

ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ДОРОГИ

www.techinform-press.ru

№77

Апрель / 2019

МОСТЫ И ВРЕМЯ Спецвыпуск



**МЕТАЛЛ
ГАРАНТ**

Ленинградский Завод
Металлоконструкций

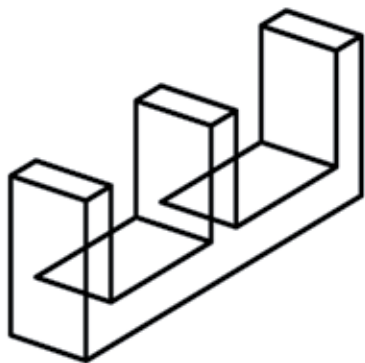
Металлобаза • металлоконструкции • кровля

+7 (812) 501-20-14

www.metallgarant-spb.ru info@metallgarant-spb.ru

+7 (812) 660-55-00

metallgarant-spb.rf



МЫ ПРОЕКТИРУЕМ И ПРОИЗВОДИМ
СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

ШТАРКОМ

ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА

ЭТО НАДЕЖНОСТЬ

**СИСТЕМЫ ШТАРКОМ® – ЭТО
ГОТОВОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ
МНОЖЕСТВА ЗАДАЧ.**

Системы Штарком® совмещают в себе надежность, эстетику и могут быть использованы в различных сферах, таких как:

- СТРОИТЕЛЬСТВО МОСТОВ И ЭСТАКАД
- ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
- ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ
- ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ
- ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ
- СТРОИТЕЛЬСТВО
- БЕРЕГОУКРЕПЛЕНИЕ
- ЛИВНЕВЫЕ КАНАЛЫ
- ЧАСТНЫЙ СЕКТОР
- СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ

РАЦИОНАЛЬНОСТЬ

ВНЕШНИЙ ВИД

ПРОЧНОСТЬ

КРАСОТА

УСТОЙЧИВОСТЬ

ИННОВАЦИОННОСТЬ

СТАБИЛЬНОСТЬ

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

НЕПРЕВЗОЙДЕННОСТЬ

НОВИЗНА

ОСНОВАТЕЛЬНОСТЬ

ГАРМОНИЯ

УНИКАЛЬНОСТЬ


УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ

УВЕРЕННОСТЬ

ПРОСТОТА МОНТАЖА



 www.obeton.ru

 (495) 510-63-63

ШТАРКОМ® – ЭТО РОССИЙСКИЙ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И МОСТОВ.

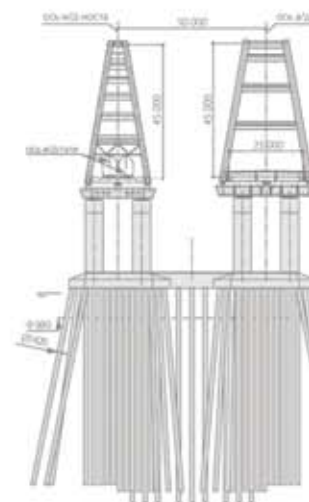


Мы производим железобетонные изделия и конструкции, как стандартные, так и по индивидуальным проектам, в том числе сборные железобетонные ограждения для автомобильных дорог.

Компания Штарком® осуществляет деятельность в области производства и реализации товарного бетона и раствора, а так же бетонов для транспортного строительства.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ:





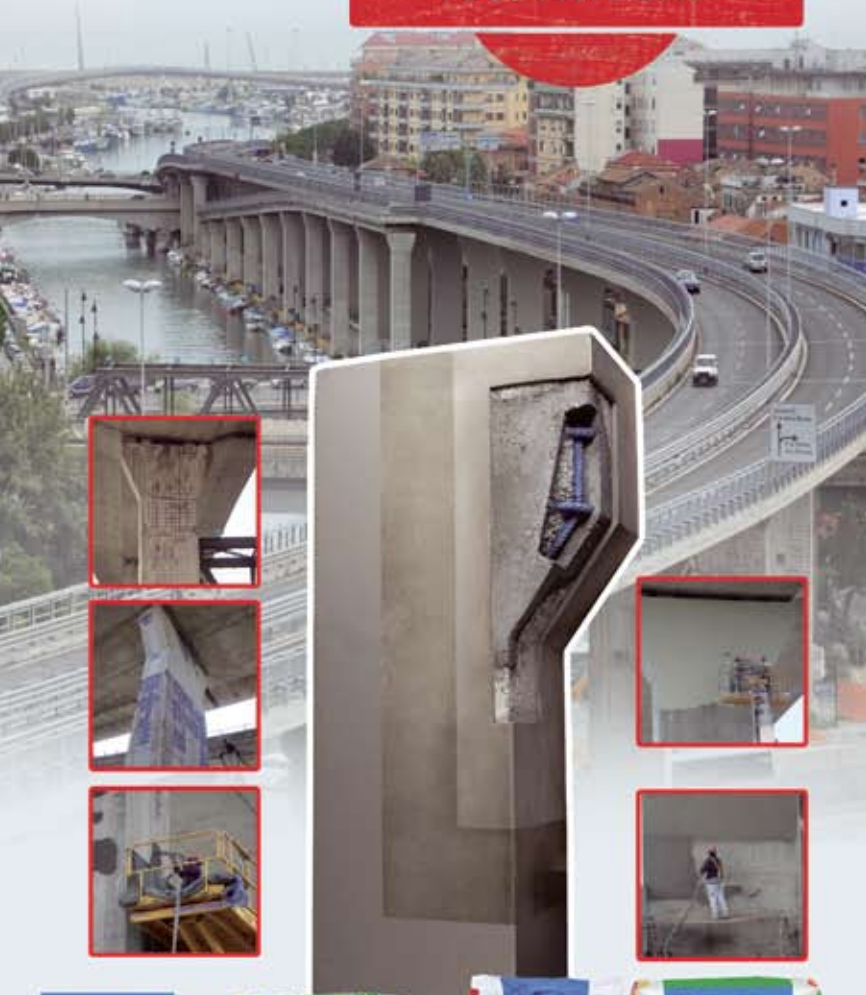


Совмещенный мостовой переход
через Керченский пролив будет сдан
в эксплуатацию в 2019 году



Материалы для защиты
и ремонта железобетонных
конструкций

Декларация соответствия
ГОСТ 56378-2015



ЗАО «МАПЕИ» г. Москва
тел. +7 (495) 258-55-20

ЗАО «МАПЕИ» г. Санкт-Петербург
тел. +7 (911) 143-66-07

www.mapei.ru; www.remont-beton.ru; #mapeirusia



Очередной номер журнала мы решили посвятить мостовой тематике. Прежде всего, это связано с большим интересом специалистов к данному вопросу. В последнее время состоялось несколько конференций, на которых обсуждались проблемы проектирования, строительства и эксплуатации мостовых сооружений, обойти которых вниманием наша редакция конечно же не могла. Часть выступлений нашла отражение и в этом выпуске.

Тема, которую мы постарались раскрыть через публикацию целого ряда материалов, весьма актуальна, особенно в свете непрекращающегося мостопада, — это обеспечение надежности и долговечности мостовых сооружений.

Также на страницах номера публикуется интервью с Инной Дмитриевной Сахаровой, замечательной женщиной, всю свою жизнь посвятившей мостам, поискам эффективных решений для продления их срока службы и безопасной эксплуатации. В мае наша героиня отмечает день рождения, и редакция журнала горячо ее поздравляет и желает здоровья, дальнейшей плодотворной работы на благо компании и отрасли в целом, новых выдающихся достижений. Уверена, что наши читатели присоединятся к этим поздравлениям.

Впереди — майские праздники, время короткой передышки перед долгим строительным сезоном. Желаю вам, уважаемые читатели, чтобы эти дни у вас были интересными, насыщенными яркими событиями и приятными встречами. С наступающим Первомаем и Днем Победы!

С уважением, главный редактор журнала
Регина Фомина и весь творческий коллектив

Российским дорогам —
немецкое качество

VIATOR®
Das Pellet.

VIATOR 66® и VIATOR Premium®:

- Стабилизирующие добавки №1 в России и в мире для производства ЩМА;
- Российское производство на немецком оборудовании и по немецким стандартам;
- Основной компонент — экологически безопасные натуральные волокна из целлюлозы;
- Отличная эффективность и стабилизирующий эффект;
- Быстрое и равномерное распределение волокон в смесителе;
- Максимальная производительность АБЗ благодаря отсутствию дополнительного сухого смешивания;
- Высочайшие стандарты качества добавок VIATOR® обеспечивают неизменно высокое качество ЩМА;
- Для устройства мостовых покрытий мы также рекомендуем ЩМА и другие виды асфальта, модифицированные добавкой **VIATOR® plus FEP** Das Pellet.
- Используя стандартный битум, вы получаете свойства у асфальтобетонной смеси и покрытия, как будто вы используете ПБВ.

ООО РЕТТЕНМАЙЕР РУС



Природные
волокна

Член концерна JRS

ООО «Реттенмайер Рус»
115280, Москва,
ул. Ленинская Слобода, д. 19, стр. 1

Тел. (495) 276-06-40
info@rettenmaier.ru
www.retttenmaier.ru

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

Издатель
ООО «ТехИнформ»

Генеральный директор
Регина Фомина

РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор
Регина Фомина
info@techinform-press.ru

Заместитель главного редактора
Илья Безручко
bezruchko@techinform-press.ru

Директор Московского представительства,
шеф-редактор
Наталья Алхимова

Выпускающий редактор
Сергей Зубарев
redactor@techinform-press.ru

Дизайнер, бильд-редактор
Лидия Шундалова
art@techinform-press.ru

Корректор
Мила Дмитриева

Руководитель отдела стратегических
проектов
Людмила Алексеева
editor@techinform-press.ru

Руководитель службы рекламы,
маркетинга и выставочной деятельности
Нелля Кокина
roads@techinform-press.ru

Руководитель отдела по работе с ключевыми
клиентами
Татьяна Михайлова
public@techinform-press.ru

Адрес редакции: 192 007, Санкт-Петербург,
ул. Тамбовская, 8, лит. Б, оф. 35
Тел.: (812) 490-47-65; (812) 905-94-36,
+7 (931) 256-95-96
office@techinform-press.ru
www.techinform-press.ru

За содержание рекламных
материалов редакция
ответственности не несет.

Подписку на журнал можно
оформить по телефону
(812) 905-94-36
и на сайте
www.techinform-press.ru



«ДОРОГИ. Инновации в строительстве»
Спецвыпуск «Мосты и время»
№77 апрель/2019

Главный информационный партнер
Саморегулируемой организации
некоммерческого партнерства межрегионального
объединения дорожников «Союздорстрой»

В НОМЕРЕ:

СОБЫТИЯ, МНЕНИЯ

- 8 Новости отрасли
- 10 Диалог о проблемах металлического мостостроения (ООО «Трансстройпроект»)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ

- 12 **Ю.П. Липкин, В.Н. Смирнов.**
Перспективы отечественного
мостостроения до 2024 года



- 15 **О. Перцева.** Возможности
ПК SOFiSTiK для расчета мостовых
сооружений («ПСС Грайтек»)

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ

- 16 «Строим путь железный
мы в российский Крым»
(АО «Институт Гипростроймост —
Санкт-Петербург»)

- 22 **Ю.И. Савченко.** Концепция моста
на Сахалин в вынужденно
выбранном створе

ИССЛЕДОВАНИЯ

- 26 **Б.И. Кулачкин, А. И. Радкевич,
А.А. Митькин, Д. П. Матохин,
К.В. Игонин, М. А. Коваль.** Инновации
в механике грунта и геотехнике
(ООО «ИПТС-Транспроект»)
- 34 **В.С. Агеев.** О комплексной
защите фрикционных соединений
на высокопрочных болтокомплектах
- 39 **Д.Н. Харламов, В.И. Звирь.**
Определение усилия натяжения
высокопрочных болтов
во фрикционных соединениях
собранных пролетных строений





ЭКСПЕРТНАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Г.В. Величко,
к.т.н., академик Международной
академии транспорта, главный
конструктор компании «Кредо-Диалог»

В.Г. Гребенчук,
к.т.н., заместитель директора филиала
ОАО ЦНИИС «НИЦ «Мосты», руководитель
ГАЦ «Мосты»

А.А. Журбин,
заслуженный строитель РФ, генеральный
директор АО «Институт «Стройпроект»

С.В. Кельбах,
председатель правления ГК «Автодор»

И.Е. Колошев,
заслуженный строитель РФ, технический
директор ЗАО «Институт Гипростроймост —
Санкт-Петербург»

А.В. Кочетков,
д.т.н., профессор, академик Академии
транспорта, заведующий отделом ФГУП
«РосдорНИИ»

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

А.М. Остроумов,
заслуженный строитель РФ, почетный
дорожник РФ, академик
Международной академии транспорта

В.Н. Пшенин,
к.т.н., член-корреспондент Международной
академии транспорта, зам. главного инженера
«Экотранс-Дорсервис»

И.Д. Сахарова,
к.т.н., заместитель генерального
директора ООО «НПП СК МОСТ»

В.В. Сиротюк,
д.т.н., профессор СибАДИ

В.Н. Смирнов,
профессор ПГУПС

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

Установочный тираж 15 тыс. экз.

Цена свободная.

Подписано в печать: 30.04.2019

Заказ №

Отпечатано в типографии «Премимум Пресс»,

г. Санкт-Петербург, ул. Оптиков, д. 4,

www.premium-press.ru

Сертификаты и лицензии
на рекламируемую продукцию и услуги
обеспечиваются рекламодателем.
Любое использование опубликованных
материалов допускается только
с разрешения редакции.

СТРОИТЕЛЬСТВО, РЕКОНСТРУКЦИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ

- 44 Инна Сахарова: «Любой мост можно спасти» (ООО «НПП СК «МОСТ»)
- 48 Президентский мост: десять лет в строю (интервью с С.М. Холтобиным)
- 52 Нюансы эксплуатации волжского рекордсмена (АО «Гипростроймост»)



- 54 **Г.И. Макаров, М.В. Пасков, Е.И. Павлов, М. Викулов.** Мониторинг возведения пролетного строения эстакады в аэропорту Домодедово

МОНИТОРИНГ, КАЧЕСТВО КОНСТРУКЦИЙ

- 61 **В.С. Агеев, А.О. Летка.** Обеспечение проектной геометрии главных балок с цельносварными стыками

- 66 **Ю.В. Новак.** «Стоп-мостопад» — наша современная задача
- 69 Проблемы качества и долговечности железобетонных конструкций («Свободный микрофон»)

ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ

- 74 Преднапряжение и не только (ООО «СТС»)
- 78 Алексей Сергеев о проблемах изготовления железобетонных мостовых конструкций (ООО «НИЦ «Мосты»)
- 78 Современные ЖБИ для дорог и мостов (ООО «СТК-Модуль»)
- 82 Конструктивная стратегия «Ленинградского Завода Металлоконструкций МеталлГарант» (интервью с А. Новаком)
- 84 **А.В. Покровский.** Литой асфальтобетон и системы мостовых покрытий в Китае
- 90 **А.М. Исмаилов.** Гидрофобизирующие составы для защиты объектов транспортной инфраструктуры

НОВЫЙ МОСТ ЧЕРЕЗ ВОЛГУ ПОСТРОЯТ БЛАГОДАРЯ КОНЦЕССИИ

26 апреля в Правительство Самарской области направлена частная концессионная инициатива по проекту «Строительство обхода Тольятти с мостовым переходом через р. Волгу». На сегодняшний день проект включен в состав Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры.

Общий объем инвестиций, по предварительным оценкам, составит 130 млрд рублей. Окончательная стоимость строительства будет определена по результатам прохождения Главгосэкспертизы.

Проект, подготовка которого ведется с 2017 года, уже находится в высокой степени проработки. Предусмотрено строительство мостового перехода через Волгу протяженностью 8,6 км (с учетом подъездов) и 88,7 км автомобильных дорог первой категории.

Инвестпроект рассчитан на 30 лет. Строительство планируется завершить в 2024 году. В рамках эксплуатационной стадии (последующие 26 лет) инвесторы будут возвращать вложенные средства путем эксплуатации дороги на платной основе на условиях минимальной гарантированной доходности.

Намерение об участии в проекте в составе создаваемого хозяйственного партнерства, с которым планируется заключение концессионного соглашения, подтвердила Госкомпания «Автодор», специализирующаяся в области



строительства и последующей эксплуатации скоростных автомобильных дорог на платной основе.

В состав консорциума также войдут компания «ИнфраКАП», Газпромбанк и Промсвязьбанк. Планируется, что генеральным подрядчиком строительства мостового перехода через Волгу выступит холдинг «Мостотрест». ■

ГЛАВНЫЙ ПРИЗ ВРУЧИЛИ ЗА МОДЕЛИРОВАНИЕ В ШЕРЕМЕТЬЕВО



В Санкт-Петербурге подведены итоги конкурса PTV Express. Мероприятие прошло при поддержке компании «А+С Транспроект» в рамках встречи пользователей программных продуктов PTV Group.

Победителем признан «ВТМ дорпроект». Компания представила проект «Моделирование транспортных потоков с учетом развития Северного терминального комплекса Международного аэропорта Шереметьево». Члены жюри конкурса высоко оценили оригинальность подхода к решению стандартной задачи, а также факт выявления дополнительных возможностей продуктов PTV. В качестве приза команде «ВТМ дорпроект» был вручен чек на 7777 евро

с возможностью потратить его на программные продукты PTV и обучение сотрудников.

Моделирование транспортных потоков с учетом развития Северного терминального комплекса выполняется компанией в рамках мастер-плана по развитию Международного аэропорта Шереметьево. Реализация программы позволит к 2026 году увеличить пропускную способность авиахаба до 80 млн пассажиров. ■

АММАНН НА ВЫСТАВКЕ ВАУМА: СТЕНД ПОСЕТИЛИ ТЫСЯЧИ

Тысячи посетителей познакомились с передовой продукцией компании Ammann на выставке Ваума 2019, прошедшей с 8 по 14 апреля в Мюнхене. В своей экспозиции международный концерн, ориентированный преимущественно на дорожно-транспортное строительство, представил более 100 видов оборудования и услуг, в том числе новые разработки. Также во время проведения выставки компания Ammann отпраздновала свой 150-летний юбилей.



«Нам представилась прекрасная возможность разделить радость этого знаменательного события с нашими клиентами, партнерами и дилерами со всего мира, — отметил Ханс-Кристиан Шнайдер, президент группы компаний Ammann. — Мы продолжим движение по пути инновационного развития, чтобы обеспечить новые преимущества для наших клиентов, повысить прибыльность их бизнеса и сохранить взаимовыгодное сотрудничество на долгие годы».

Надо отметить, что в этом году на выставке была зарегистрирована рекордная посещаемость — свыше 620 тыс. человек, которые приехали более чем из 200 стран. Многие из посетителей интересовались стендом Ammann, где было необычайно многолюдно все дни. В частности, сотни гостей поднялись на башню продемонстрированной компанией асфальтосмесительной установки ABP Universal, откуда открывался отличный вид на всю территорию выставки. Кроме того, желающие могли принять участие в демо-шоу легкой уплотнительной техники и проверить свои навыки.



Ammann, в частности, представил новую линейку гидростатических виброплит APH. Новое оборудование сохранило ключевые характеристики предыдущих моделей серии, известных своей мощностью и надежностью, но при этом обладает еще более низкими показателями уровня передаваемой на руки оператора вибрации (HAV), а также оснащено новейшими двигателями и интеллектуальной системой.

Широко были представлены катки, асфальто- и бетоно-смесительные установки. Например, новые легкие tandem-ные катки Ammann серии ARX обеспечивают дополнительное удобство управления при выполнении работ рядом с препятствиями, отличаются улучшенным шарнирным сочленением, обновленным дизайном передней и задней частей кузова, модернизированной светодиодной системой.

Специалисты компании также подробно рассказали посетителям о преимуществах системы контроля качества уплотнения Ammann Compaction Expert (ACE) собственной разработки.

Продукты и услуги послепродажного обслуживания тоже были продемонстрированы широко. Например, Amdurit® представляет собой систему защиты от износа и является собственной разработкой Ammann, которая увеличивает срок службы важных узлов и деталей производственного оборудования в три раза по сравнению с элементами из износостойкой стали. Таким образом, возрастает и время безотказной работы всего завода.

Компания также познакомила посетителей стенда со своими программами модернизации, которые предусматривают оснащение предыдущих моделей заводов новейшими производственными технологиями и решениями для снижения вредного воздействия на окружающую среду. ■

ДИАЛОГ О ПРОБЛЕМАХ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО МОСТОСТРОЕНИЯ

В рамках выставки «Металлоконструкции 2019», которая пройдет 14–17 мая в московском «Экспоцентре», будет проводиться круглый стол на тему «Современное металлическое мостостроение. Задачи. Преимущества. Перспективы». Третий год подряд за круглым столом соберутся руководители и специалисты проектных и строительномонтажных организаций, заводов-изготовителей мостовых металлоконструкций и другие эксперты, участвующие в создании мостовых сооружений.

Актуальность тем круглого стола с годами возрастает. Например, в 2016 году в рамках деловой программы обсуждали применение 3D-технологий при проектировании, оптимизацию стоимости и сроков строительства транспортных сооружений. В 2017 году поднимался вопрос о внедрении в российское мостостроение атмосферостойкой стали 14ХГНДЦ, которую активно применяют в Европе, США и Японии. Кроме того, на основании зачитанного доклада было направлено обращение в Министерство транспорта РФ о финансировании нового отраслевого нормативного документа по устройству фрикционных соединений на высокопрочных болтах в стальных мостовых конструкциях. В прошлом году заводчане поделились опытом изготовления мостовых металлоконструкций с применением труб на примере Обуховского вантового моста через Неву. Также были представлены современные покрытия для долговременной (15–30 лет) защиты от коррозии.

