в рядах советской военной разведки работали тысячи разведчиков, которые своим непосредственным участием внесли огромный вклад в нашу общую победу над врагом. Например, только в период с мая 1943 по май 1945 года в тылу врага проводили операции 1236 разведывательных и диверсионных групп, в состав которых входило около 10 тыс. человек. Им оказывало поддержку более 15 тыс. местных жителей.

Одним из наиболее дерзких и результативных сотрудников советских спецслужб был Николай Иванович Кузнецов, действующий за линией фронта на временно оккупированной нацистами территории советской Украины. Его группа, специализировавшаяся на диверсиях, осуществила множество актов возмездия — операций по физическому устранению представителей нацистской оккупационной администрации. Одиннадцать руководителей карательных органов были уничтожены лично Кузнецовым.

На сегодняшний день о проведенных группой Кузнецова операциях известно достаточно много. Но все же некоторые страницы деятельности разведчика все еще недостаточно изучены и поэтому вызывают немало споров и дискуссий. Чтобы «белых пятен» стало меньше, Лев Моносов в течение более 20 лет исследовал биографию и послужной список легендарного разведчика, и результаты этого кропотливого труда представил в своей монографии.

На основе музейных материалов, документов из ведомственных архивов, а также результатов поисковой



работы, автор составил портрет одного из самых заслуженных и прославленных Героев Советского Союза.

На презентации своего исследования Лев Моносов рассказал о том, как появился замысел книги и как наполнялись ее страницы, какие новые данные удалось обнаружить, с какими трудностями пришлось столкнуться при изучении биографии и боевой работы прославленного разведчика.

Участники встречи с писателем узнали много нового о жизни Николая Кузнецова. Лев Моносов подчеркнул, что за героем его книги закрепился образ романтика, отправившегося на фронт в первый же день войны. Однако детальное изучение данных, собранных исследователями, позволяет составить более многогранную картину жизненного пути этого выдающегося человека.

Написание биографии сотрудника спецслужб — сложная задача. Лев Моисеевич поделился историей о том, как долгие годы собирал свидетельства очевидцев о



жизни и работе Кузнецова, встречался с ветеранами органов государственной безопасности, работал в архивах. В книгах можно найти рассекреченные документы из ведомственных архивов.

Особое внимание автор уделил людям, которые сыграли важную роль в становлении личности Кузнецова, и подробностям самых известных операций, проведенных группой Н. И. Кузнецова, включая покушение на жизнь рейхскомиссара Украины Эриха Коха, ликвидацию главы юридического отдела рейхскомиссариата Украины Альфреда Функа и других чиновников оккупационной администрации Украины. Всего на счету легендарного разведчика более десяти «актов возмездия».

Лев Моисеевич также поделился историей о том, как удалось добиться признания заслуг Лидии Лисовской и ее матери Анны Демчинской за их работу по спасению людей в период Холокоста на Украине (израильским институтом Яд ва-Шем им присуждено звание «Праведник народов мира»). Сегодня документы и свидетельства об этом хранятся в фондах «Гороховая, 2».



Работники советских спецслужб, включая Николая Кузнецова, выполняли свои обязанности в крайне сложных условиях — в тылу противника. Они внесли значительный вклад в победу над нацизмом, который был одним из самых страшных зол XX века.

Отвечая на вопрос журнала «Дороги. Инновации в строительстве», что было самым сложным в ходе написания книги и чему она учит, Лев Моисеевич отметил: «Самое сложное заключалось в том, что практически все материалы до сих пор закрыты. Только в 2011 году, в год столетия Кузнецова, их начали понемногу рассекречивать».

Сейчас рассекретили материалы отчета Медведева (полковник Дмитрий Николаевич Медведев, с июня 1942 по февраль 1944 года командир партизанского отряда специального назначения «Победители», в составе которого действовал Н. И. Кузнецов, — прим. автора), там около 40 страниц. Из них я посчитал: 37% информации нечитаемо, зачеркнуто. То есть можно говорить только о том, что мы извлекли из разных источников: из бесед с партизанами, с подпольщиками. Удалось поговорить с Альбертом Вениаминовичем Цессарским, с Борисом Ильичом Черным. Удалось пообщаться с целым рядом людей, партизан, которые были в отряде. Но они же не знали Кузнецова, они знали его как Грачева. Причем, с одним дедушкой я разговаривал. Он говорит, да, теперь я узнал. Мы собирались у костра по вечерам и рассказывали истории, чтобы как-то весело было. И вот когда до него дошла очередь, он начал рассказывать, как он ходил с дедом Егоркой на медведя. И он такое рассказал, что уши вяли. И мы еще подумали, что это за тип такой странный. То есть в самом отряде его не знали, он старался держаться очень отстраненно.

А учит эта книга тому, что все новое — хорошо забытое старое. Украина, Финляндия — это все мы проходили в истории с Кузнецовым. Это милитаризм, это, к сожалению, «Антироссия». А Кузнецова нужно всячески популяризировать, потому что это действительно выдающийся советский человек, разведчик, интернационалист, порядочный человек, проживший тяжелейшую и трагическую жизнь».

Книга Льва Моносова — это важное исследование, которое становится особенно актуальным в год 80-летия Великой Победы. С полными текстами книг Л. М. Моносова в электронном варианте можно ознакомиться в сети «Интернет».

Использовались материалы
Музея истории политической полиции
<https://vk.com/gorohovai2>