В этом году для обсуждения будут предложены примеры современных конструктивных решений из практического опыта проектирования и строительства уникальных сооружений. Участники смогут выразить свое мнение по вопросам развития новых технологических решений, способных повысить качество проектирова-

ния мостовых металлоконструкций, оптимизировать расходы на их строительство и увеличить межремонтные сроки.

Сегодня особенно остро стоят вопросы обновления нормативной базы, которая не успевает за развитием современных материалов и технологий. Необходимо определить направление движения в этих вопросах и регламентировать их.

Немало дискуссий вызывают и проблемы комплексного системного подхода по смежным областям в проектировании, заводском изготовлении конструкций и непосредственно в строительстве.

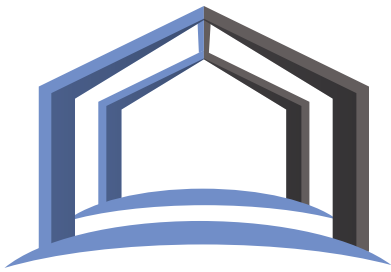
Анонсируем также, что организатор мероприятия, ООО «ТРАНССТРОЙПРОЕКТ», поделится опытом детальной разработки проекта с применением технологий, которые экономят бюджет и сокращают сроки строительства. Применение 3D-технологий уменьшает время разработки чертежей, позволяет в виртуальной реальности увидеть будущее сооружение с разных сторон и даже совершить по нему поездку, оперативно внести корректировки на любой стадии проектных работ.

Приглашаем специалистов, заинтересованных в развитии металлического мостостроения, посетить круглый стол 14 мая, в 14:00, пав. 8.1, поделиться своим опытом и взглядом на сегодняшнюю ситуацию. ■

ТРАНССТРОЙПРОЕКТ
проектный институт

МОСТЫ И ДОРОГИ
со знаком качества

109456, Россия, г. Москва, Рязанский проспект, д.75, к. 4. Тел: +7 (495) 543-42- 56 tspmsk@mail.ru www.tspmsk.ru



4-я международная
специализированная выставка

Металло Конструкции

2019

Круглый
СТОЛ

14 мая в 14:00
Москва, ЦВК "Экспоцентр",
конференц-площадка,
павильон 8.1

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ КРУГЛОГО СТОЛА:

1. Текущая ситуация и современные направления развития мостостроения в России и за рубежом.
2. Современные материалы и технологические решения для повышения качества и сокращения времени на проектирование и монтаж металлоконструкций, а также оптимизации расходов на строительство.
3. Инновационные решения для увеличения межремонтных сроков пролетных строений.
4. Защита металлоконструкций от коррозии (лакокрасочные материалы и гидроизоляция).
5. Применение монтажных сварных и разъемных соединений на высокопрочных болтах.
6. Преодоление разрыва между архитектурной концепцией и технической реализацией: как найти оптимальный баланс между эстетичностью, экономичностью и надежностью.
7. Вопросы нормативно-технического регулирования при проектировании и строительстве мостовых сооружений и труб.
8. Проблемы нормирования свойств гидроизоляционных покрытий мостов.
9. Опыт проектирования и изготовления металлоконструкций уникальных объектов.
10. Современные конструктивные решения и инновационные технологии, как залог успешной реализации проектов в области мостостроения.

Организатор:

При содействии:

При информационной поддержке:



ТРАНССТРОЙПРОЕКТ
проектный институт



**МЕТАЛЛ
ЭКСПО**

АРСС

Ассоциация развития
стального строительства





Ю. П. ЛИПКИН,
к. т. н., председатель совета директоров АО «Институт Гипростроймост — Санкт-Петербург»;
В. Н. СМIRНОВ,
д. т. н., профессор кафедры «Мосты» Петербургского государственного университета
путей сообщения

ПЕРСПЕКТИВЫ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МОСТОСТРОЕНИЯ ДО 2024 ГОДА

Указом Президента России от 7 мая 2018 года «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» Правительству РФ было предписано сформировать Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры до 2024 года и Национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги». В целом, по заявлению главы государства, за шесть лет расходы на дорожную отрасль должны быть удвоены, на эти цели следует направить более 11 трлн рублей. При том, что основная часть проектов Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры относится к сфере действия Министерства транспорта РФ, интерес представляет, в частности, конкретизация объектов мостостроения на ближайшую перспективу.

Что же предполагается строить в мостовой сфере в ближайшие шесть лет и куда, в том числе, пойдут работать выпускники кафедры «Мосты» Петербургского университета путей сообщения?

Исходя, в частности, из упомянутых директивных документов, можно предполагать несколько направлений строительства дорожно-мостовых объектов на ближайшую перспективу.

Первое — завершение к концу 2019 года строительства Крымского моста.

Второе — искусственные сооружения последних участков скоростной платной автодороги М-11 «Москва — Санкт-Петербург», которая должна быть полностью сдана в эксплуатацию также в 2019 году.

Третье — модернизация железнодорожной инфраструктуры Восточного полигона (имеется в виду реконструкция БАМа и Транссиба) при завершении работ в 2023 году с реконструкцией более 350 искусственных сооружений. При этом также обсуждается проект

сооружения 6-километрового моста на Сахалин через пролив Невельского, что предполагает строительство железнодорожной линии Селихин — Ныш протяженностью 585,3 км.

Четвертое — объекты Северного широтного хода, со строительством совмещенных мостов через реки Обь (между Салехардом и Лабытнанги) и Надым длиной соответственно 2,4 и 1,3 км. В целом длина новой железной дороги составит около 700 км.

Пятое — перспективное сооружение ВСМ (высокоскоростной железнодорожной магистрали) Москва — Нижний Новгород — Казань — Екатеринбург, предполагающей следование пассажирских поездов со скоростью до 400 км/ч. Строительство, которое займет 8–10 лет, может начаться в 2019 году. На линии предполагается 53 больших и 78 средних мостов, 49 протяженных эстакад, 150 путепроводов. Для финансирования этого капиталоемкого мегапроекта предполагается создание консорциума инвесторов, в том числе иностранных.

К важнейшим региональным стройкам можно отнести мостовые сооружения Центральной кольцевой автомобильной дороги (ЦКАД) в Подмосковье.

В Северной столице намечается построить Широтную магистраль с мостом через Неву в створе улиц Фаянсовая — Зольная, а также обсуждается проект Кольцевой железной дороги вокруг Санкт-Петербурга.

Перспективным направлением для отечественного мостостроения можно считать строительство комплекса сооружений на обходе Владивостока с висячим мостом и выходом на остров Русский.

Давно обсуждается проект моста через Лену в районе Якутска. Как дальнейшую перспективу развития северо-восточных территорий можно рассматривать и переход через Берингов пролив.

По всем названным направлениям отечественные проектные организации или уже разработали документацию, или имеют достаточно серьезные наработки, то есть в принципе готовы к решению практических задач в области проектирования объектов инфраструктуры.

Что же касается мостостроительных подрядных организаций, то приходится с сожалением констатировать: в последние годы многие из них подверглись разрушительному воздействию различного рода внешних факторов, начиная от несовершенства законодательства в сфере строительства и заканчивая не-



достаточной поддержкой государственными органами на местах. В качестве примера можно привести банкротство крупных петербургских предприятий, много лет успешно работавших в Северо-Западном регионе и в том числе, конечно же, в городе мостов — Петербурге.

Можно попытаться списать данные факты на особенности российского рынка, однако, как подчеркивал в свое время известный экономист, нобелевский лауреат В.В. Леонтьев, «рыночный механизм хотя и основан на конкуренции, но должен действовать под строгим контролем государства. Только вместо жесткого централизованного планирования должно быть планирование ориентирующее». Как раз этого со стороны государственных органов и не хватило, чтобы обеспечить нормальное функционирование таких крупных петербургских компаний, как Мостострой-6, Мостоотряд-19, Ленмостострой.

Большая ответственность при решении производственных задач всех указанных выше проектов, безусловно, ложится и на отечественную транспортно-строительную науку. В настоящее время ее в основном представляют вузы, поскольку отсутствует научный координирующий орган при Минтрансе РФ. Во времена СССР таковым был ЦНИИС. Эта организация успешно осуществляла координацию исследований, а также разработку норм проектирования и строительства транспортных сооружений.

В новых условиях создание подобного научно-исследовательского центра давно стало насущным требованием времени еще и потому, что отечественный бизнес неохотно вкладывается в науку — ему ближе не решение долгосрочных задач, а получение сиюминутной выгоды. При этом маломощные

компании с небольшой прибылью объективно не имеют возможности финансировать масштабные разработки с неясным коммерческим результатом. Потому, в частности, надо беречь крупные квалифицированные мостовые организации, которые заинтересованы в долгосрочной, стабильной стратегии развития и могут осуществлять серьезные вложения в науку.

Требуется, например, проведение серьезных исследовательских работ и научное сопровождение мостостроения в рамках будущей высокоскоростной железнодорожной магистрали (ВСМ), а также в специфических условиях холодных регионов, в условиях сейсмичности, при проектировании и строительстве уникальных мостовых объектов, запланированных на ближайшие шесть лет.

Следует, однако, помнить не только о крупных проектах, но и о мостах на дорогах регионального и особенно местного значения. Наука здесь должна и может сказать свое слово в разработке решений, обуславливающих повышение уровня экономичности искусственных сооружений на основе типизации конструкций и индустриализации строительства. В условиях отечественного бездорожья это является важнейшей задачей.

Полезно вспомнить, что могущество империи Древнего Рима в течение долгих веков основывалось на разветвленной сети дорог, в I–II вв. н. э. доходившей до 300 тыс. км. Заметим, что в России с ее необъятными просторами в 2013 году (XXI век!) протяженность автодорог с твердым покрытием составляла всего 984 тыс. км. По этому показателю мы не входим в число мировых лидеров, а по густоте дорожной сети находимся на отстающих позициях.

Реализация Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры до 2024 года потребует приложения больших усилий мостового сообщества. Поставленные масштабные задачи, однако, вполне можно решить, если средства, предполагаемые для использования по указанным выше направлениям, действительно будут выделены своевременно, не будут направлены на другие цели. Ведь, например, ВСМ Москва — Казань планировали открыть еще к Чемпионату мира по футболу 2018 года. Не получилось даже начать строить. ■



ВОЗМОЖНОСТИ ПК SOFiSTiK ДЛЯ РАСЧЕТА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Программный комплекс SOFiSTiK является широко функциональным модульным пакетом инструментов для МКЭ-расчета и моделирования (в том числе BIM) различных сооружений и конструкций. При этом он предназначен прежде всего для расчета линейных и мостовых сооружений.



Примеры использования ПК SOFiSTiK

Главный принцип — создание так называемых структурных осей (главных и вторичных) моста, к которым привязываются все остальные структурные элементы. Таким образом, становится возможным создавать параметрическую модель сооружения, то есть при необходимости внесения изменений в траекторию моста необходимо поменять только параметры оси, вместе с которыми меняются и все остальные элементы расчетной модели.

Другой отличительной чертой по моделированию пролетных строений является возможность создавать пользовательские переменные параметры в самом поперечном сечении балки, которая будет меняться вдоль оси по соответствующей функции. Например, для создания балки с переменной высотой (арки) необходимо привязать высоту балочного элемента к соответствующей переменной функции по оси, которая у опоры обладает большими значениями, нежели в пролете. Двухузловые конечные элементы интерполируются плавно (рис. 1), что избавляет пользователя от ручного ввода стержней с разными поперечными сечениями. Классическим препроцессором для такого моделирования является AutoCAD (надстройка SOFiPLUS), что значительно упрощает работу по созданию расчетной схемы.

В области расчетов SOFiSTiK также обладает достаточно широким функционалом: основной решатель ASE позволяет рассчитать конструкцию на любые типы нелинейности и их комбинации. Также доступны расчеты динамических воздействий, деформации стальных профилей и потери устойчивости. Для формирования линий влияния от подвижных нагрузок существует модуль ELLA, который позволяет проанализировать данные эффекты, в том числе и от нагрузок, регламентированных нормами проектирования.

Но отдельно стоит выделить модуль CSM, который отвечает за расчеты стадий возведения, без чего нельзя обойтись при расчетах любых пролетных строений. Данный модуль позволяет

рассчитывать как внешние стадии (моделирование надвижек и временных опор), так и внутренние (изменение поперечных сечений балок, добавление нового слоя армирования или асфальта). Более того, доступен учет ползучести и усадки, стадии установки и заливки каналов пред- и постнатяжения, нелинейности, вторичные эффекты ползучести и преднапряженных канатов.

Среди преимуществ использования ПК SOFiSTiK особенно выделяются возможности моделирования и расчета напрягаемой арматуры: как преднапряжения, так и постнатяжения. В отличие от многих программ, канаты моделируются в явном виде по тому же принципу, что и другие элементы — с привязкой к структурным осям на базе объектов AutoCAD. Моделирование преднапряжения доступно в конечных элементах плоских плит, оболочках и балках. Возможно задавать различные направления натяжения.

После триангуляции модели для канатов в отчетах автоматически выводятся такие параметры, как потери напряжения, сила оттяжки, коэффициенты анкеровки, масса стали и объем каналов.

Так как программный комплекс ориентирован на пользователей по всему миру, то разработчики, помимо внедрения норм проектирования для каждой из стран, всегда оставляют возможность ручного редактирования алгоритмов расчета путем использования внутреннего объектно-ориентированного языка программирования CADiNP.

Разработчики при этом активно развиваются в сфере BRIM-технологий (Bridge Information Modelling) и недавно выпустили специальное приложение для Autodesk Revit, которое позволяет также параметрически создать оси и геометрию мостовых и других линейных сооружений в среде Revit с использованием полных адаптивных моделей и семейств.

Таким образом, SOFiSTiK является универсальным средством для моделирования пролетных строений и позволяет выполнить не только стандартные, но и любые сложные типы расчетов. ■

«СТРОИМ ПУТЬ ЖЕЛЕЗНЫЙ МЫ В РОССИЙСКИЙ КРЫМ»

Крымский мост стал для нашей страны «стройкой века». При своей протяженности в 19 км он, конечно, не побивает сегодняшних рекордов китайцев или более ранних достижений американцев, но в России и Европе теперь нет переправы длиннее. Вошел он и в мировой топ-10 мостов, построенных именно над водным пространством. Помимо длины, грандиозный российский проект стал особенным и по другим параметрам. Это сложное техническое решение по разделению единой переправы на два моста, уникальные строительные технологии, а также рекордные сроки проектирования и строительства не в ущерб качеству. Работе генерального проектировщика, АО «Институт Гипростроймост — Санкт-Петербург», журнал «Дороги. Инновации в строительстве» посвятил уже несколько публикаций. На сегодняшний день есть повод снова вспомнить об этих замечательных инженерах. Недавно берега Керченского пролива соединили собранные пролетные строения теперь уже и железнодорожного моста.

Подготовил Игорь ПАВЛОВ



Запроектировать технологию зачастую сложнее, чем саму конструкцию моста. Еще в советское время наш институт проектировал технологии, мы всегда имели дело со сложными внеклассными сооружениями. За пятьдесят лет компанией накоплен огромный опыт. Многие из наших специалистов раньше были связаны со строительством. Объединив знания, мы научились одновременно проектировать и конструкции, и технологии. Подобными навыками мало кто из проектировщиков обладает. Бесспорно, это наше преимущество.

Игорь КОЛЮШЕВ,

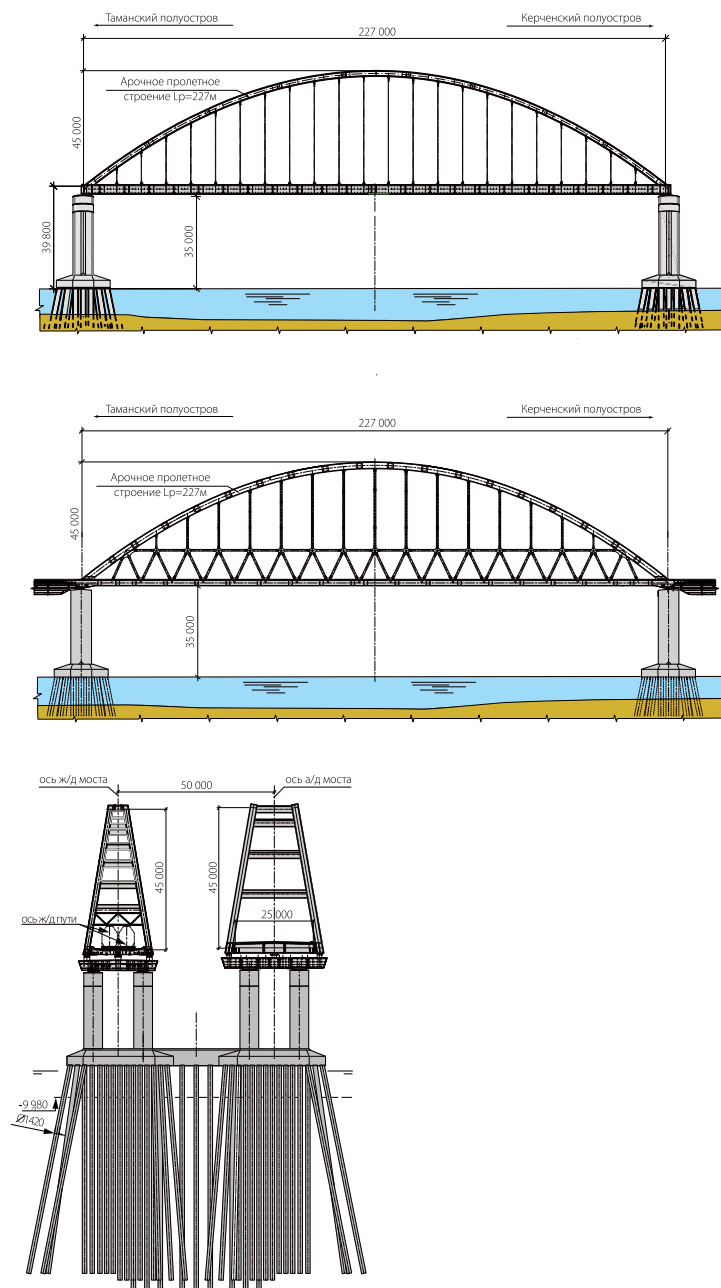
технический директор АО «Институт Гипростроймост — Санкт-Петербург»

ДВА В ОДНОМ, ОДИН В ДВУХ

Автодорожную часть переправы, как известно, 16 мая 2018 года для движения открыли жители Крыма и Кубани. Днем раньше Президент РФ Владимир Путин поздравил команду строителей с успешно выполненной задачей. Глава государства сам сел за руль «КамАЗа» и проехал по мосту в составе колонны строительной техники. Соответственно, скоро будет первая годовщина успешного «автотранспортного воссоединения» материковой России и Крымского полуострова. Железнодорожный мост изначально планировалось сдать в эксплуатацию позже. Напомним, открытие движения поездов намечено на декабрь 2019 года.

По словам технического директора АО «Институт Гипростроймост — Санкт-Петербург» Игоря Колюшева, на эту работу претендовали фактически все крупные проектные организации России. Многие предлагали совмещенный мост, с железной дорогой по нижней части. Это подразумевало, в частности, использование тяжелых металлических ферм. В целом же под большим сомнением тогда оказывалась возможность уложиться в крайне сжатые сроки, обозначенные как стратегическая задача на государственном уровне: за три-четыре года спроектировать и построить самый длинный в России мост.

Оптимальным во всех отношениях вариантом в такой ситуации госзаказчик счел предложение петербургских проектировщиков: разделение транспортного перехода на два взаимосвязанных моста, автомобильный и железнодорожный. Этим предполагалось уменьшить и сроки строительства, и расход материалов, что в условиях бюджетных ограничений тоже являлось ощутимым плюсом. Заодно умень-



Судоходное железнодорожное пролетное строение представляет собой арку с жесткой затяжкой в виде сквозных ферм расчетным пролетом 227 м. Количество железнодорожных путей на пролетном строении — два. Величина междупутья — 5450 мм.

Расчетная сейсмичность площадки строительства — 9 баллов. Уровень ответственности сооружений — 1 (повышенный), в соответствии с Федеральным законом № 384-ФЗ «Технологический регламент по безопасности зданий и сооружений».

Цельнометаллические арки имеют наклон к оси пролетного строения. В узлах крепления жестких подвесок затяжки объединены распорками коробчатого сечения. Затяжка выполнена в виде цельнометаллической конструкции со сквозными фермами с параллельными верхним и нижним поясами с ездой понизу на балласте.стыки поясов вынесены из узлов ферм, решетка которых — треугольная без стоек и подвесок. В уровне нижних поясов ферм расположена

ортотропная плита, образованная настильным листом, продольными полосовыми ребрами и поперечными балками.

Конструкция балластного корыта предусматривает устройство резинометаллических деформационных швов герметичного типа в узлах сопряжения с соседними пролетными строениями. Опорные части — шаровые сферические сегментные индивидуальной проектировки. Антисейсмическое закрепление пролетного строения предусмотрено в конструкциях опорных частей, которые обеспечивают восприятие в том числе и «отрывных» воздействий.

С наружных сторон балластного корыта на всем протяжении пролетного строения в уровне верха корыта предусмотрены транзитные служебные проходы шириной не менее 1 м. Они также выполняют функцию площадок-убежищ, поскольку расположены вне габаритов приближения строений «С» железнодорожного подвижного состава. Имеют переходные мостики шагом 24 м для

шался вес сооружений, а это принципиально важно для района с повышенной сейсмической активностью. Наконец, еще одно преимущество полностью проявит себя после сдачи всего объекта. Следить за состоянием автомагистрали и железнодорожного полотна будут разные организации, и эксплуатационные вопросы должны решаться быстрее и проще.

Как отмечает Игорь Колюшев, с точки зрения технологий мостостроения в данном случае нужно было применять хорошо проверенные решения, а не экспериментировать. Следовало делать «то, что уже умеем, или то, чему можем оперативно научиться». Главным в предложенной и принятой концепции он называет эффективные инженерные решения, которые позволяют быстрее соединить кубанский и керченский берега. Инновации, по его словам, коснулись в первую очередь технологий строительства.

В СОДРУЖЕСТВЕ С НАУКОЙ

Вместе с тем изучение природных условий в районе строительства день ото дня открывало новые нюансы, которые говорили о том, что никаких простых решений здесь быть не может. Самый сложный участок протяженностью около 7 км проходит непосредственно над акваторией морского пролива, для которого характерны экстремальные природные воздействия. Следовало учесть ледовые, ветровые, волновые нагрузки, а также высокую сейсмичность в сочетании со слабыми грунтами.



прохода к узлам и элементам нижнего пояса затяжки.

По верху плиты проезда на всем протяжении пролетного строения устанавливается перильное ограждение, вынесенное за плоскости главных ферм затяжки с внешней стороны.

С наружных сторон арок и внутри их коробчатых элементов предусмотрены служебные проходы, а для спуска на опоры в районе опорных узлов пролетного строения — лестничные сходы.

Отвод воды из балластного корыта пролетного строения осуществляется за счет поперечного уклона плиты проезда через проемы в нижней части бортовых элементов к пониженным зонам плиты, далее к водоотводным устройствам.

Материалы основных конструкций пролетного строения — сталь 10ХСНД, 10ХСНД-2 по ГОСТ 6713-91. Для углового и фасонного проката используется сталь 15ХСНД по ГОСТ 6713-91. Для элементов служебных проходов и экс-

плуатационных обустройств применяется сталь марки СтЗсп5 по ГОСТ 380-2005, ГОСТ 535-2005 и ГОСТ 14637-89. Пролетные строения укомплектованы высокопрочными метизами.

Сварочные материалы для изготовления и монтажа металлоконструкций и требования к ним приняты согласно СТО-ГК «Трансстрой»-012-2007 и СТО-ГК «Трансстрой»-005-2007.

Антикоррозионная защита металлоконструкций пролетного строения выполняется в соответствии с указаниями СП 28.13330.2012, ГОСТ 9.402-2004, ГОСТ 15150-69, СТО 01393674-007-2011 и СТУ. Применяемая система антикоррозионного лакокрасочного покрытия отвечает требованиям ISO 20340 и ISO 12944-1 – ISO 12944-8, соответствует высокому (свыше 15 лет) классу долговечности покрытия и предназначена для защиты мостовых металлоконструкций в условиях воздействия окружающей среды атмосферно-коррозионной категории CS-M — очень высокая (морская).

Чтобы найти правильные решения, инженеры петербургского Гипростроймоста привлекли к проекту ученых — геологов, сейсмологов, аэродинамиков. Так, в частности, было установлено, что достаточно прочные грунтовые слои на большой протяженности моста залегают на глубине 65–90 м. Из-за таких сложных геологических условий проектировщики сделали выбор в пользу металлических свай, главное преимущество которых заключалось в скорости установки.

Привлеченные эксперты Института физики Земли РАН уточнили исходную сейсмичность района строительства. Максимально возможным, хотя и маловероятным, сочтено 9-балльное землетрясение. Под это и были рассчитаны антисейсмические решения, заложенные в конструктивную схему моста: сравнительно короткие пролеты в 55–63 м и большое количество опор, 288 под автодорожной частью и 307 под железнодорожной.

Уникальные исследования были выполнены на экспериментальной базе Крыловского государственного научного центра в Санкт-Петербурге: аэродинамические и ледовые испытания макетов моста и опор.

Были определены ветровые нагрузки на такие сложные с точки зрения аэродинамики конструкции, как два параллельных моста с 227-метровыми арками. Воздействие штормового ветра, скорость которого над проливом может достигать 40 м/с, имитировалось на детальном макете сооружения в масштабе 1:60, напечатанном на 3D-принтере. Как и в случае с сейсмикой, расчет проводился «с запасом». Устойчивость проверена под ураган со скоростью в 56 м/с, хотя вероятность его мала.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ТОНКОСТИ

Являясь единым архитектурным ансамблем, железнодорожный и автомобильный мосты все-таки отличаются конструкциями опор и пролетных строений. Обусловлено это тем, что нагрузка от движения поездов существенно выше, чем от автотранспорта.

«Под каждый из двух железнодорожных путей запроектировано независимое пролетное строение, объединенное с другим поперечными диафрагмами над опорой, — рассказывает Олег Скорик, директор по проектированию АО «Институт Гипростроймост — Санкт-Петербург». — Это связано с восприятием



сейсмических воздействий. Пролетные строения являются разрезными цельнометаллическими, с ортотропной плитой. Они имеют пролеты либо 55 м — над косой, протокой и островом Тузла, либо 63 м — в акватории. Путь бесстыковой, укладывается по балласту. Фундаменты опор под двумя мостами одинаковы и состоят из забивных металлических свай. Только под железнодорожными путями свай забито больше и тела опор более массивные. Существенно отличаются продольные профили мостов. На подходах к арке уклоны автомобильной дороги достигают 40 промилле, чтобы машины могли подняться максимально быстро. Для железной дороги эти уклоны составляют всего 9 промилле, что делает протяженность спуска с моста гораздо длиннее».

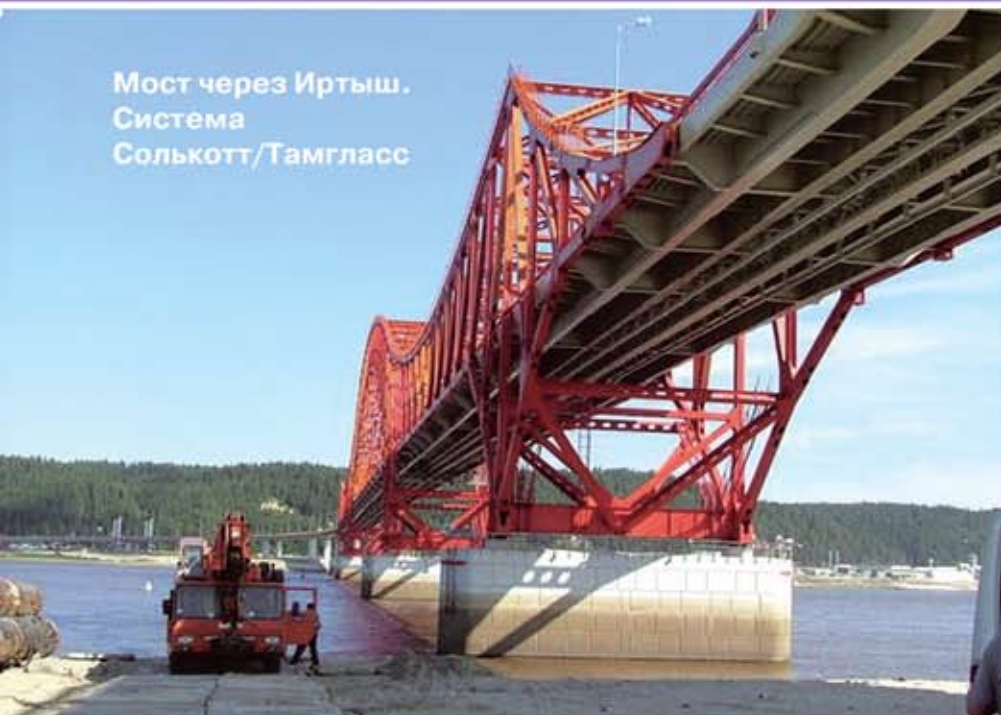
Самыми мощными являются объединенные опоры, держащие арки судоходного пролета. В их фундаментах (две массивные опоры) забито более 190 трубчатых свай с бетонным сердечником. На автодорожную арку ушло почти 5 тыс. т металла, на железнодорожную — более 6 тыс. т. Их установка стала самым сложным этапом строительства. Ранее подобные операции российские мостовики осуществляли в условиях реки. Впервые в условиях моря были перевезены и подняты с воды конструкции таких огромных габаритов и общим весом более 10 тыс. т. Кстати, первой «приплыла» железнодорожная арка. Случилось это в конце августа 2017 года.

24 марта строители сообщили, что берега Кубани и Крыма по железнодорожной части моста соединились: собраны все пролетные строения. В целом их 306, а по весу это 160 тыс. т металлоконструкций. Пролеты изготовлены на российских предприятиях. Поставлялись на Таманский полуостров в разобранном виде, сборка проводилась на стендах на стройплощадке. Как уточняет Инфоцентр «Крымский мост», строители соединили более 11 тыс. разных элементов. На морские опоры пролеты надвигались мощными домкратами продольным и поперечным способами.

«Замкнув мостовое полотно под железную дорогу, мы успешно прошли еще один важный этап строительства Крымского моста, — комментирует представитель генподрядчика Леонид Рыженькин, заместитель гендиректора по инфраструктурным проектам компании «Стройгазмонтаж». — Все идет по графику. К декабрю 2019 года на мосту будут смонтированы все системы, которые обеспечат комфортное и безопасное движение поездов». ■

ЛУЧШИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ РОССИЙСКОГО МОСТОСТРОЕНИЯ

Мост через Иртыш.
Система
Солькотт/Тамгласс



**БОЛЕЕ 20 ЛЕТ
НА РОССИЙСКОМ
РЫНКЕ!**

Все виды промышленных красок,
в том числе:

- защитные покрытия;
- ЛКИ для сложных условий;
- по бетону

Транспортные развязки вантового
моста, КАД, Санкт-Петербург.
Система Суперкрил



Список знаковых объектов:

- мост через р. Обь, г. Нефтеюганск;
- мост Александра Невского, Санкт-Петербург;
- мост через р. Енисей, г. Красноярск;
- КАД в Санкт-Петербурге;
- транспортные развязки в Москве;
- мост через р. Каму

ООО «Алтико»
Санкт-Петербург,
5-й верхний переулоч, д. 16
(промзона Парнас)
тел. +7 (812) 380-56-90
tambour@alticoltd.ru
www.tambour.pro

Ю. И. САВЧЕНКО,
действительный член Международной Академии транспорта

КОНЦЕПЦИЯ МОСТА НА САХАЛИН В ВЫНУЖДЕННО ВЫБРАННОМ СТВОРЕ

Международной Академией транспорта (Россия и СНГ) в 2012 году автору этой статьи была поставлена задача провести предварительные изыскания на основе имеющейся технической информации и сформировать концепцию совмещенного транспортного перехода (автомобильного и железнодорожного) через пролив Невельского для соединения материка с островом Сахалин. Отправной точкой стал тот факт, что ранее дважды не увенчалась успехом попытка прокладки тоннеля, так как удержать его тело в безаварийном состоянии на Северо-Сахалинской синеклизе не позволяют меловые отложения дна неогенового периода, которые не обладают необходимой прочностью. При разработке новой стратегии решения транспортной проблемы конечной целью ставилось создание, с учетом всех современных технологических возможностей, проекта моста, который наиболее целесообразным, дешевым и быстро окупаемым способом соединит сахалинцев с материковой Россией.

СПРАВКА

В настоящее время федеральных средств, достаточных для реализации инвестиционной программы по строительству моста «материк – Сахалин», не выделяется. Все обсуждается на уровне акционерных компаний в рамках предполагаемых концессионных соглашений. Предлагаемый автором проект снижает нагрузку на бюджет и имеет инвестиционную привлекательность благодаря широкому комплексу услуг (авто-, железнодорожное и судоходное движение). С технической точки зрения речь идет о присоединении массы грунта без заземления конструкции в донных инженерно-геологических особенностях разжиженных грунтов. Автор опирался на современные технологии и материалы из наукоемких отраслей. Невыгодное сочетание кратковременной и периодической сейсмички долгое время сдерживало создание рабочего проекта транспортного перехода на Сахалин. Предлагаемая композиция моста позволяет использовать вязкое трение при сейсмическом воздействии. Новейшие технологические решения, полное покрытие конструкций нанобетоном – все это увеличит жизненный цикл сооружения до 120 лет.

Экономический базис для строительства моста в проливе Невельского существует более 60 лет. Предлагаемый проект показывает, как эту задачу можно решить.

Совмещенное на одном мосту автомобильное двухстороннее (в два ряда) движение и одноколейное железнодорожное с двумя комплектами рельсов, 1520 мм и с сахалинской (японской) колеей, позволит без перевалки доставлять грузы с острова на материк.

Техническая суть предлагаемого варианта заключается в том, что серобетонные оболочки пустотелые прямоугольного сечения устанавливаются со специально изготовленного понтона (сваренного из листовой стали, толщиной 8 мм в подводной части). Данное решение позволит не забивать сваи в дно пролива, так как грунт может не удержать все свайное поле в гарантированном положении.

Следующий важный момент: сложные погодные условия, особенно тайфуны, заставляют предусмотреть возможность полного укрытия мостового перехода. Под крышу в таком случае следует закрыть и съездные пути на береговую зону с обеих сторон моста (по 600 м).

В условиях мощного тайфуна для поддержания перехода в рабочем состоянии оптимальным видится применение пневмоочистительной машины ПОМ-1М с двумя вентиляторами ВМ-18 (с тяговыми электродвигателями, с подключением к генератору локомотива). Передвигаясь на скорости до 60 км/ч, она не потребует закрытия перегона. Может работать на сильно заносимых участках. Эта машина производится на российском предприятии. Применение плужных очистителей нежелательно.

Не исключено, что после полного сравнительного просчета вариантов будет признано достаточным пьезоэлектрическое встряхивание с электроподогревом проезжей части. Следует учесть и тот фактор, что очень мощные ветры, характерные для этого района, могут сдувать снег с моста. Если выяснится, что их воздействие способно дать необходимый эффект, то возникнет решение строить переход над проливом без крыши. Однако на берегу (на подъездах) все равно

потребуется противотайфунное укрытие. При этом заодно можно рекомендовать применение скалывателя льда УДМ-2000, также российского производства.

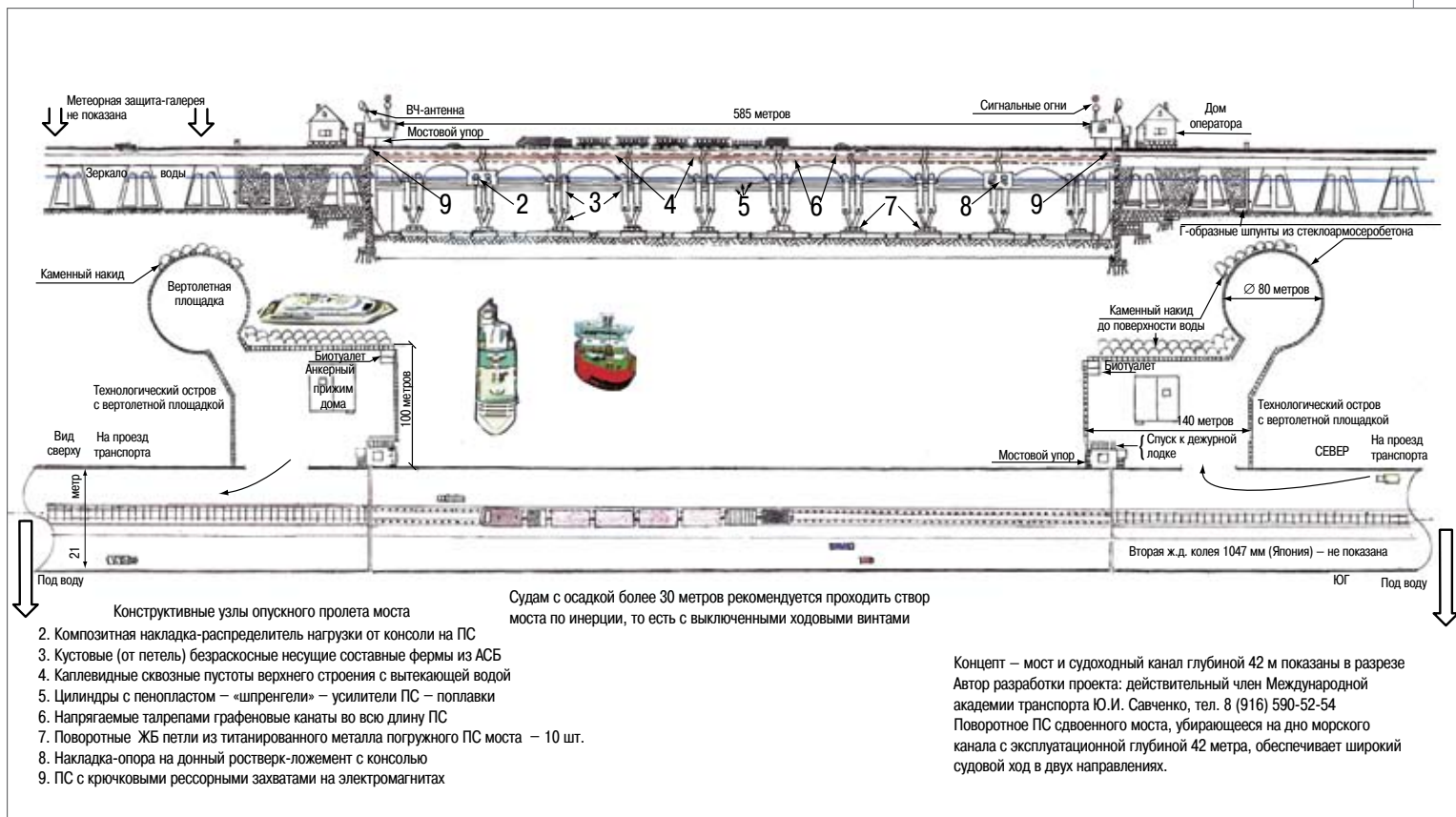
Что касается технологических этапов строительства моста, то, прежде всего, на дне пролива после обследования и удаления посторонних предметов (куски металлического троса, сети и т. д.) в полосе шириной 30–50 м следует сразу обозначить трассу перехода поплавками со светоотражателями с шагом 500 м (16 штук с подсветкой на солнечных батареях).

Согласно концепции проекта, на подготовленное дно предлагается, не забывая сваи, ставить рамную армобетонную, скрепленную бортами оболочку, в которой вертикальные и горизонтальные элементы жестко соединены. Внешняя нагрузка, приложенная к любому элементу, в таком случае вовлекает в работу всю конструкцию.

Прочность, жесткость и устойчивость будут соблюдены, если равномерно распределить вес сооружения

на большую площадь 315 м², что позволит получить на 1 см² при полной нагрузке (1 железнодорожный состав +6 грузовых автомашин) удельное давление около 2 кг/см², что соответствует давлению ноги человека.

Сложной проблемой является также обеспечение сейсмоустойчивости моста. Техническая суть задачи оказывается в противоречии с технико-экономическими требованиями и с методом предельных состояний, что заставляет предложить болтовое скрепление секций и элементов сооружения. При высоких амплитудах колебаний земли в сахалинском регионе сварка не представляется надежным решением. Она обязательно даст эвтектоидный переход (рекристаллизацию) с ослабленной зоной (измененной сингони); прочность резко теряется при знакопеременных нагрузках. Достаточно важен и кадровый вопрос: чтобы «крутить гайки», не нужны бригады опытных сварщиков с высокой квалификацией.



Фрагмент профильного вида мостового перехода длиной 8 км Материк – Сахалин в проливе Невельского. Вид центральной части морского свайно-ряжевого внеклассного низко-водного сдвоенного авто-железнодорожного моста из коробчатых унифицированных сборных оболочек типа «плетеная корзинка» на болтовых креплениях и плитных ж.б. пролетных строений в сейсмоустойчивом исполнении. Обязательное защитное аэрозольное предмонтажное покрытие полимербетоном коробов оболочек и пролетных строений. Стекловолоконному армосеробетону, имеющему ТУ 5763-308-3655-4501-2012, заказывать композитные рельсы (1200 м) со специальными заданными свойствами (по типу вертолетных лопастей). Все болты (сталь 40Х), а накладки оцинкованным слоем в 100 микрон или из «рельсового» композита

При болтовом скреплении все фрагменты оболочек для сборки на понтоне с плоской палубой 20×30 м скручиваются (можно с клеем или цементной кашцей). Не исключен вариант сборки сразу после последовательной установки на грунт каждого следующего фрагмента оболочки, после работы в роли фашины на котловане.

В предлагаемой концепции проекта сдвоенного мостового перехода все детали предусматриваются заводского (индустриального) изготовления с полным соблюдением требований технологии производства. Горячее (гальваническое) цинкование должно обеспечивать защитное покрытие толщиной около 80 мкм.

Доставку изделий можно обеспечить понтонами и баржами. Монтаж (установка) в проектное положение производится морским краном в русловой части или,

в более мелких местах, другими грузоподъемными механизмами.

При установке опор в проектное положение степень устойчивости донного грунтового основания и будущая степень осадки оболочек на всей длине оси моста будет одинаковой, так как это дно формировалось тысячелетиями подвергаясь сейсмоударам и промываясь ежедневным пульсирующим морским течением. Перед монтажом сглаживание неровностей (от стамух) следует осуществлять таким же донным материалом, то есть дрсвяно-щепенистым, взятым в другом месте неподалеку.

Эксплуатационная пригодность моста будет достигнута хорошо распределенной нагрузкой. При этом исключается возможность механического отжатия капиллярной (поровой) воды от двукратной нагрузки открытой системы «оболочка — грунт дна».

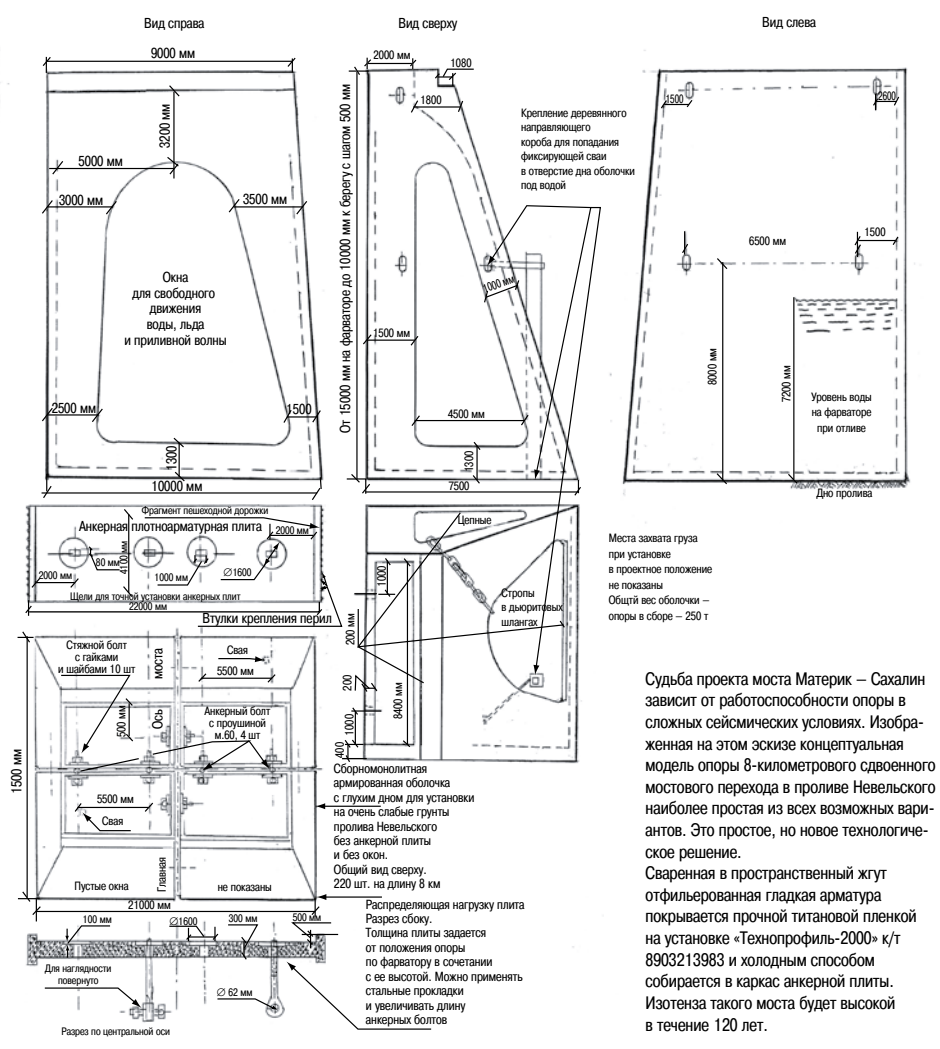
При принятии решений, обусловленных состоянием дна пролива, предполагается необходимость дорогой планировки на ряде участков мостовой оси. Предпочтение можно отдать многочерпаковой, с вместимостью черпака 700 л и с достаточной глубиной черпания (до 50 м).

В стандартную стальную трубу диаметром 1600 мм, сваренную в плетъ длиной 20–25 м, плотно загружается тяжелый диабазовый щебень, а затем привариваются торцевые заглушки с центральным выпуском осей диаметром 100–120 мм, с бортиками для свободного вращения тросовых точеных коушей-втулок. Получившимся тяжелым катком при помощи стрелы крана (например, «Богатырь») на дне укатывается грунт под установку оболочки — опоры моста.

Поднятый грунт, если не будет экологических противопоказаний, можно: закладывать на дно оболочки, пригружать; засыпать в четыре «корыта» собранной оболочки через боковые окна или через прямоугольные верхние люки для повышения устойчивости при ледоходе; создавать грунтовую насыпь автоэстакады на мелководье для сопряжения проектных высот моста и береговой дороги.

На каждую установленную оболочку будет оказываться гидростатическое объемное давление течения, особенно прилива, но вырезанные в ней окна дадут существенное снижение сдвигающей величины силы.

Напор ветра на оболочку (иногда до 30 м/сек) и воды вместе со льдом (как правило, во второй половине марта) будет скомпенсирован защемляющим



Судьба проекта моста Материк – Сахалин зависит от работоспособности опоры в сложных сейсмических условиях. Изображенная на этом эскизе концептуальная модель опоры 8-километрового сдвоенного мостового перехода в проливе Невельского наиболее простая из всех возможных вариантов. Это простое, но новое технологическое решение. Сваренная в пространственный жгут отфильтрованная гладкая арматура покрывается прочной титановой пленкой на установке «Технопрофиль-2000» к/т 8903213983 и холодным способом собирается в каркас анкерной плиты. Изотенза такого моста будет высокой в течение 120 лет.

действием 12-метровых забитых свай (двух или четырех). При этом есть уверенность, что поступательного движения не произойдет и ось моста будет статична. Свая забивается только до поверхности воды, несущая способность — 223 кН/м² без межсвайного пространства.

Следует учесть, что интенсивность землетрясения в 8 баллов уже разрушительна для капитальных сооружений. Однако при этом вертикальные силы, не превышая 10–12% от веса сооружения, не могут нарушить прочности предлагаемых оболочек. Надо не забывать, что все внутренние перегородки оболочки — двойные, а все соединения — «шарнирные» на болтах. В случае сварки швы (при любом катете) не дают гарантии, а мощную заклепку (болт диаметром 60 мм, каковых 10 штук на каждой оболочке) подобное силовое воздействие не сорвет.

На 8 км предполагаемого мостового перехода потребуется около 240 таких модулей (оболочек). Реализуя данный вариант проекта, первый поезд и движение автотранспорта на Сахалин можно будет пустить уже через 20 месяцев с начала строительства. Предлагаемая конструкция также удобна тем, что пригодна к простому демонтажу. В перспективе из таких модулей можно возводить мосты на любой большой реке Дальнего Востока.

Еще один фактор: негативное сочетание низких температур обледенения, снеговой, ветровой, сейсмической и полезной нагрузок создадут перегрузку $K=1,4$ (с мокрым снегом — 500 кг/м²), однако мостовой переход устоит, оставшись геометрически неизменным.

В высокосейсмичной зоне железнодорожный путь, проходящий над морем, должен быть максимально свободен от воздействия «неспокойного» основания. Пролетные строения с четырьмя рельсовыми нитями следует расположить на одном уровне с начальным допуском. Есть специальные решения и для устройства рельсошпальной решетки. После каждого эпизода сейсмоудара ощутимой величины следует пропускать по рельсам путепроверочную технику. В начально-испытательный период эксплуатации железнодорожные составы в сильные морозы и туманы должны двигаться по мосту на погашенных ускорениях со скоростью 30–40 км/ч.

Создавая композицию моста, можно также предусмотреть возможность использования конструкции перехода как приливной электростанции, расположив



Крепление уходящего под воду пролета и опускной части железнодорожного моста в сейсмически активной зоне



Проверка путепроверочной техникой железнодорожного полотна после сейсмоударов ощутимой величины

крыльчатки в потоке постоянно движущейся воды между или внутри оболочек, имеющих окна. Полученная энергия сможет обеспечивать освещение, подогрев проезжей части при обледенениях и т. д.

При изготовлении всех плит и балок верхнего строения моста нужно использовать высокопрочную наноструктурированную арматуру. Ориентир: арматурная прядь, которая применяется для железнодорожных шпал с диаметром 9,6 мм. Сопротивление разрыву составляет 1600 МПа. Производство по данной технологии в России уже отлажено. Нужный диаметр арматуры можно заказать на заводе-производителе.

Говоря о транспортном единстве комплекса перехода на Сахалин, также не следует забывать о судопропускном устройстве в проливе Невельского. Современные нанобетоны в морском исполнении и наностали (например, череповецкого производства) позволяют заложить новое техническое решение: освободить от пролетного строения на протяженности 590 м проход под мостом, без верхнего ограничения по фарватеру, и заложить эксплуатационные глубины судоходного канала более 40 м. Это позволит судам двигаться сразу в двух направлениях. ■

Б. И. КУЛАЧКИН, д. г.-м. н., к. т. н., академик РАЕН;
 А. И. РАДКЕВИЧ, к. т. н., чл.-корр. РАЕН;
 инженеры ООО «ИПТС-Транспроект»: А. А. МИТЬКИН, Д. П. МАТОХИН,
 К. В. ИГОНИН, М. А. КОВАЛЬ

ИННОВАЦИИ В МЕХАНИКЕ ГРУНТА И ГЕОТЕХНИКЕ*

(Окончание. Начало в №75)

На базе Института по проектированию транспортных сооружений «Транспроект» за последние годы образовалась неформальная научно-техническая школа «Геотехника на транспорте». На основе широкого и тесного взаимодействия с научными, изыскательскими, проектными, производственными организациями, экспериментальных исследований и аналитики получены фундаментальные и технические результаты, обладающие практической ценностью в области изысканий, проектирования и строительства, вполне конкурентноспособные. В числе инновационных разработок — новая классификация состояния грунта, геотехническая модель, аналого-дискретная модель и оценка веса грунта *in situ*, а также еще ряд научно-технических достижений.

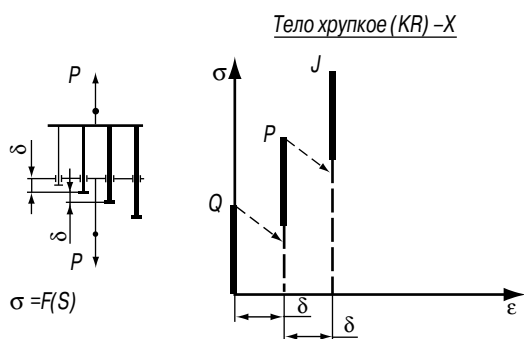


Рис. 6. Идеальное хрупкое тело (KR)-x

АНАЛОГО-ДИСКРЕТНАЯ МОДЕЛЬ ГРУНТА

Разработана аналого-дискретная модель грунта [21], в которой заложено новое свойство — дискретность. Суть заключается в том, что идеальное тело (рис. 6) состоит из неопределенного количества стержней, объединенных в одно целое, различной длины и поперечных сечений (дискретность) и бесконечным модулем упругости, и названо телом KR (Кулачкин-Радкевич). Количество, длина и сечение зависят от свойств грунта.

В качестве примера можно привести модель Бингама (рис. 7), где к известным идеальным телам N (упругость), η (вязкость) и Stv (сухое трение) добавлено KR (дискретность). Таким образом, получим полный набор свойств аналого-дискретной модели, не имеющей

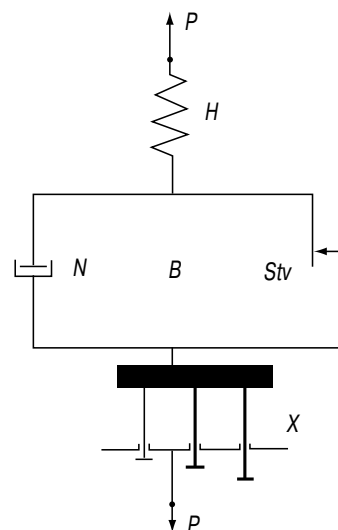


Рис. 7. Упруго-вязко-пластично-хрупкая модель

* Ранее опубликовано: Б. И. Кулачкин, А. И. Радкевич. «Введение в новую механику грунта» («Дороги России», №1, 2006, и «Деловая слава России». Спецвыпуск. «Славица», 2006); Б. И. Кулачкин, А. И. Радкевич. «Новая механика грунта» («Строительная газета», 15.09.2006); Б. И. Кулачкин, А. И. Радкевич и др. «Фундаментальные основы новой механики грунта и геотехники» («Автомобильные дороги», №10, 11, 2016); Б. И. Кулачкин, А. И. Радкевич. «Фундаментальные и прикладные проблемы геотехники» (М., РАЕН, 1999).

аналогов. Ее отличием является то, что традиционной последовательности фаз («упругость — пластичность — разрушение») напряженно-деформированного состояния может не соблюдаться.

В комбинации с упруго-пластичными моделями она позволяет существенно расширить область применения реологических моделей в теории сред. Использование предложенной модели в реологической механике может открыть новые направления развития теории как для скальных, так и для обычных грунтов.

Для скальных грунтов блочной структуры предложенная модель имеет физическое обоснование. Особенно важным может быть ее использование в динамике, когда происходит разуплотнение и изменение структуры грунта, приводящее к быстрым осадкам.

Применение предложенной модели в теории железобетона представляется ясным, и неслучайно доклад Б.И. Кулачкина на международной конференции по бетонам Concrete-2014 вызвал интерес и получил поддержку [22].

Наиболее ярко дискретность грунта проявляется при статическом зондировании.

Здесь необходимо также отметить проблему измерений в строительстве, в том числе в геотехнике и механике грунта, связанных с быстродействием измерительных систем, когда их параметры не могут фиксировать быстропротекающие процессы в материалах. Это в полной мере относится к аналого-дискретной модели.

Применение быстродействующих систем измерений и регистрации может существенно обогатить так называемую теорию предельного равновесия.

МОДУЛЬ ЯНГА (YOUNG'S MODULUS)

Модуль Янга в механике и геотехнике широко используется в различных интерпретациях: модуль Юнга, модуль упругости, модуль общей деформации, модуль механической деформации, статический модуль упругости, динамический модуль упругости, начальный модуль упругости (и т. д.), причем последнее относится к грунту и бетону.

Существуют две методики определения модуля Янга: механическое нагружение грунта в различных условиях (коробка, in Situ) и измерение скорости волны в грунте путем приложения импульсного

воздействия УЗД (Ultrasonic), сейсмоакустика (Low Strain Test), на основе волновой теории.

Оценка модуля Янга первым способом была изложена М. Жамиолковским в 1990-х гг., когда он приезжал в РФ, будучи президентом ISSMGE. Он выполнял эксперименты совместно с японскими специалистами и путем приложения небольших нагрузок измерял с большой точностью осадки образца грунта. К сожалению, результаты исследований так и не были опубликованы, хотя они имели бы большое значение.

Что касается модуля Янга грунта в рамках волновой теории, то каких-либо публикаций нами не было найдено ни в РФ, ни за рубежом. V и E_d по данным УЗД в различных грунтах представлена в табл. 2 [23].

Поскольку методом Low Strain Test каким-либо образом исследовать массив грунта при сегодняшних технических возможностях пока сложно, были выполнены работы на грунтоцементных сваях. В частности, ИПТС-Транспроект и Мостоотряд-47 совместно провели комплексное испытание на путепроводе по ул. Баркляя в Москве. Сваи диаметром 600 мм были устроены по технологии струйной цементации Jet Grouting. Исследования выполнялись в два этапа.

I этап: определение прибором «Пульсар-1.2» скорости распространения УЗД на поверхности грунтоцемента: а) зачищенного торца сваи; б) на скеле зачищенной боковой поверхности.

Результаты испытаний скорости распространения УЗД: на торце сваи — 1500–2200 м/с; на скеле зачищенной боковой поверхности — 1800–2500 м/с.

II этап: испытание свай по технологии PET (Pile Echo Test) одноименным прибором. В качестве ис-

Таблица 2.
Результаты ультразвуковых исследований

Образцы грунтов (количество)	V_p , м/с	V_s , м/с	V_s/V_p	Динамический модуль упругости E_d , МПа	Коэффициент Пуассона μ
Суглинки М1 (20)	400–2000	200–550	0,20–0,54	170–1380	0,29–0,48
Суглинки М2 (24)	700–2000	300–500	0,16–0,50	650–1620	0,33–0,49
Супеси М3 (30)	520–1700	160–500	0,22–0,52	160–1600	0,31–0,48
Супеси М4 (29)	720–1500	190–420	0,18–0,43	220–1050	0,39–0,48
Суглинки и супеси (gQIdns) (25)	1050–2000	170–410	0,08–0,42	200–950	0,45–0,47
Суглинки и глины (J_{30k}) (14)	950–1850	240–340	0,11–0,39	300–600	0,47–0,48

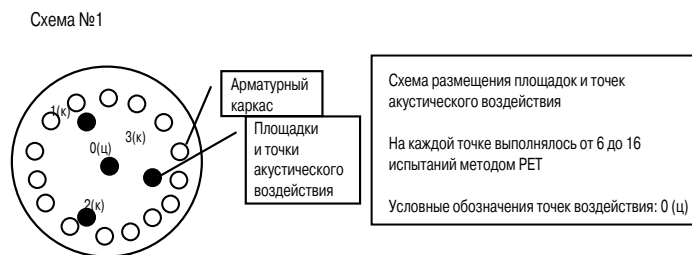


Рис. 8. Схема испытания свай по технологии РЕТ

точника сейсмоакустического воздействия использовали специальный молоток, входящий в комплект оборудования РЕТ. Приемник ответных сигналов (акселерометр) располагался на предварительно подготовленном торце сваи вблизи от точки сейсмоакустического воздействия (рис. 8).

Обработка результатов основана на анализе инженерно-геологических условий, технологии устройства сваи, акустических рефлектограмм с возможностью уменьшения погрешности измерений, использования параметров скорости, амплитуды, фазы, частоты, экспоненциального усиления, практической независимости скорости распространения акустического воздействия от частоты возмущения и параметров FFT, t50%, 3D, Z [24].

По результатам выполненных измерений получены рефлектограммы (рис. 9).

Отмечено:

- измеренная длина сваи $L_{\text{факт}} = 10,9-11,0$ м;
- сплошность бетона сваи №80 — обеспечена.

Исходя из значений скорости по данным УЗД и формулы для одномерной волновой теории, получаем:

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (3)$$

где: E — модуль Янга; ρ — плотность.

При $\rho = 2200$ кг/м³ и $C \approx 2200$ м/с модуль Янга грунтоцемента составляет $E \approx 10$ ГПа, что вполне соизмеримо с бетоном.

Далее была определена прочность грунтоцементной сваи. При этом использовалось извлечение из стандарта (ГОСТ 17264-2012) методики оценки прочности по скорости C : получаем $\approx B10$, что также соизмеримо с бетоном.

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ СВАИ

Существует два основных метода испытаний свай — статический и динамический. Динамическим испытаниям свай посвящено много работ. Известны формулы Крендэлла, Сандера, Челлиса, голландская, Engineering News и др. [28]. Среди них выделяется формула Н. М. Герсеванова, которая существенно продуктивнее аналогичных и широко применяется в РФ. Кстати сказать, по оценкам французских специалистов, российский СНиП по свайным фундаментам — лучший в мире.

Анализ показал, что наиболее эффективным способом является использование формулы Герсеванова (с учетом небольших поправок ИПТС-Транспроект) для буронабивных свай. Основное преимущество — феноменологический подход, использующий два параметра: энергия, осадка. ИПТС-Транспроект применяет этот метод. Так, в 1999 году впервые мы произвели сравнительную оценку расчетов по SLT, DLT и Герсеванову [29].

В процессе строительства порта Салиф (Йемен) были выполнены дополнительные комплексные инженерно-геологические изыскания и контрольные испытания полых металлических свай с открытым концом с применением гидромолота Juttan [30] и расчетом несущей способности по формуле Герсеванова с некоторыми поправками.

Среди статики наиболее известен метод Osterberg [31]. Однако, используя его, создать большую нагрузку на сваю весьма сложно.

Впрочем, анализ динамических и статических испытаний показывает, что все методы имеют недостатки:

Dept (m)	Details	Pile	Reflectogram	Remarks
11.0 m	11.08.2016 C:1850m/s Amp:650	80-1, край		1. Значение интегральной скорости распространения упругих воздействий ($V=1850-2500$ m/s) соответствует бетону класса B10
11.0 m	11.08.2016 C:2500m/s Amp:470	80-2, центр		2. Влияние инженерно-геологических условий на геометрические параметры сваи в интервале а.о.— [133.24-134.90]
10.9m	11.08.2016 C:2200m/s Amp:250	80-3, середина		

Рис. 9. Рефлектограммы сваи №80 (H=11 м)

ограничения в количестве испытаний; невысокая достоверность; технические сложности; время испытаний.

Здесь уместно напомнить известное высказывание К. Терцаги: «Лучше знать неточно обо всем объекте, чем точно о малой его части».

ИПТС–Транспроект проводит интенсивные исследования по оценке несущей способности свай на основе акустики, используя Low Strain Test и получая при этом полную статистику. Альтернативы предлагаемому методу фактически нет, но пока он находится в стадии освоения [32]. На данный момент идет поисковая работа совместно с Институтом прикладной физики РАН (Нижний Новгород), МГУ (Москва) в широком диапазоне акустических частот и различных технологий.

АКУСТИКА В ГЕОТЕХНИКЕ

Акустическая эмиссия применяется для оценки прочностных, сдвиговых и фрикционных свойств грунтов [33].

При строительстве моста через Волгу в Ульяновске в 2000-х гг. были выполнены комплексные (бурение, зондирование, деформометры, искиметрия) исследования оползня Милановского, самого большого в РФ, у подножия которого построен главный пилон. Они проводились совместно с УльяновскТИСИЗом (С. И. Трибунский) и Институтом геоэкологии РАН (Г. П. Постоев). В итоге было дано заключение об устойчивости оползня с рекомендациями об ограничении поступления воды в тело оползня от жилмассива наверху.

В последние годы акустика все шире применяется для оценки сплошности, целостности, прочности и геометрии свай и других железобетонных конструкций, оценки влияния инженерно-геологических условий на качество глубоко заложённых фундаментов.

ИПТС–Транспроект сотрудничает с ведущими зарубежными и российскими фирмами, занимающимися аппаратными разработками и аналитикой в этой сфере, и использует все новые приборы и методики измерений.

Акустика в геотехнике применяется в двух видах — Ultrasonic (Chum, Pulsar, «Бетон») и Low Strain Test (PET, SIT, PSI и др.). Основным параметром для исследования бетона в конструкциях является скорость C акустической волны [34].

Фундаментальной основой всех акустических исследований является зависимость скорости от модуля Янга и плотности (для одномерной волновой теории); $C = f(E, \rho)$.

В табл. 3 [35] показано, что, по данным SIT (Profound), модуль Янга напрямую влияет на скорость C .

Что же касается плотности (ρ), то, по нашим оценкам, вышеприведенная формула практически не мо-

Таблица 3.
Влияние модуля Янга на скорость C

Показатели	Изготовленная на месте свая	Стандартная свая
Класс бетона	B35	B60
Плотность ρ , кг/м ³	2400	2400
Модуль Юнга E , ГПа	35	42
Длина свай L , м	20	20
Скорость C , м/с	3820	4185
Время, Δt , мс	10.48	9.56

жет быть использована для оценки скорости в бетоне в широком диапазоне. На данном этапе бетонные технологии существенно ушли вперед, включая состав материала (физические и химические компоненты) — тем более что изменение ρ при этом находится в очень узком диапазоне, а прочность — в широком.

Наиболее используемыми параметрами в геотехнике являются прочность и дефекты (сплошность, целостность, прочность и геометрия) бетона.

Эффективным и целесообразным для практических целей мы считаем использовать зависимость скорости $C = \varphi(B)$, где B — класс бетона по прочности. В ГОСТ РФ 17624–2012 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности» имеет место линейная зависимость между скоростью и прочностью.

Данная зависимость нами была распространена на echo-test (PET, SIT) с учетом того, что частота акустического сигнала не влияет на скорость. (Это наше предположение, подобных исследований нам неизвестно).

Необходимо отметить также зависимость Pile Test [36] для Ultrasonic:

$$C = Kf_c^{1/6}, \quad (4)$$

где: C — скорость волны; f_c — прочность бетона на сжатие; K — коэффициент с учетом фактора трубок при использовании прибора Chum (Ultrasonic), полученного фирмой Pile Test.

Проведены аналитические и экспериментальные исследования, которые позволяют комплексировать Ultrasonic и Low Strain Test [37, 38, 39, 40], получая

при этом более полную информацию о сплошности, целостности, прочности и геометрии фундамента в рамках одномерной волновой теории.

Сравнение измерений по Ultrasonic и Low Strain Test (рис. 10, 11) дают относительно основного параметра C идентичные, вполне приемлемые результаты оценки длины сваи, сплошности, целостности и прочности, причем дополняя друг друга.

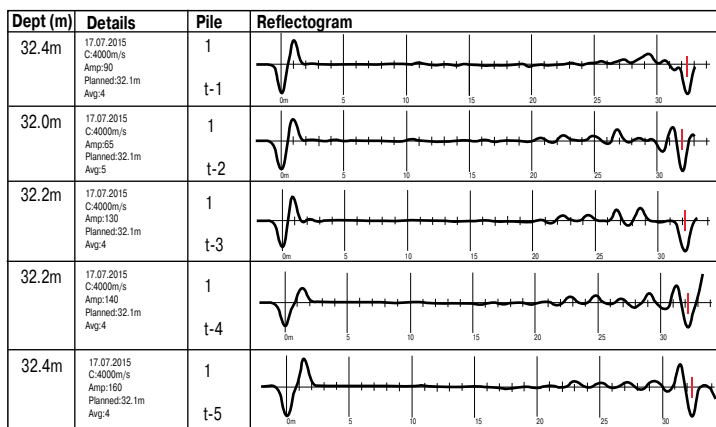


Рис. 11. Low Strain Test (сейсмоакустика), PET. Рефлектограммы, полученные в результате исследования сплошности, целостности, прочности и геометрии буронабивной сваи №36 и грунта ниже ее пяты (г.Уфа)

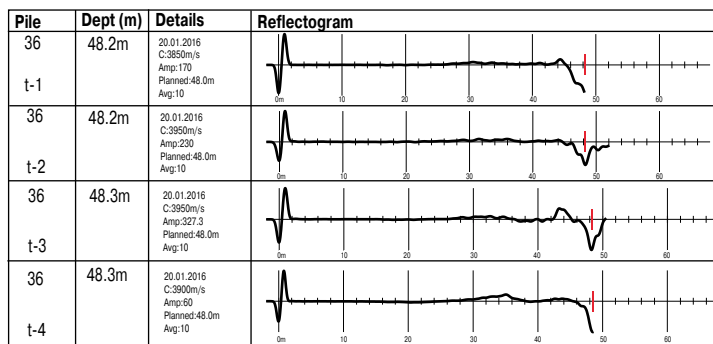


Рис. 12. Low Strain Test (сейсмоакустика), PET. Рефлектограммы, полученные в результате исследования сплошности, целостности, прочности и геометрии буронабивной сваи №36 фундамента опоры №6 (г. Уфа)

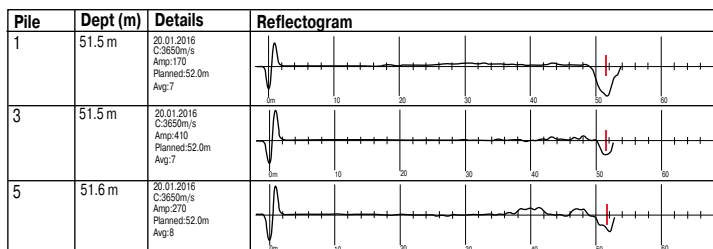


Рис. 13. Low Strain Test (сейсмоакустика), PET Рефлектограммы, полученные в результате исследования связности, целостности, прочности и геометрии буронабивной сваи №1 фундамента опоры №15. Объект: Объект «Южный участок Северо-западной хорды» 7 этап от улицы Мосфильмовская до Аминьевского шоссе. Эстакада №1.

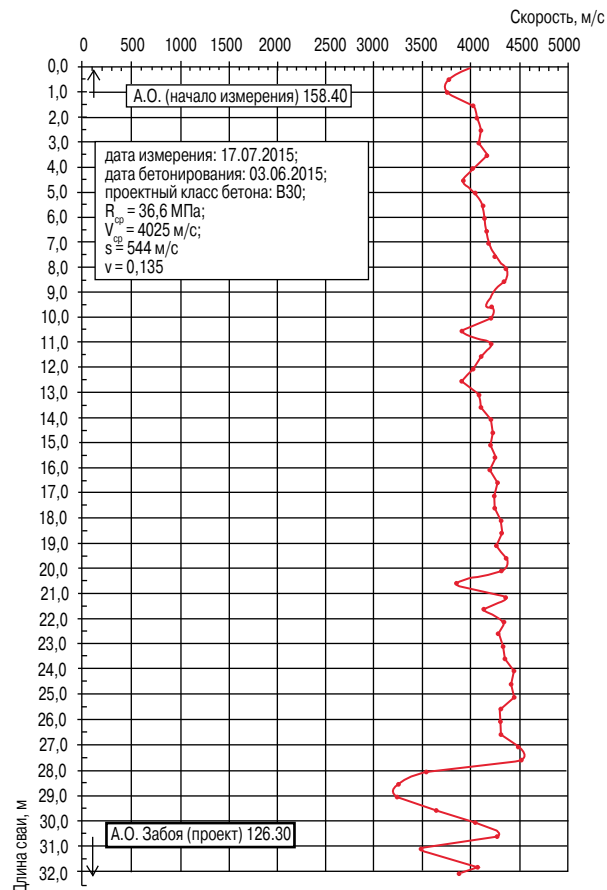


Рис. 10. Ultrasonic (УЗД), прибор «Бетон». (Сечение 2-4) График «скорости распространения ультразвука» в бетоне сваи №1 фундамента опоры №15. Объект «Южный участок Северо-западной хорды» 7 этап от улицы Мосфильмовская до Аминьевского шоссе. Эстакада №1.

При исследовании несущей способности буронабивных свай по Low Strain Test был выполнен эксперимент по нашей методике. Получены два вида рефлектограмм с измерением скорости и длины сваи, в том числе вместе с грунтом ниже ее пяты, 48,2 и 51,5 м (рис.12, 13). Пята сваи погружена в гипс светлый, от мелко- до крупнокристаллического, скальный, пониженной прочности.

В результате сравнения двух серий рефлектограмм видно, что, используя методику ИПТС-Транспроект, возможно определить скорость акустической волны в грунте. Путем несложных расчетов она получается равной ≈ 1750 м/с. Таким образом, можно принять частное значение предельного сопротивления грунта под нижним концом сваи равным $41,5$ кг/см², модуль Янга (упругости) — ≈ 6 ГПа.

Следовательно, для свай-стоек вполне можно использовать разработанную методику в экспертных оценках, при нештатных ситуациях и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе выполненных экспериментальных и аналитических исследований в различных регионах РФ и за рубежом получены фундаментальные и прикладные результаты в механике грунта и геотехнике.

В краткой форме сформулированы инновации, новые определения и предложения:

1. Систематизация основ геотехники и новой механики грунта.
2. «Геомассив — основание — фундамент — сооружение» — всеобъемлющая геотехническая модель.
3. Естественное состояние грунта: недоуплотненный — нормальноуплотненный — переуплотненный.
4. Вес грунта (бытовое давление) — экспериментальный параметр.

5. Поровое давление в глинистых породах — элемент памяти образования и эволюции верхних слоев литосферы.

6. В рамках аналого-дискретной модели теория предельного равновесия теряет физический смысл.

7. Теория консолидации, включая фильтрационную, укладывается в экспоненциальный процесс.

8. Проблема буровых свай большой несущей способности: альтернативы акустическому методу оценки не существует.

9. Перспективное направление геотехники и механики грунта — акустика в широком диапазоне частот.

10. Стандарты и своды правил по проектированию и строительству, включая транспортную инфраструктуру, не удовлетворяют современным требованиям.

11. Технология выше норм и стандартов применяется под ответственность автора и подрядчика (заказчика).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулачкин Б. И., Радкевич А. И., Соколов А. Д. Проблемы и перспективы геотехники. М, РАЕН, 2003.
2. Кулачкин Б. И., Радкевич А. И. Зонд для статического зондирования. Патент №1191521.
3. Кулачкин Б. И., Радкевич А. И. Комплект аппаратуры для статического зондирования ПИКА-1Н, Паспорт НТД, М., ВНИИОСП, 1988.
4. Morgenstern N.R., The Observational Method in Environmental Geotechnics// Proceedings of the First International Congress on Environmental Geotechnics.-Edmonton, Canada, 1994.
5. Кулачкин Б. И., Радкевич А. И., Александровский Ю. В. Основы строительной экологии. Изд-во Саратовского ун-та, 2000.
3. Mainstreaming the Environment. The World Bank. — Washington: D.C. Fiscal, 1995.
4. Ухов С. Б. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты. М., Изд-во АСВ, 1994.
5. Кулачкин Б. И., Митькин А. А. О коэффициенте надежности по нагрузке в геотехнике. «Транспортное строительство» №4, 2010.
6. Крутов В. И. Строительство на насыпных грунтах. М., Стройиздат, 1988.
7. Кулачкин Б. И. Экспериментально-теоретические исследования и разработка метода зондирования в инженерной геологии. Автореферат на соискание степени д. г.-м. н. по специальностям: 04.00.07 — Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение; 05.23.02 — основания и фундаменты; Гидроингео, Ташкент, 1991, М., НИИОСП, 1990.
8. Кулачкин Б. И. Исследование и разработка методов определения относительной просадочности и коэффициента фильтрации лессовых грунтов статическим зондированием. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к. т. н., М., НИИОСП, 1975.
9. Кулачкин Б. И., Радкевич А. И. Способ измерения порового давления. Патент №2167238.
10. Кулачкин Б. И., Поропезомер — 1М. Паспорт НТД, М., НИИОСП, 1983.
11. Кулачкин Б. И., Новая методика измерения порового давления. Паспорт НТД, М., НИИОСП, 1984.
12. Кулачкин Б. И., Радкевич А. И., Александровский Ю. В., Остюков Б. С. Диплом №186. Научное открытие — закономерность распределения порового давления в глинистых породах. М., РАЕН, 1991.
13. Кулачкин Б. И., Аномально высокие пластовые давления и средства их измерения. Библиографическая информация. Строительство и архитектура. Выпуск 5, ВНИИИС, 1984.
14. Кулачкин Б. И., Руководящий нормативный документ. Морские инженерно-геологические изыскания. Определение строительных свойств донных грунтов комплектом ПИКА-10. Мингазпром, Баку, Гипроморнефтегаз, 1984.
15. V.I. Dalmatov V.I. Kulachkin. Field Investigations Clay Soils. Proceedings of 10th Int. Conf. of Soil Mech. and Found. Eng.v.2, Rotterdam, 1981.
16. Кулачкин Б. И., Измерение порового давления в грунтах зондированием. Библиографическая информация. Строительство и архитектура. Выпуск 5, ВНИИИС, 1984.
17. Кулачкин Б. И., Использование результатов статического зондирования для оценки физико-механических характеристик грунтов. Сб. №74. Основания, фундаменты и подземные сооружения. М., Стройиздат, 1984.
18. Ильичев В. А., Кулачкин Б. И., A. Van den Berg, A. Dajfich, Советско-голландский эксперимент в области зондирования грунтов. «Основания, фундаменты и механика грунтов» №5, 1986.

19. Kulachkin B.I., Trofimenkov Yu.G., Cone Penetration Testing in Russia. Proceedings of the International Symposium on Cone Penetration Testing. Linkoping, Sweden, 1995.
20. Кулачкин Б. И., Литологическое расчленение грунтовых массивов в Волгоградском Поволжье по результатам статического зондирования комплектом ПИКА-10. «Инженерная геология» №4, 1986.
21. Кулачкин Б. И., Радкевич А. И., Александровский Ю. В., Остюков Б. С., Фундаментальные и прикладные проблемы в геотехнике. М., РАЕН, 1999.
22. Кулачкин Б. И., Митькин А. А., Шмидт Д. Д., Аналого-дискретная модель бетона. Analogue-discrete model of concrete. Concrete and Reinforced-Concrete at Future. III AI Russian (II International) Conference and Reinforced Concrete Moscow, May, 2014.
23. Пиоро Е. В., Диссертация «Деформационные и акустические свойства глинистых грунтов по результатам лабораторных инженерно-геологических и ультразвуковых исследований» на соискание ученой степени к. г.-м. н. М., МГУ, 2014.
24. Кулачкин Б. И., Митькин А. А., Инновации в геотехнике мостов. «Транспортное строительство» №10, 2015.
25. Ферронский В. И. Пенетрационно-каротажные методы инженерно-геологических исследований (теория и практика применения). М., Недра, 1969.
26. Кулачкин Б. И., Радкевич А. И., Эффект Кулачкина-Радкевича при возведении песчаной насыпи гидронамывом. 8-я Международная конференция по экспериментальным исследованиям инженерных сооружений, ЭИИС-98, 1998.
27. Кулачкин Б. И., Радкевич А. И., Область пониженного порового давления внутри песчаной насыпи, образованной гидронамывом. «Транспортное строительство» №8, 1999.
28. Косте Ж., Санглера Г. Механика грунтов. Пер. с французского. Под редакцией Б. И. Кулачкина. М., Стройиздат, 1984.
29. Кулачкин Б.И., Радкевич А.И., Гадаев Н. Проблема испытания свай большой несущей способности. Транспортное строительство №4, 2001.
30. Kulachkin B.I., Radkevich A.I., Trotsky M.A. Survey on Site of Port Salif in Yemen. Proceedings of the International Symposium on Cone Penetration Testing, Linkoping, Sweden, 1995.
31. Osterberg J.O., A New Simplified Method for Load Drilled Shafts // Foundation drilling, Vol.23, №6, 1994.
32. Кулачкин Б. И., Радкевич А. И., Шмидт Д. Д. Проблема буронабивной сваи. «Транспортное строительство» №9, 2013.
33. Буфеев К. В. Определение сдвиговых и фрикционных свойств грунтов. Автореферат на соискание ученой степени к. г.-м. н. М., МГГА, 1999.
34. Кулачкин Б. И., Митькин А. А., Акустика в мостостроении. «Дорожная держава», 2014, Спец. выпуск.
35. Manual Profound SIT-series, software version 7.9. June, 2012.
36. PET User Manual. Geotechnical Instrumentation Division, Second Edition — May 1998.
37. Schellingerhout A.J.G., Rietschoten-Rietveld van A.J., Pile Integrity Testing Developments. Proceedings of the 15th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2011.
38. Schellingerhout A.J.G., Quantifying pile defects by integrity testing. Proceedings of the fourth International Conference On The Application of Stress-Wave Theory to Piles, 1992.
39. Chow Y.K., Phoon K.K., Chow W.F., Three-Dimensional Stress Wave Analysis of Pile Integrity Tests, Proceedings of the seventh International Conference On The Application of Stress-Wave Theory to Piles, 2004.
40. Joram M. Amir, Erez I. Amir, Modulus of Elasticity in Deep Bored Piles. 2004 //www.piletest.com ■

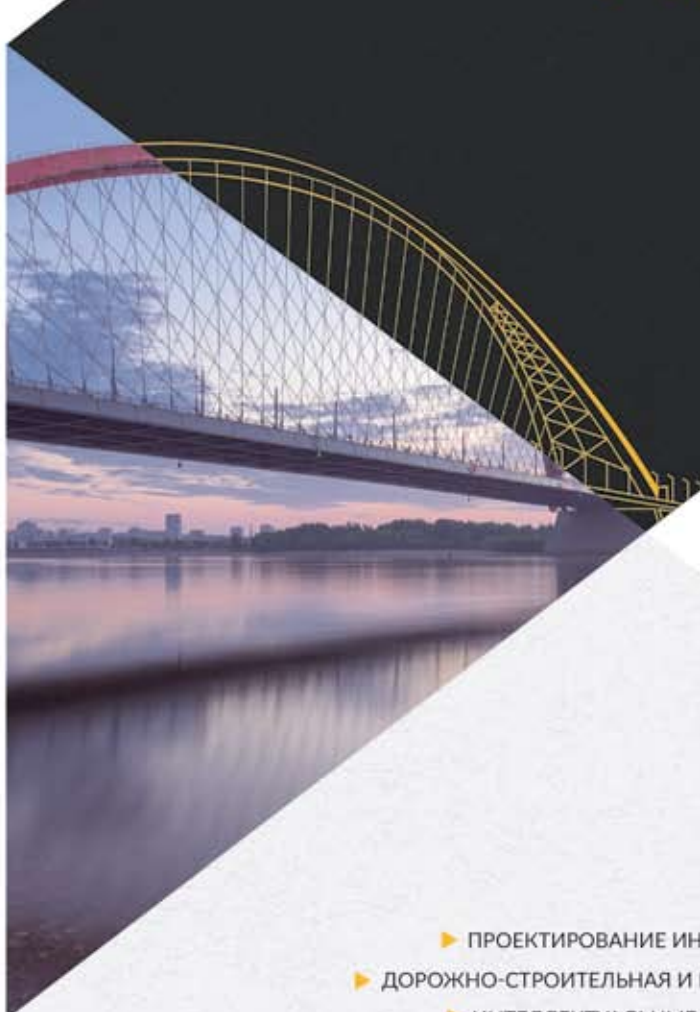


МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА-ФОРУМ



МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО

4-7
ИЮНЯ
2019



- ▶ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ
- ▶ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ И КОММУНАЛЬНАЯ ТЕХНИКА
- ▶ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ
- ▶ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ▶ ГЕОСИНТЕТИКА
- ▶ ДОРОЖНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ ▶ МОСТЫ И ТОННЕЛИ
- ▶ БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ▶ БИТУМЫ

Организатор:

 **КРОКУС ЭКСПО**
Международный выставочный центр

WWW.DOROGAEXPO.RU

12+

РЕКЛАМА



В. С. АГЕЕВ,
к. т. н. (ООО «НПЦ мостов»)

О КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЕ ФРИКЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТОКОМПЛЕКТАХ

Около десяти лет назад наша организация сформулировала основные положения комплексной защиты болтовых фрикционных соединений от коррозии. Решение этой задачи достигается нанесением защитных покрытий на высокопрочные болтокомплекты; консервацией на заводе контактных поверхностей защитными покрытиями, имеющими фрикционные свойства; окрашиванием на заводе наружных, нерабочих поверхностей стыковых накладок, имеющих консервационное покрытие на контактной поверхности; окрашиванием болтового стыка на монтаже без дополнительной абразивоструйной очистки. Высказанные предложения вызвали интерес у строительных организаций. Изготовители болтокомплектов, металлоконструкций и защитных покрытий приложили много усилий для удовлетворения потребностей рынка. Сделано много интересного и полезного. Цель еще не достигнута, но уже можно подвести промежуточные итоги проделанной работы и уточнить направление дальнейших действий.

Окончание следует

Защитные покрытия на высокопрочных болтокомплектах должны решать несколько задач:

- защищать от коррозии;
- исключать предмонтажную подготовку болтокомплекта,
- обеспечивать стабильный коэффициент закручивания болтокомплекта;
- не препятствовать окрашиванию болтовых соединений после сборки.

В ГОСТ 32484.1 — ГОСТ 32484.6, учитывая ранее действовавшие ГОСТ Р 52643 — ГОСТ Р 52646, сняты все ограничения по видам защитных покрытий для болтокомплектов. За прошедшее время внедрено два вида покрытий — термодиффузионные цинковые и цинкклательные на различных связующих, что позволило решить часть поставленных задач.

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

Защита от коррозии не является особо важной для болтокомплекта с точки зрения обеспечения его прочности в течение всего срока эксплуатации конструкции. Опытная эксплуатация железнодорожных пролетных строений из атмосферостойкой стали 14ХГНДЦ показала крайне медленное увеличение содержания водорода в неокрашенных болтах: за 20 лет оно возросло лишь на 2 см³/100 г.

После окрашивания болтового соединения полной системой лакокрасочной защиты накопление водорода практически прекращается. Таким образом, защита болтокомплекта в окрашиваемых металлоконструкциях, эксплуатирующихся в чистой и промышленной атмосфере, фактически не нужна. Но задачу по исключению предмонтажной подготовки без нанесения защитного покрытия решить невозможно.

Защита от коррозии нужна в период транспортировки и хранения болтокомплектов до их установки в болтовое соединение. Для того чтобы предотвратить возникновение поверхностной коррозии на резьбе болтов и гаек, достаточно нанести защитное покрытие толщиной 10–15 мкм. Этот слой соответствует зазору в резьбовом соединении «болт — гайка» при заданных в стандарте полях допусков. Для более длительной защиты болтокомплекта при его эксплуатации без окрашивания (например, линии ЛЭП и т. п.) или в агрессивной коррозионной атмосфере (береговые и морские сооружения, химическое и металлургическое производство и т. п.) необходимо нанести покрытие толщиной 30–100 мкм. Для этого требуется применение резьбы болтов и гаек с расширенным полем допуска, которые в действующих стандартах предусмотрены лишь частично. В целях нормативного обеспечения выпуска болтокомплектов с защитным покрытием повышенной толщины подготовлены изменения в ГОСТ 32484.1 – ГОСТ 32484.6, которые изготовителями уже сейчас могут быть внедрены в производство через собственные стандарты организаций.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ЗАКРУЧИВАНИЯ

Защитные покрытия должны обеспечивать стабильность коэффициента закручивания от момента нанесения покрытия до установки болтокомплекта в болтовое соединение. К сожалению, изготовители изделий этому вопросу не уделяют должного внимания, что часто приводит к конфликтным ситуациям. Здесь следует выделить несколько аспектов проблемы.

ГОСТ 32484.1 и ГОСТ 32484.2 ограничивают диапазон возможного изменения коэффициента закручивания от 0,11 до 0,20, что ошибочно принимают за допустимые пределы разброса значений показателя в любой партии болтокомплектов. Это неверно. Данные границы очерчивают допустимые значения показате-

ля, при которых обеспечивается безаварийная эксплуатация болтового соединения. При коэффициенте закручивания ниже 0,11 в железнодорожных пролетных строениях, подверженных высоким динамическим нагрузкам, наблюдалось самопроизвольное раскручивание гаек. А при показателе более 0,20 не достигается, в ряде случаев, натяжение высокопрочного болта на нормативное усилие, что несет опасность неконтролируемого снижения несущей способности болтового соединения. Таким образом, диапазон изменения коэффициента закручивания 0,11–0,20 относится к области действия всего стандарта, а не к конкретной партии болтокомплектов.

Нормирование же для каждой партии опирается на требование ГОСТ 27751, где установлена обеспеченность значения данного показателя 0,95. Это подразумевает, что отклонение в каждую сторону от среднего значения по выборке не должно превышать двух стандартных квадратичных отклонений. ГОСТ 32484.2 через коэффициент вариации устанавливает предельную величину стандартного отклонения не более 0,01. Таким образом, нормативный диапазон изменения коэффициента закручивания каждой партии не должен превышать 0,04. Только тогда можно избежать сверхнормативной недотяжки и перетяжки болтов при назначении расчетного крутящего момента по среднему значению коэффициента трения для конкретного диапазона его изменения, взятых за длительный период заводских испытаний. Затыжку в этом случае следует производить на величину 110% расчетного крутящего момента.

Следует обратить внимание, что граничные значения нормативного диапазона изменения коэффициента закручивания не являются универсальными. Для болтокомплектов без покрытия у каждого производителя граничные значения могут отличаться из-за технологии изготовления болтов или гаек. Например, из-за использования резьбонарезного и резьбонакатного инструмента с разными отклонениями размеров даже в пределах одного поля допуска или при разной степени шероховатости поверхности резьбы. Что же касается защитных покрытий, то для каждого их типа и толщины граничные значения диапазона будут индивидуальными.

Все защитные покрытия в период от нанесения до установки болтокомплекта в болтовое соединение подвержены старению под воздействием климати-

ческих факторов. Поэтому стабильность и величина среднего значения коэффициента закручивания при отгрузке с завода еще не означает, что через несколько месяцев в момент установки эти показатели будут соответствовать исходным значениям. В технической литературе не встречались сведения о производимых изготовителями испытаниях болтокомплектов с защитным покрытием на коэффициент закручивания после климатического старения. По всей вероятности, их не выполняют вообще. А это ставит под сомнение достоверность используемых на строительной площадке данных о коэффициенте закручивания, особенно если поставку изделий осуществляют в негерметичной упаковке. Без такой предварительной проверки возникает сомнение и в целесообразности крупных закупок болтокомплектов с защитным покрытием для длительного хранения у дилеров, в строительных организациях, в качестве мобилизационных запасов.

Не публиковались также сведения о выполненных изготовителями испытаниях по исследованию влияния температуры болтокомплекта на коэффициент закручивания. Как известно, в зависимости от нее все защитные покрытия на основе полимеров, в той или иной степени, изменяют свои физико-механические свойства. Это относится и к термодиффузионным цинковым покрытиям, поскольку в данном случае, как правило, дополнительно покрывают гайки антифрикционными лаками или эмульсиями для снижения и стабилизации коэффициента закручивания. Поэтому коэффициент следует проверять в диапазоне изменения температуры от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, в котором производится установка болтокомплектов в соединение и контроль качества их затяжки.

УДЕШЕВЛЕНИЕ ОКРАСОЧНЫХ РАБОТ НА МОНТАЖЕ

Внедрение используемых в настоящее время защитных покрытий решило лишь малую часть сформулированных задач. В настоящее время после сборки болтового соединения покрытие на головке болта и гайке (а это более 50% площади защитного покрытия на болтокомплекте) удаляют при абразивоструйной очистке перед окрашиванием. Причиной является несовместимость с лакокрасочными материалами цинк-ламельных защитных покрытий на болтокомплектах и термодиффузионного покрытия с антифрикцион-

ным лаком на гайках, поскольку антифрикционные добавки снижают адгезию лакокрасочных материалов. Головки болтов и шайбы с термодиффузионным цинковым покрытием не имеют антифрикционного слоя и хорошо окрашиваются любыми системами лакокрасочной защиты всей конструкции.

Но несовместимость покрытий, на наш взгляд, не заводит в тупик решение вопроса об удешевлении окрасочных работ на монтаже. Окрашивание на заводе наружных поверхностей стыковых накладок можно проводить и при имеющихся видах защитных покрытий на болтокомплектах. В этом случае достаточно применить для локальной абразивоструйной очистки головок болтов и гаек (а для болтокомплектов с ТДЦ-покрытием — только гаек) вакуумные дробеструйные аппараты или трубчатые насадки на сопло обычных аппаратов. После очистки на локальные участки наносят штатную грунтовку. Это даст значительное удешевление окрасочных работ на монтаже.

Подобное технологическое решение проработалось при строительстве объектов на трассе Адлер — «Альпика-Сервис» при использовании болтокомплектов без защитного покрытия. Компания, поставлявшая лакокрасочные материалы, подобрала составы для смывки смазки с головок и гаек болтокомплектов в собранных болтовых стыках, и готова была организовать их локальную абразивоструйную очистку. Только вот наружные поверхности стыковых накладок никто на заводе красить не стал. И идею реализовать не удалось.

ПРИМЕНЕНИЕ ФРИКЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА КОНТАКТНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ

Защитные материалы для контактных поверхностей в нашей стране известны с 1980-х гг.. Клеефрикционные и этилсиликатные цинксодержащие покрытия были внесены в СНиП 2.05.03-84 (табл. 83) и ведомственные инструкции. Клеефрикционные покрытия на основе эпоксидных шпатлевок общего назначения достаточно широко применяли вплоть до середины первого десятилетия XXI века. Об опыте использования этилсиликатных цинксодержащих покрытий в технической литературе информации нет.

Возрождение интереса к консервации контактных поверхностей болтовых соединений и, в частности, к



этилсиликатным покрытиям произошло в период с 2008 по 2010 гг. после ознакомления российских специалистов с EN 1090.2. Содержание этого документа показалось «прорывом». Очень быстро российскими специалистами были исследованы все представленные в тот момент на рынке этилсиликатные цинкнаполненные грунтовки обычного назначения, которые были признаны пригодными для использования в качестве фрикционно-защитного покрытия. Достаточно спешно они, а также менее пригодные полиуретановые грунтовки обычного применения, были включены в СП 35.13330.2012.

В то же время ранее применявшиеся клеэфрикционные покрытия бесосновательно признали неперспективными и не включили в этот свод правил. Также оказались «за бортом» временные съемные покрытия, которые к моменту подготовки нормативного документа уже были известны потребителям, и разрабатываемые крупнейшими производителями лакокрасочных материалов покрытия с фрикционными добавками.

Стандарт по проектированию, являющийся обязательным к применению нормативным документом, получился закрытым для новых технологий и материалов и практически декларирующим монопольное право его разработчиков на техническое регулирование в отрасли — по сути, на допуск на рынок.

В Изменении №1 к СП 46.13330.2012 от 16.12.2016 содержится требование об обязательном ослаблении высокопрочных болтокомплектов в болтосварных стыках после сварки монтажных соединений поясов. При этом не учитывается, что: во-первых, болтосварной стык создан для восприятия сварочных деформаций; во-вторых, ослабление болтокомплектов в стыке при навесном и полунавесном монтаже невозможно по условиям прочности стыка (а в стандарте никаких оговорок на данный счет нет); в-третьих, болтокомплекты с защитным покрытием нельзя затягивать повторно из-за изменения коэффициента закручивания в ходе затяжки даже на 60–80% расчетного усилия (то есть их надо менять, что увеличивает их расход в два раза); в-четвертых, при применении фрикционно-защитных покрытий их целостность и фрикционные свойства при ослаблении болтокомплектов будут безвозвратно нарушены.

Но Федеральный закон «О техническом регулировании» позволяет проложить путь новым технологиям и материалам через создание стандартов организации (СТО), регистрируемых в установленном порядке в Росавтodore и Росжелдоре. Приобретая таким образом статус нормативов, подобные документы воспринимаются Главгосэкспертизой РФ и, соответственно, применимы на федеральных объектах. Это позволяет не обращать внимание на недостатки СП 35.13330.2012

и продолжать работы по созданию и внедрению новых материалов.

НОРМИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ПОКРЫТИЯ

Мало кого смутило, что коэффициент трения для этилсиликатных цинкнаполненных грунтовок обычного назначения в СП 35.13330 принят равным $\mu = 0,58$, в то время как в СНиП 2.05.03-84 они были отнесены в одну группу с клеэфрикционными покрытиями с коэффициентом трения $\mu = 0,50$. Да и по ГОСТ Р 57351 (EN 1090.2) они имеют коэффициент трения ниже ($\mu = 0,40$), чем стальные контактные поверхности без покрытия ($\mu = 0,50$).

В этих нестыковках скрыт разный методологический подход в российских и зарубежных нормативных документах к определению коэффициента трения и к расчету несущей способности болтоконтакта. В отечественных нормах проектирования традиционно используют коэффициент трения для контактных поверхностей, который определяют по усилию сдвига на момент исчерпания несущей способности болтоконтакта (зона А на рис. 1). Обозначим это усилие $Q^{разр}$, а коэффициент трения — $\mu^{разр}$.

В приложении G ГОСТ Р 57351 (EN 1090.2) указано, что усилие сдвига для расчета коэффициента трения фиксируют при величине сдвига пластин на 0,15 мм (линия Б на рис. 1). Обозначим это усилие $Q^{0,15}$, а коэффициент трения $\mu^{0,15}$.

Результаты испытаний на сдвиг двухсрезных образцов со стальными контактными поверхностями после заводской дробеструйной очистки и пескоструйной очистки на монтаже показывают, что среднее значение коэффициента трения при сдвиге 0,15 мм равно $\mu^{0,15} = 0,50$, а на момент разрушения образца $\mu^{разр} = 0,68$. Из рис. 1 можно сделать вывод о том, что линия Б соответствует или близка пределу пропорциональности графика «нагрузка — сдвиг», а также соответствует расчетному значению несущей способности болтоконтакта «сталь — сталь» по СНиП 2.05.03-84 и СП35.13330 (~100 кН). Поэтому коэффициент трения $\mu^{0,15}$ более подходит в качестве критерия сравнения, чем $\mu^{разр}$, поскольку оценивается при одинаковой величине упругого перемещения в болтовом соединении от расчетной нагрузки, то есть одинаковой упругой деформации конструкции при растяжении или изгибе, независимо от вида контактной поверхности.

Величина неупругой деформации и значения разрушающей нагрузки $Q^{разр}$ в зоне А значительно различаются не только для разных покрытий, но и для разных образцов с одинаковым покрытием. Поэтому величина предельного сдвига до разрушения болтоконтакта является важным критерием оценки способности соединения выдерживать нагрузки при достижении предельного состояния (например, при пропуске тяжелых транспортеров), то есть чем предельный сдвиг больше, тем лучше.

Анализ графиков «нагрузка — сдвиг» для контактных поверхностей без покрытия или с различным покрытием выявляет общую закономерность — образцы, показавшие наибольшую величину предельного сдвига до разрушения, как правило, имеют и наименьший коэффициент трения $\mu^{0,15}$ при сдвиге 0,15 мм. И, наоборот, у образцов с малым предельным сдвигом соответствующее значение выше среднего. Это хорошо видно на рис. 1 (см. верхнюю и нижнюю кривые на линии Б). Поэтому два данных критерия всегда следует рассматривать вместе. ■

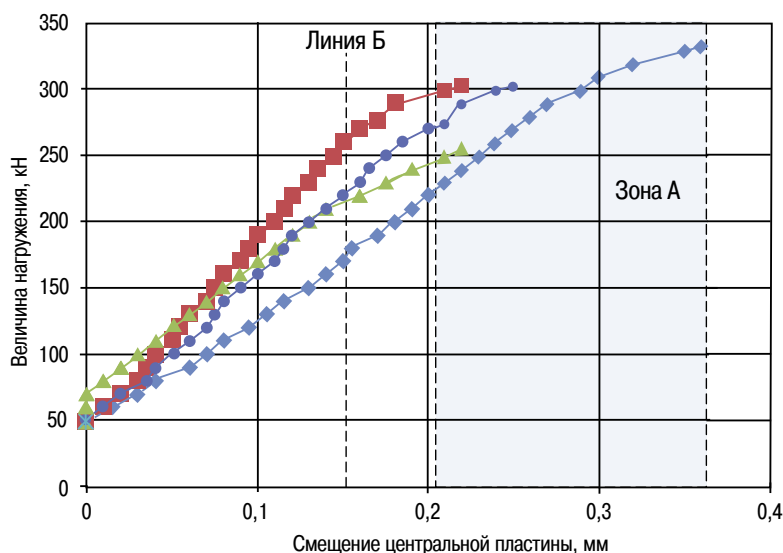


Рис. 1. Графики зависимости «нагрузка — сдвиг» для серии двухсрезных образцов со стальными контактными поверхностями после дробеструйной и повторной пескоструйной обработки



Д. Н. ХАРЛАМОВ,
к. т. н., генеральный директор ООО «Трансстройпроект»;
В. И. ЗВИРЬ,
инженер-технолог ООО «Трансстройпроект»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ НАТЯЖЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТОВ ВО ФРИКЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЯХ СОБРАННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ

Основным фактором в определении усилия натяжения высокопрочных болтов является коэффициент закручивания. В действующем СТП-006-097, однако, не отображены требования по применению его значений при расчете крутящего момента и не регламентированы требования по контролю усилия натяжения в ранее смонтированных металлоконструкциях и тем более в эксплуатируемых. Практика эксплуатации болтовых соединений в стальных конструкциях мостов показывает, что значение коэффициента закручивания с течением времени только увеличивается, его снижения не происходит. В процессе эксплуатации высокопрочные болты во фрикционных соединениях практически не меняют своего напряженного состояния, созданного на стадии натяжения. В болте происходит лишь незначительное (около 5%) падение растягивающих напряжений за счет их релаксации.

ВВЕДЕНИЕ

Метод натяжения высокопрочных болтов по расчетному крутящему моменту ($M_{кр}$) с помощью калиброванных динамометрических ключей является основным в России. Рассчитывают исходя из заданного усилия натяжения $P = 0,7 R_{min}$, где: R_{min} — предельно допустимая нагрузка для высокопрочных болтов; $M_{кр} = P \cdot d \cdot K_3$; d — диаметр болта; K_3 — коэффициент закручивания. За рубежом используют термин «коэффициент трения» или «коэффициент скольжения».

Входящий в расчет крутящего момента коэффициент закручивания, как правило, находится в широком диапазоне. По действующим отечественным стандартам он составляет $K_3 = 0,14-0,20$ для черных болтов без покрытия и $K_3 = 0,11-0,20$ для болтов с защитным покрытием.

Если выполнить расчет $M_{кр}$ по нормативным технологическим стандартам СТП-006-97, то получим следующий результат.

Например, для болтов черных М22 диаметр $d = 22$ мм усилие натяжения $P = 0,7 \cdot R_{пр}$, $P = 0,7 \cdot 32,0 = 22,4$ тс.

Расчетный коэффициент закручивания $K_3 = 0,175$:

$$M_{кр} = P \cdot d \cdot K_3 = 22,4 \cdot 22 \cdot 0,175 = 84 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

С учетом 10% и 20% перенатяжения $M_{кр}$ соответственно составит:

$$M_{кр 10\%} = 92,2 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$M_{кр 20\%} = 100,8 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

Если в используемой партии будут установлены в соединении болты с $K_3 = 0,14$, то усилие натяжения в них составит с учетом перенатяжения соответственно:

$$P_{0,14} = \frac{M_{кр 10\%}}{d \cdot K_3} = \frac{92,2}{22 \cdot 0,14} = 30 \text{ тс};$$

$$P_{0,14} = \frac{M_{кр 20\%}}{d \cdot K_3} = \frac{100,8}{22 \cdot 0,14} = 33 \text{ тс};$$

На примере видно, что с учетом 20% перенатяжения создаем в болтах растягивающую нагрузку, превышающую допустимую, а для болтов с защитным покрытием, где $K_3 = 0,11$, она будет чрезмерной — разрушающей ($P = 41,6$ тс).

Однако, если в используемой партии будут установлены болты с $K_3 = 0,20$, то при номинальном расчетном крутящем моменте $M_{кр} = 84$ соответственно получим недотяжение болта в соединении:

$$P_{0,2} = \frac{84,0}{22 \cdot 0,2} = 19 \text{ тс.}$$

Это на 16% ниже расчетного усилия натяжения, что приведет к снижению несущей способности пролетного строения.

Практика применения черных болтов показывает, что значения коэффициента закручивания возрастают во времени их работы в соединении и могут составить $K_3 = 0,22-0,23$ в зависимости от срока их установки и среды эксплуатации.

Приведенный пример показывает, что определяющую роль в расчете крутящего момента играют значения коэффициента закручивания. В реальных условиях на него влияет большое количество факторов, поэтому фактическое значение может меняться непредсказуемо.

Из приведенного примера натяжения высокопрочных болтов видно, что в действующем СТП-006-097 не отображены требования по применению значений коэффициента закручивания при расчете крутящего момента и не регламентированы требования по контролю усилия натяжения в ранее смонтированных металлоконструкциях и тем более в эксплуатируемых.

Разработчик СТП-006-097 рекомендует при монтаже металлоконструкций использовать высокопрочные болты с узким полем допуска значения коэффициента закручивания — не более 0,04. Оптимальным является поле допуска 0,03. Например, для черных болтов $K_3 = 0,16-0,18$, с защитным покрытием $K_3 = 0,14-0,16$.

Обоснование применения болтокомплектов с узким полем допуска коэффициентом закручивания не более 0,4 изложено в «Методике определения коэффициента закручивания (K_3^p) для черных болтов и с защитным покрытием», раздел 2.

Для контроля усилия натяжения высокопрочных болтов необходим своевременный контроль крутящего момента в процессе монтажа металлоконструкций и регистрация его в журналах выполнения работ по подготовке болтокомплектов, контактных поверхностей и работ по постановке болтов в соединениях, а также контроль ведения этих журналов. Этот объем требований является необходимым и достаточным условием, обеспечивающим качество болтового фрикционного соединения.

При разработке технологических регламентов на сборку и сварку металлоконструкций пролетных строений необходимо обосновывать сроки контроля усилия натяжения (крутящего момента) высокопрочных болтов. Согласно требований п. 5.7 СТП-006-97, период времени от смазки резьбы метизов до их постановки не должен превышать 10 суток для черных болтов, сроки контроля должны соответствовать этому периоду. Для болтов с защитным покрытием требованиями изложены в СТО заводов-изготовителей высокопрочных метизов.

МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ УСИЛИЯ НАТЯЖЕНИЯ

Методика проверки усилия натяжения высокопрочных болтов черных и с защитным покрытием за длительный период их постановки в соединение разработана с учетом требования надежности работы фрикционных соединений, с учетом возможных расчетных и практических отклонений значений коэффициентов закручивания.

Необходимый объем проверки усилия натяжения на рассматриваемом объекте определяет заказчик.

В случаях вынужденного (не согласованного с заказчиком объема) проведения контроля усилия натяжения высокопрочных болтов после длительного времени их натяжения (более 10 суток для черных) в смонтированных соединениях необходимо выполнить контроль не менее чем в трех сечениях по пяти болтам в каждом из узлов сечения.

Проверку следует проводить при температурах, соответствующих климатическому календарному периоду натяжения при монтаже металлоконструкций проектного строения.

Динамометрический ключ должен быть оттарирован на проектный крутящий момент в соответствии с заданным усилием в чертежах КМ. На шкалу (стекло) индикатора следует нанести риску на расчетное усилие и с перенатяжением на 20% от проектного. Для черных болтов принять расчетный коэффициент закручивания $K_3 = 0,18$, а для болтов с защитным покрытием определять его исходя из данных сертификата или СТО завода-изготовителя. Для болтокомплектов, установленных в соединение не ранее 2016 года, принять расчетный $K_3 = 0,15$.

Оттарированным ключом следует проверить фактический крутящий момент на контролируемых болтах в испытуемом соединении. На них предварительно нанести маркировочные метки (порядковые номера).

Если полученные значения фактического усилия натяжения находятся в интервале номинальных проектных значений и не превышают 20%, то это соединение соответствует СП 46.13330-2011 и полученные результаты испытаний распространяются на все проектное строение. В таком случае дальнейший контроль не требуется.

Если показания стрелки индикатора превышают значения установленного крутящего момента с перенатя-

жением 20% или не доходят до расчетного крутящего момента, то это означает, что болт недотянут. В таком случае следует нанести на стекло метки фактических крутящих моментов, соответствующих размеченным болтам, и продолжить работу по контролю.

Усилие крутящего момента нужно прикладывать только через гайку. Крутящий момент страгивания гайки не учитывается.

На тарировочном стенде следует определить вес груза G_{min} и G_{max} , соответствующий повороту головки ключа до нанесенных меток на индикаторе по значениям минимального и максимального поворота. Для расчета принимаются метки, превышающие перенатяжение 20% (третью метку на индикаторе), метки недотянутых болтов в расчет не принимаются.

Определить фактический крутящий момент согласно полученным значениям G_{min} и G_{max} по формуле:

$$M_{кр} = M_{гр} + M_{кл} = GL + q L_k,$$

где: G — вес соответствующих грузов G_{min} и G_{max} , кг; L — расстояние от места подвеса груза на ключе до оси оправки, или болта, м; q — собственная масса ключа, кг; L_k — расстояние от центра тяжести ключа до оси оправки или болта, м.

Взамен демонтированных болтов следует установить новые на проектное усилие. Демонтировать намеченные болты в контролируемом соединении и определить фактический коэффициент закручивания K_ϕ с помощью тарировочного калибратора.

На период между демонтажом болтов и контролем коэффициента закручивания не допускается появление конденсата и загрязнения резьбы болтов и гаек, а временной интервал по этой операции необходимо сводить к минимуму. Состояние резьбы должно быть исходным — без дополнительной смазки. Точность оценки коэффициента закручивания — 0,01.

Фактическое усилие натяжения болтов в контролируемом соединении рассчитывается исходя из полученных значений фактического крутящего момента $M_{кр min}$ и $M_{кр max}$ и соответствующих им коэффициентов закручивания K_ϕ по формуле:

$$P_\phi = M_{кр} / K_\phi d.$$

Если полученные фактические значения выходят за пределы номинальных проектных значений или

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ЗАКРУЧИВАНИЯ K_p^3

Для черных болтов K_p^3 определяют по данным сертификатов завода-изготовителя как среднее арифметическое коэффициентов закручивания поставленных партий высокопрочных болтов (при условии, что были заказаны высокопрочные болтокомплекты в диапазоне $K = 0,16-0,19$).

Следует дополнить, что при заключении контракта на поставку высокопрочного крепежа заказчик обязан согласовать с поставщиком диапазон K_3 для всех поставляемых партий с предельным отклонением не более 0,04 (оптимальным $-0,03$).

Те партии болтов, в которых значения K_3 выходят за принятые предельные отклонения, к постановке в соединения не допускаются.

В данном примере расчетным коэффициентом закручивания принят $K_p^3 = 0,175$.

В случаях применения высокопрочных болтокомплектов с защитным цинк-ламельным покрытием расчетный коэффициент закручивания составит $K_p^3 = 0,15$, из условия поставки в диапазоне $K_3 = 0,13-0,17$.

Целесообразно дополнительно проверять фактический K_3 от каждой партии после их подготовки до постановки в соединение в лаборатории строительной организации. Для этого рекомендуется использовать тарировочный калибратор Skidmore Wilhelm MZ 100.

превышают 20%, то необходимо проверить 100% установленных высокопрочных болтов в пролетном строении.

Для расчета крутящего момента $M_{фкр}$ принимается среднее значение $K_{фрас}$ из полученных фактических коэффициентов закручивания на калибраторе.

$$M_{фкр} = P K_{фрас} d,$$

где: P — номинальное проектное усилие натяжения, кг; $K_{фрас}$ — определяют из полученных данных на калибраторе, значения которых должны находиться в поле допуска 0,04; d — диаметр болта, м.

Если фактические значения выходят за поле допуска, то расчетное значение коэффициента закручивания смещают в сторону больших значений, чтобы уменьшить риски ослабления усилия натяжения.

Калибровочный ключ КМШ-1400 тарируют по $M_{фкр} + 20\%$.

В процессе проверки заново протарированным ключом ослабленные болты дотягивают до $M_{фкр}$.

Перетянутые болты, превышающие 20% $M_{фкр}$, удаляют и устанавливают новые.

Допустимое количество болтов, не соответствующих нормам усилия натяжения или не установленных, которые можно оставить в соединении, необходимо согласовать с проектной организацией.

Наличие краски или ржавчины на поверхности болтокомплектов не искажают контролируемые показатели, предварительной очистки не требуется. За многолетнюю практику обследования высокопрочных болтов в стальных конструкциях мостов не выявлено следов коррозии и загрязнений контактных поверхностей. В процессе контроля болтов гайка смещается в сторону чистой поверхности резьбы.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ЗАКРУЧИВАНИЯ

При сборке фрикционных соединений на высокопрочных болтах стальных пролетных строений перед технической службой строительной организации ставится задача рассчитать крутящий момент натяжения болтов $M_{кр}$.

В проектной документации должны быть основные расчетно-конструктивные и технологические параметры:

- коэффициент трения по контактными поверхностям в соединении μ ;
- диаметр высокопрочного болта;
- расчетное усилие натяжения каждого высокопрочного болта P .

От завода-поставщика высокопрочного крепежа поступают сертификаты качества на болтокомплекты с указанием коэффициента закручивания K_3 на каждую конкретную партию болтов.

Из вышеприведенных данных технической службе необходимо определить расчетный крутящий момент:

$$M_{кр} = P \cdot d \cdot K_3^p,$$

где: $M_{кр}$ — расчетный крутящий момент, приложенный к гайке (кгс-м); P — нормативное усилие натя-

жения болта (дано в проектной документации); d — диаметр болта (задан в проектной документации); K_3^p — расчетный коэффициент закручивания, который необходимо определить.

Для определения K_3^p необходимо руководствоваться данными сертификатов качества заводов-поставщиков метизов.

Значение K_3^p оценивается как среднеарифметическое в диапазоне максимальных и минимальных значений для всех партий болтов, указанных в сертификатах.

Диапазон отклонений должен составлять не более 0,04, то есть разница $K_3^p - K_{min}^p \leq 0,02$ и $K_{max}^p - K_3^p \leq 0,02$. Эта разница в 0,02 составляет не более 15%.

Верхний интервал отклонений между максимальными и расчетными значениями $K_{max}^p - K_3^p$ компенсируют расчетные коэффициенты m_{bh} и m , принятые в формулах расчета усилия натяжения и количества болтов, по СП 35.13330-2011:

■ $m_{bh} = 0,95$ учитывает условия работы высокопрочного болта при контроле натяжения по крутяще-

му моменту в формуле (8.106, СП 35.13330-2011)

$$P = R_{bh} \cdot A_{bh} \cdot m_{bh};$$

■ $m = 0,9$ учитывает условия работы болта в пролетном строении в формуле (8.107, СП 35.13330-2011)

$$n = \frac{N}{m \cdot Q_{bh} \cdot n_s} \text{ при расчете количества болтов в соединении.}$$

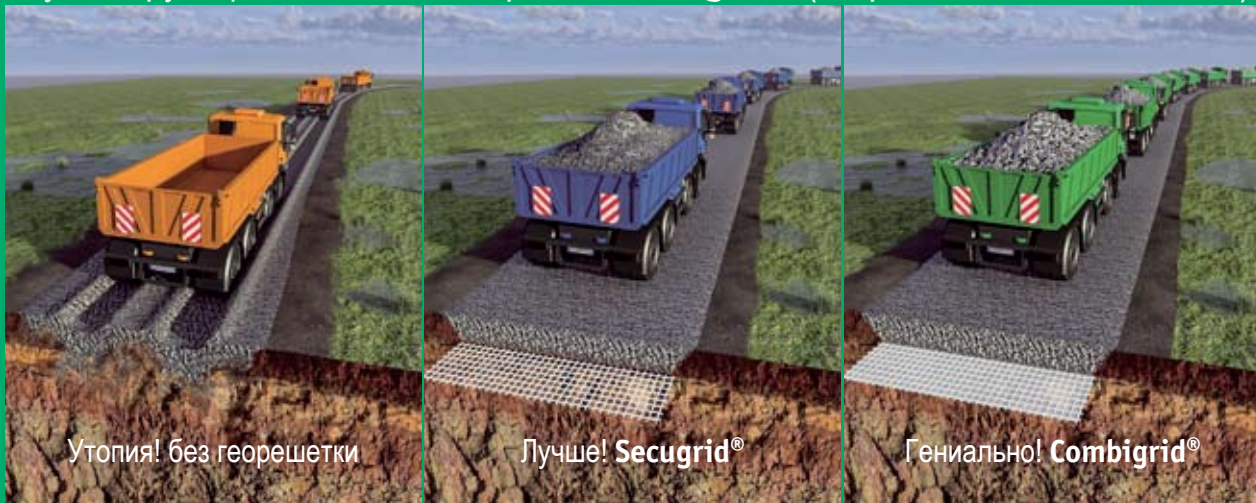
Нижний интервал отклонений между расчетным и минимальными значениями $K_3^p - K_{min}^p$ регламентируется расчетным коэффициентом $K = 0,7$, то есть $R_{bh} = 0,7 \cdot R_{min}$ (8.14 СП 35.13330-2011), определяющим допустимое временное сопротивление относительно минимального значения временного сопротивления болта.

Предусмотренный в расчетах запас прочности в 30% перераспределяется:

■ 10% на повышение крутящего момента при постановке в соединении с учетом перенатяжения болта;

■ 15% на допустимое отклонение фактического коэффициента закручивания от расчетных значений в сторону минимального значения ($K_3^p - K_{min}^p$). ■

Мультифункциональный материал **Combigrid®** (георешетка + геотекстиль)



Армировать, фильтровать и дренировать материалом **Combigrid®** - это **НАДЕЖНО, ИЗНОСОУСТОЙЧИВО, ДОЛГОВЕЧНО.**

NAUE GmbH & Co. KG · Gewerbestr. 2 · 32339 Espelkamp · Германия

телефон: 8 (495) 9250027 (Москва) · телефон: +49 5743 41-546 (Германия) · jschlee@naue.com



www.naue.com

ИННА САХАРОВА: «ЛЮБОЙ МОСТ МОЖНО СПАСТИ»



Инна Дмитриевна Сахарова — один из ведущих специалистов отечественного мостостроения и личность, бесспорно, легендарная. В 90-е годы она совместно со своим коллегой, Вильгельмом Юрьевичем Казаряном, создала фирму НПП СК «МОСТ», которая успешно работает вот уже более двадцати лет — во многом благодаря глубоким знаниям, упорству и богатому научно-практическому опыту основательницы.

ВИЗИТКА СОБЕСЕДНИКА

Сахарова Инна Дмитриевна — заместитель генерального директора ООО «НПП СК «МОСТ», кандидат технических наук, почетный транспортный строитель, лауреат премии Совета Министров СССР, лауреат премии Губернатора Московской области, член комитета по конкурсным процедурам, инновациям и ценообразованию НОПРИЗ.

Беседовала Татьяна МИХАЙЛОВА

— Инна Дмитриевна, как получилось, что вы, человек науки, решили заняться производством и бизнесом? Что подтолкнуло к созданию собственной компании?

— Долгие годы я работала заведующей отделом искусственных сооружений крупнейшего отраслевого института «СоюзДорНИИ», а мой коллега и генеральный директор нашей фирмы, Вильгельм Юрьевич Казарян, был тогда заведующим лабораторией мостового полотна, единственной в Советском Союзе. Однажды к нам обратились за помощью — усилить мост через р. Сок на дороге Куйбышев — Тольятти. Это был второй мост в стране, сооруженный из коробчатых блоков с клееными стыками, построенный методом продольной надвижки.

Для выполнения работ требовалось приобрести специальное оборудование, позволяющее выполнять отверстия в железобетоне. В поисках такого оборудования мы с Вильгельмом Юрьевичем посетили международную выставку строительного оборудования и среди множества выставочных экспонатов, ресурс которых составлял всего 200 отверстий, нашли тот, который отвечал нашим требованиям. Это был огромный перфоратор, представленный фирмой Hilti, только появившейся на российском рынке. Как нам сообщили ее представители, этот инструмент имел неограниченный ресурс и позволял за 40 секунд проделать отверстие глубиной 20 см. С трудом насобрав необходимую сумму денег, мы приобрели это оборудование и с его помощью легко выполнили необходимый объем работ — сделали 470 отверстий. За наш труд мы получили хорошее вознаграждение, поэтому смогли не только погасить долги, но и кое-что заработать. С тех пор 13 сентября 1991 года — день покупки перфоратора — мы считаем неофициальным днем рождения нашей фирмы, ведь именно с этого события и начался наш бизнес.

В 1992 году мы зарегистрировали предприятие в Москве, а затем, в 1996 году, перерегистрировали фирму уже в Балашихе.

Однажды ко мне обратился заместитель главы города с предложением отремонтировать малень-

кий пешеходный мост, связывающий два района. Наши сотрудники, которых направили осмотреть объект, вынесли вердикт, что мост не подлежит восстановлению. Отказавшись принять такой ответ, я задействовала весь наш потенциал, в итоге решение было найдено. Позже предложила городскому руководству своими силами построить новую пешеходную переправу и несмотря на то, что у нас тогда были финансовые трудности, мы это сделали. Этот пешеходник функционирует и сегодня. За выполненную работу городские власти рассчитались с нами «бартером» — отдали в наше распоряжение здание, ранее принадлежавшее большому заводу. Оно было в плачевном состоянии, и для его восстановления требовались немалые средства. Мы взяли кредит в банке и в 2008 году привели здание в порядок. А вскоре начался финансовый кризис, который мы благополучно преодолели.

— Это был уже не первый кризис в истории компании, ведь и рождение, и начало деятельности вашей организации тоже совпали с кризисным для страны периодом — лихими 90-ми. Что именно помогло вашему предприятию выжить и встать на ноги в столь непростых условиях, когда многие организации гибли?

— Думаю, главный наш секрет в том, что мы вовремя начали применять новые технологии, в частности, те, которые предполагало использование оборудования Hilti. Я имею в виду великолепное резательное, буровое и сверильное оборудование. Помню, как я просматривала каталоги этой фирмы с тем же чувством, с каким обычно женщина выбирает модные платья. Хотелось многое купить, хотя применять эту технику тогда еще было негде. Но вскоре такая возможность появилась...

Однажды перед городским руководством встала проблема реконструкции Автозаводского моста. Нужно было усилить пролеты, для чего требовалось пробурить отверстия и установить новые пучки арматуры. Работу поручили сначала одной фирме, потом другой. Они пробовали выполнить эту работу, используя свои тяжелые станки, но в итоге потерпели неудачу. Тогда я предложила главному инженеру компании «Трансстрой», выполняющей функции генпродирядчика, отдать объект нам и пригласила Hilti с их оборудованием. Представитель фирмы приехал,



привез 15-килограммовый станок и показал, как легко с его помощью сверлить отверстия. Чтобы приобрести это оборудование, нам вновь пришлось влезать в долги, но работа была выполнена успешно: мы просверлили 270 отверстий для коробчатого сечения, причем сверлить потребовалось как в верхней, так и в нижней плите. В то время для строительного бизнеса это было инновационным решением. Постепенно нас стали приглашать и на другие объекты, в том числе, гражданского строительства, где требовалось произвести аналогичные работы. Помню даже один казусный случай. Во время строительства родильного дома рабочие забыли поместить в подвал оборудование, и мы вырезали под него отверстие в полу.



Вскоре началась реконструкция Московской кольцевой автомобильной дороги, в связи с чем возникла необходимость разрушать старые мосты. Надо сказать, что это грязная и опасная работа: на объект приезжает экскаватор с отбойником и все крушит. У фирмы Hilti, однако, имелось резательное оборудование, позволяющее аккуратно разобрать мост. Мы предложили мостоотряду, который должен был заняться объектом, приобрести такую технику, но он отказался — и работу отдали нам. И хотя свободных денег у нас не было (их вновь пришлось занимать), резательное оборудование Hilti мы закупили. С его помощью мы разобрали более 56 мостовых сооружений по всей стране. Среди них был и очень сложный объект — большой арочный мост в Москве.

— Вы рассказываете о мостовых сооружениях, которые помогли разобрать. А много ли мостов вам удалось спасти?

— Сейчас многие фирмы выполняют обследование мостов и выносят приговор, что их необходимо снести. Наверное, это происходит от недостатка знаний. Мы же всегда считали, что практически любой мост можно спасти. Мы умеем это делать, поэтому нас часто приглашают заниматься реконструкцией.

Среди наших недавних заказов есть два таких объекта, которые другие специалисты могли бы отправить на ликвидацию. Один из них — большой красивый мост, у которого разошлись клееные стыки. Его собирались разобрать. После осмотра мы взяли его спасти. Наши специалисты подняли мост, устранили дефекты, и теперь он соответствует современным требованиям. Это была уникальная работа. С точки зрения технологии она подобна выполнен-

ной при сооружении Крымского моста. Наши специалисты подняли пролетные строения своего объекта с помощью арматурных прядей. Для этого понадобился только один домкрат и удачное техническое решение.

Еще один спасенный нами объект — арочный металлический мост, который был построен в 1959 году. Металлические конструкции находились в очень плохом состоянии, образовались сквозные щели. В нижней части моста, которая служила опорой для арки и была предназначена для движения транспорта, были установлены две балки, состоящие из двух ветвей. Мы заменили эти металлические затяжки на железобетонные, сделав предварительное напряжение арматуры. Насколько я знаю, такого не делают нигде. При реконструкции мы применяли высокопрочные арматурные пряди диаметром 18 мм и фибробетон. В результате мост прекрасно работает.

— Какие еще свои объекты вы считаете наиболее интересными?

— В первую очередь вспоминается давняя история о том, как мы уширили мост через Оку в Орле. Нас попросили отрезать опоры, чтобы соорудить новые, более широкие, и поставить на них пролетные строения. Мы же сделали уширение опор, просверлили сквозные отверстия, нарастили консоли, поставили на них дополнительные балки. Таким способом удалось уширить мост ровно вдвое!

Одна из интересных работ была выполнена в Смоленске. Нам пришлось иметь дело с мостом, который испытывал интенсивную транспортную нагрузку. По какой-то причине ригели опоры получили трещины, опорная часть и пролетное строение сильно наклони-

лись. Не прибегая к снятию балок, мы стянули опору так, что отверстие оказалось закрыто. Это было сделано с помощью предварительно напряженной арматуры и последующего бетонирования.

— **Бесспорно, ваша производственная деятельность обширна. А остается ли время на науку?**

— Безусловно. Мы никогда не прекращали заниматься научными разработками. Очень много времени посвятили тому, что находится на поверхности моста: дорожное ограждение, дистанционные шлюзы, гидроизоляция. Проводили исследования в нашей лаборатории и составляли технические регламенты. Вносили свои предложения по созданию нормативов, в частности по дорожным одеждам. Эти нормативы сейчас используются при строительстве многих современных сооружений. А разработки нашей фирмы по гидроизоляции и дренажу задействованы даже на Крымском мосту.

Разработали мы и собственную систему дренажа — это тоже было включено в нормативные документы. В процессе работы на объектах нам нередко приходилось видеть вещи, которые делались неправильно и у нас появлялись идеи, как это можно исправить. Таким образом мы изобретали новые решения и в итоге зарегистрировали 54 патента.

— **Какие из них вы считаете наиболее важными?**

— Я считаю, что самая удачная разработка — это наша дренажная система. Такой не существует ни в одной другой стране мира. Дорожное покрытие на мостах очень быстро приходит в негодность из-за того, что вода проникает в асфальтобетон, замерзает, затем оттаивает и разрывает его. Созданный нами дренаж отводит воду и увеличивает срок службы дороги и пролетных строений.

Еще одно наше изобретение — деформационные швы. Те, которые ранее применялись в России, были недолговечными и не обеспечивали комфортности движения. Тогда мы начали присматриваться к деформационным швам, произведенным на Западе, попробовали использовать их при реконструкции МКАД. Но впоследствии выяснилось, что они не подходят для наших дорог: у нас другая толщина асфальта, а окаймление западного шва значительно меньше, поэтому приходится делать переходную часть, из-за



которой часто появляются дефекты в покрытии. Мы разработали конструкцию цельного сварного шва с окаймлением той же высоты, что и толщина асфальта, она оказалась более прочной.

Не менее важный вопрос — гидроизоляция. Раньше мы работали с гидроизоляцией, которая имеет битумную основу и стеклоткань. Я сделала расчет прочности материала при его работе с трещиной. В результате были определены характеристики, которыми действительно должна обладать гидроизоляция, чтобы достичь необходимого эффекта. Используя результат моих расчетов, мы сделали уникальный материал — мостопласт. Сегодня он широко используется.

Без ложной скромности можно сказать, что на нашем счету много удачно реализованных идей и проектов. Хочется верить, что наш уникальный опыт, научно-практические знания и профессионализм будут востребованы и дальше, при любых условиях. ■

12 мая Инна Дмитриевна Сахарова отмечает день рождения.

Коллектив НПП СК «МОСТ» от всей души поздравляет эту замечательную женщину с праздником и желает ей крепкого здоровья, созидательной энергии и творческого настроения, еще долгие годы быть в компании генератором идей, которые бы вдохновляли коллег на великие дела.

И, конечно же, чтобы сердца родных были наполнены не только любовью и уважением, но и огромной гордостью за великую женщину-мостовика!

ПРЕЗИДЕНТСКИЙ МОСТ: ДЕСЯТЬ ЛЕТ В СТРОЮ



В 2009 году был введен в эксплуатацию мостовой переход через Волгу в Ульяновске. Мост, получивший название «Президентский», действительно стал уникальным сооружением, одним из крупнейших в Европе и, до открытия Крымского моста, самым протяженным в России. На сегодняшний день его эксплуатацию контролирует ОГКУ «Департамент автомобильных дорог Ульяновской области». Предваряя юбилей, который будет отмечаться осенью, директор областного государственного казенного учреждения Сергей Холтобин напомнил об особенностях этого проекта, рассказал о способах содержания его в нормативном состоянии, а также о перспективах второй очереди комплекса мостового перехода.

Подготовил Игорь ПАВЛОВ

— Сергей Михайлович, строительство такого грандиозного сооружения в свое время стало новой вехой в развитии российского мостостроения, но, конечно же, не было рекордом ради рекорда. Давайте начнем с того, что дало открытие новой переправы конкретно для вашего региона.

— Соединив два берега Волги, Президентский мост обеспечил важнейшую транспортную связь между крупнейшими экономическими зонами России. Интенсивность движения здесь составляет более 26 тыс. автомобилей в сутки. Для нас же он стал тем необходимым фактором, который позволил Ульяновской области сделать в социально-экономическом развитии большой шаг вперед. Значение этого объекта для региона невозможно переоценить.

В результате строительства мостового перехода у нас появилась возможность реализации таких проектов, как ПОЭЗ (портовая особая экономическая зона), левобережная промышленная зона, ветропарк, строительству речного агрологистического терминала, был дан толчок развитию авиационно-промышленного комплекса Ульяновской области. Также строительство моста позволило проводить ремонтные работы на Жигулевской ГЭС в Тольятти, Императорском мосту через Волгу в Ульяновске с беспрепятственным пропуском грузового автотранспорта, снизилась и равномерно распределилась транспортная нагрузка на улично-дорожную сеть нашего областного центра.

— Что делается для поддержания моста в нормативном состоянии?

— Безусловно, производятся работы по нормативному содержанию и мониторингу конструкций моста, прилегающей территории. Сложность при этом обусловлена наличием оползневой зоны протяженностью 890 м, что требует специальных мероприятий по пропуску паводка, поддержанию и очистке дренажных систем (подземной и открытой) общей длиной 9 км, геодезического контроля (более 150 геодезических пунктов), покосу трав (более 56 га).

В рамках мониторинга и содержания конструкций моста производятся: обслуживание деформационных



швов, наблюдения за опорными частями с очисткой и смазкой поверхностей скольжения, проверка и замена разрушенных высокопрочных болтов, осмотр 25 металлических пролетных строений со смотровых агрегатов, рихтовка путей катания смотровых агрегатов, локальная антикоррозийная обработка фрикционных соединений металлоконструкций пролетных строений. По обнаруженным дефектам заносится запись об их устранении с обязательным фотоотчетом.

После почти десяти лет эксплуатации моста деформационные швы работают исправно, антикоррозийная защита находится в удовлетворительном состоянии, асфальтобетонное покрытие мостового полотна выдержало гарантийный срок в восемь лет, а в настоящее время выполняются работы по его поэтапному ремонту.

Контроль мониторинга осуществляет мостовая группа заказчика — ОГКУ «Департамент автомобильных дорог Ульяновской области». Геодезисты и дорожная лаборатория привлекаются по мере необходимости. Мониторингом и содержанием мостового перехода занимаются четыре подрядные организации общей численностью более 60 человек.

В рамках реализации законодательства по транспортной безопасности также осуществляется комплекс мероприятий. В частности, организована круглосуточная охрана мостового перехода силами ФГУП «УВО Минтранса России». Установлено видеонаблюдение, с поступлением информации в архив и хранением ее

в течение 30 дней. Есть система громкоговорящего оповещения. Для патрулирования и наблюдения за подмостовым пространством в летнее время используются катер и квадроцикл, а в зимнее — снегоход. Организован пропускной режим и досмотр автотранспорта и людей с использованием металлодетекторов и досмотровых зеркал.

— **Напомните, пожалуйста, о масштабах контролируемого вами хозяйства.**

— Среди 17 объектов, представленных в программе по окончании строительства внеклассных мостовых и транспортных сооружений на период 2005–2010 гг., Президентский мост являлся самым грандиозным сооружением как по конструкции и протяженности, капиталоемкости, так и по перспективам развития прилегающей инфраструктуры.

Мостовой переход, включая подходы, имеет длину почти 13 км. В его составе 26 опор и 25 пролетов. Мост двухъярусный, предназначен для четырехполосного движения автомобильного транспорта по верхнему ярусу и двухполосного — по нижнему. На момент сдачи в эксплуатацию был признан самым крупным речным мостом балочного типа в мире.

— **Какие технологии и конструкторские решения применялись при его строительстве?**

— Генеральным проектировщиком мостового перехода выступал институт «Гипротрансмост» (Москва).



В разработке отдельных разделов проекта принимали участие институты «Гипростроймост», «Гипрокоммунстрой», «Мосгипротранс», «Гипростроймост-Ульяновск», «ИПТС-Транспроект». Благодаря высокопрофессиональной и слаженной работе проектировщиков и строительных подрядных организаций, а также применению современных технологических решений строительство столь уникального и сложного объекта удалось завершить в намеченный срок.

Наряду с традиционными методами, были разработаны и успешно применены уникальные технологии, которые позволили повысить качество и надежность сооружения. Так, современная система антикоррозийной защиты предохраняет металлические конструкции уже десять лет.

При монтаже пролетных строений в проектный уровень были использованы все имеющиеся на тот мо-

мент методы: монтаж в полунавес, сборка на стапелях с доставкой на плаву, с плавучих систем при помощи подъемных траверс гидравлическими домкратами.

Покрытие дорожной одежды выполнено из полимерасфальтобетона и щебеночно-мастичного асфальтобетона, что позволило значительно увеличить межремонтные сроки при эксплуатации магистрали. Также построены стационарные пункты весового контроля, которые необходимы для безопасного пропуска по мосту большегрузного транспорта.

Проектом предусмотрен поэтапный ввод в эксплуатацию инфраструктурных составляющих, а именно разделение строительной очереди на первый и второй пусковые комплексы. Первый объединил в себе дорожные и инженерные объекты, обеспечивающие пропуск пассажирского и грузового автотранспорта исключительно по верхнему ярусу моста. Он удобен для движения транзитного транспорта. Однако проблема внутригородских перевозок изначально решалась не в полной мере. Снять эти ограничения, особенно с учетом возросшего уровня автомобилизации, призван второй пусковой комплекс.

— Можно об этом подробнее?

— Незавершенность второго пускового, конечно, снижает общий проектный потенциал Президентского моста. Сейчас речь идет о развязках в левобережной части города, что необходимо для обеспечения прямого выезда к мостовому переходу жителей некоторых районов. Кроме того, это позволит разгрузить Димитровградское шоссе, где в настоящее время интенсивность движения достигает 30 тыс. автомобилей в сутки. Перенаправление транспортных потоков также снизит нагрузку на старый, Императорский мост.

Воплощение в жизнь второго пускового комплекса в полной мере позволит вписать Президентский мост в городскую транспортную инфраструктуру левобережной части Ульяновска и освободить Димитровградское шоссе для транзитного автотранспорта по федеральному коридору «Самара — Казань».

В настоящее время судьба нижнего яруса не определена, рассматриваются варианты пропуска по нему высокоскоростной магистрали от Казани до Самары, трамвайного и троллейбусного движения. Реализация проекта запланирована на 2020-2022 гг. ■



Messe München

Объединяя опыт по всему миру

НАШИ РЕШЕНИЯ, ВАШ УСПЕХ.

Выставка баума СТТ РОССИЯ,
Москва, 4 - 7 июня 2019

20
лет



**ПОЛУЧИТЕ
БЕСПЛАТНЫЙ БИЛЕТ
ПО ПРОМОКОДУ
R56GT7**
→ bauma-ctt.ru/register



Реклама

Международная выставка
строительной техники и технологий.

www.bauma-ctt.ru

апрель 2019

bauma СТТ RUSSIA
РОССИЯ

ДОРОГИ. Инновации в строительстве №77



НЮАНСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЛЖСКОГО РЕКОРДСМЕНА

К созданию Президентского моста через Волгу в Ульяновске, с 2009 по 2018 гг. являвшегося крупнейшим подобным сооружением в России, причастно несколько крупных проектных институтов страны. Были задействованы и широкие компетенции местной группы компаний «Гипростроймост», ведущей свою историю от хорошо известного некогда общероссийского бренда. На сегодняшний день за эксплуатацию мостового перехода протяженностью около 13 км отвечает ОГКУ «Департамент автомобильных дорог Ульяновской области». Подрядной организацией при этом является АО «Гипростроймост».



www.gsm-ul.ru

По завершении строительства моста в 2009 году ЗАО «Институт Гипротрансмост-Ульяновск» разработало проект его эксплуатации, согласно которому осуществляется постоянный мониторинг некоторых параметров, характеризующих состояние опор, и проводятся регламентные работы.

В составе мостового перехода представлены:

- комплекс сооружений «Президентский мост», в который входят правобережная эстакада, основной мост и левобережная эстакада;
- правобережная выемка с сооружениями отвода поверхностных и подземных вод, противооползневыми сооружениями и сооружениями берегоукрепления;
- левобережная площадка с сооружениями берегоукрепления и поверхностного водоотведения;
- несколько десятков километров автодорог с развязками в разных уровнях и сооружениями дорожной инфраструктуры.

Основной мост длиной около 5,3 км представляет собой двухъярусную конструкцию. По верхнему ярусу осуществляется движение автотранспорта по четырем полосам, по две в каждом направлении. По нижнему, согласно проекту, должен двигаться рельсовый транспорт, но окончательное решение по тем или иным вариантам не принято по сей день.

Мост пересекает русло реки (зеркало Куйбышевского водохранилища) и частично тремя первыми пролетами общей длиной около 600 м, расположен на ее правобережном склоне. В конструкции применены стальные балочные двухпролетные неразрезные (за исключением одного) пролетные строения, установ-

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АО «ГИПРОСТРОЙМОСТ»

- **строительство, реконструкция и капитальный ремонт мостов, путепроводов и эстакад;**
- **проектирование мостов, путепроводов, дренажей, штолен, водопропускных труб и других искусственных сооружений (объектов I и II уровней ответственности);**
- **проектирование общественных и жилых зданий и сооружений, перепланировка, профессиональный дизайн интерьеров;**
- **строительство и капитальный ремонт штолен, водопропускных труб, дренажных систем, усиление земляного полотна;**
- **изыскательские работы;**
- **ландшафтный дизайн.**

ленные на железобетонных опорах и имеющие в подавляющем большинстве два пролета, по 220 м каждый.

Работы по содержанию моста выполняет подрядная организация, которая выбирается по результатам торгов, организуемых ОГКУ «Департамент автомобильных дорог Ульяновской области». В настоящее время этим занимается АО «Гипростроймост».

Состав работ по текущему содержанию перехода во многом зависит от сезона. В теплое время выполняется полив водой дорожного полотна, очистка от грязи и пыли, а иногда, после значительных ливней, и по устранению грязевых наносов, которые перемещаются потоками с проезжей части подходов, расположенных на высоком правом берегу Волги, и нередко достигают моста. Постоянно проводится обслуживание деформационных швов, при этом со стороны проезжей части они очищаются от сухого мусора продувкой сжатым воздухом, от грязи — промывкой струей воды, осуществляется выправка резиновых компенсаторов. Имели место случаи ремонта околотовных зон. До настоящего момента конструкции деформационных швов не ремонтировались и не заменялись, однако при текущем их состоянии, как отмечают специалисты АО «Гипростроймост», необходимость ремонта становится актуальной.

В зимний период проезжая часть очищается от снега и льда, обрабатывается противогололедными составами. До настоящего времени для борьбы с обледенением в имеющихся условиях (часть моста длиной более 3 км расположена на уклоне 30 промилле) единственно возможным вариантом остается применение пескосоляной смеси. Она позволяет достаточно эффективно устранять образования льда, при этом не снижая сцепление колес автотранспорта с дорожным покрытием. Однако пескосоляная смесь приводит к повреждению основных конструкций моста. Соответственно, это обуславливает значительный объем эксплуатационных работ. Постоянно ведется ремонт лакокрасочных покрытий нижних узлов ферм пролетных строений основного моста, поскольку стоки с проезжей части верхнего яруса наиболее интенсивно воздействуют на узлы нижнего пояса ферм. Аналогично осуществляется выявление и замена поврежденных высокопрочных болтов. По тем же причинам требуется частое и объемное обслуживание (очистка, смазка, замена разрушенных болтов) опорных частей пролетных строений.

Немало усилий требует содержание одного из основных сооружений мостового перехода — правобережной выемки. Она представляет собой систему сооружений инженерной защиты территории, прилегающей к комплексу «Президентский мост», от опасных геологических процессов и техногенных воздействий. О масштабах сооружения можно судить хотя бы по тому, что в процессе его строительства было перемещено около 10 млн м³ только грунтовых масс.

Земляные сооружения выемки террасированы тремя уровнями по нижней части, простирающейся от берега вверх на расстояние более 200 м. На поверхностях террас и на площадках выполнено защитное озеленение. В приуездной зоне правого берега водохранилища расположены берегоукрепительные сооружения. На всех террасах устроена система пластового и трубчатого дренажа, лотки и трубы для организованного сброса поверхностных вод. Перечисленные сооружения нуждаются в непрерывном выполнении эксплуатационных мероприятий и требуют постоянного внимания.

АО «Гипростроймост» наблюдает за техническим состоянием мостового перехода на протяжении всего периода эксплуатации. При этом согласно регламенту установлен постоянный надзор, включающий в себя текущие и периодические осмотры: постоянный осмотр раз в 10 дней, текущий осмотр раз в полугодие и периодический осмотр после прохода паводковых вод и после ремонтных работ. ■

Г. И. МАКАРОВ, к. т. н., заведующий лабораторией;
 М. В. ПАСКОВ, ведущий инженер
 (Лаборатория геомассивов, оснований и фундаментов опор мостов филиала АО «ЦНИИС»
 НИЦ «Мосты»);
 Е. И. ПАВЛОВ, к. т. н., технический директор
 (ООО «НПЦ «Бау-Мониторинг»)
 М. ВИКУЛОВ

МОНИТОРИНГ ВОЗВЕДЕНИЯ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ ЭСТАКАДЫ В АЭРОПОРТУ ДОМОДЕДОВО

В публикуемой статье впервые рассматриваются вопросы мониторинга предварительного натяжения пролетных строений эстакады (мостовых конструкций) в построечных условиях. Было проведено наблюдение за температурным режимом твердения бетона с помощью термопар и предварительного натяжения бетона датчиками деформаций. Схема установки приборов утверждалась проектной организацией. Результаты измерений передавались заказчику и проектировщику для оценки предварительного натяжения. Мониторинг осуществлялся при возведении пролетных строений притерминальной эстакады аэропорта Домодедово.



Общий вид эстакады

Автомобильная эстакада была запроектирована над съездом №2 притерминальной транспортной развязки. Проектирование выполнено в соответствии с требованиями СП 35.13330.2011.

Строительство эстакады запроектировано с учетом следующих осложняющих факторов: необходимость сохранять подъезд к действующим и вводимым в эксплуатацию терминалам аэропорта; расположение съезда №2 непосредственно под эстакадой; стесненность условий, связанная с расположением эстакады между частью существующей притерминальной площади и проектируемыми терминалами, надземными паркингами, железнодорожной станцией «Аэроэкспресс».

Учитывая расположение эстакады на съезде №1, состоящем из прямых участков, круговых и переходных кривых в сочетании с виражами на поворотах и изменением ширины эстакады, пролетные строения предусмотрены из монолитного железобетона с преднапряженным армированием высокопрочной арматурой.

Промежуточные опоры эстакады запроектированы с отдельными свайными ростверками под каждую точку опирания пролетного строения. Устои — в виде подпорных стен из объединенных ригелем буронабивных свай.

Пролетные строения — балочные из монолитного преднапряженного железобетона. Эстакада состоит из 11 секций по основному ходу и 4 отдельных секций для связи с паркингами.

Схема пролетного строения основного хода — $(20+30+30+14,92)+(14,66+25+25+25+15)+(24,98+24,62+30+29,95)+(10+10,3+10,3+10)+(22,9+30+27+20)+ (21,5+30+25+21+30+21)+(29,59+30)+(16,07+30+14,84)+(25,03+30+25+22+15,58)+(25+30+21,09+30+25)+ (20,86+27+28)$ м. На нем устраивается 6 полос движения. На промежуточном этапе у терминала Т1 для обеспечения зоны высадки пассажиров предусмотрена дополнительная 7-я полоса. У начала и конца эстакады, где отсутствуют зоны высадки, — 4 полосы. Для въезда в паркинг РМ-3 и выезда из РМ-2 устраивается 4 полосы по 2,5 м, для выезда из РМ-3 и въезда РМ-2 предусмотрены 2 полосы по 2,5 м.

Пролетные строения, запроектированные под временные нагрузки А14 и Н14 по ГОСТ52748-2007, в профиле расположены в основной части на горизонтальной прямой, в начале и конце эстакады — на выпуклых кривых. Имеются прямолинейные участки вдоль терминалов, а также в начале и конце эстакады, и криволинейные в местах сопряжения терминалов.

Пролетное строение эстакады по основному ходу представляет собой плитно-ребристую конструкцию, состоящую из пяти главных балок таврового сечения. Для устройства дополнительной полосы у терминала Т-1 предусмотрено устройство шестой балки. Главные балки имеют переменное сечение с высотой в пролете 0,9 м, а над опорой — 2 м. Над опорами предусмотрено устройство скрытых ригелей высотой 2 и 1,5 м на границах плетей. Толщина плиты пролетного строения составляет 0,25 м. Главные балки и скрытые ригели после омоноличивания преднапрягаются. Арматурные пучки состоят из 19 арматурных канатов К7 диаметром 15,2 мм по ГОСТ Р 53772-2010 и EN 10138-3. Для конструкций пролетных строений применяется конструкционный тяжелый бетон В45 W8 F300.

Работы по преднапряжению проводились в две стадии с предварительной фиксацией усилия условного нуля на 20% от проектного усилия: первая стадия — натяжение на 30% от проектного усилия, вторая — натяжение на 100%.

Натяжение пучков по каждой стадии в соответствии с рабочей документацией происходило в пять этапов в строго оговоренной последовательности. Соблюдение ее в ходе натяжения главных балок и ригелей позволило предотвратить трещины в конструкции из-за разности деформаций соседних элементов.

В связи со сложной схемой натяжения конструкции пролетного строения, требованиями п. 5.96 СП35.13330.2011 и п. 9.96 СП46.13330.2012 предусмотрен мониторинг напряженно-деформированного состояния конструкции и температурного режима твердения бетона пролетного строения в процессе строительства.

После возведения конструкции опор и установки опорных частей, устройства сплошных подмостей и опалубки с последующим устройством преднапряженного армирования и установкой в проектное положение системы преднапряженного армирования производилось бетонирование пролетного строения по специально разработанному технологическому регламенту.

Длина пролетных строений составляла от 50 до 120 м, ширина — от 15 до 30 м.

При измерении температуры твердеющего бетона применялись приборы «Терем 3.2», работающие вместе с термомпарами.

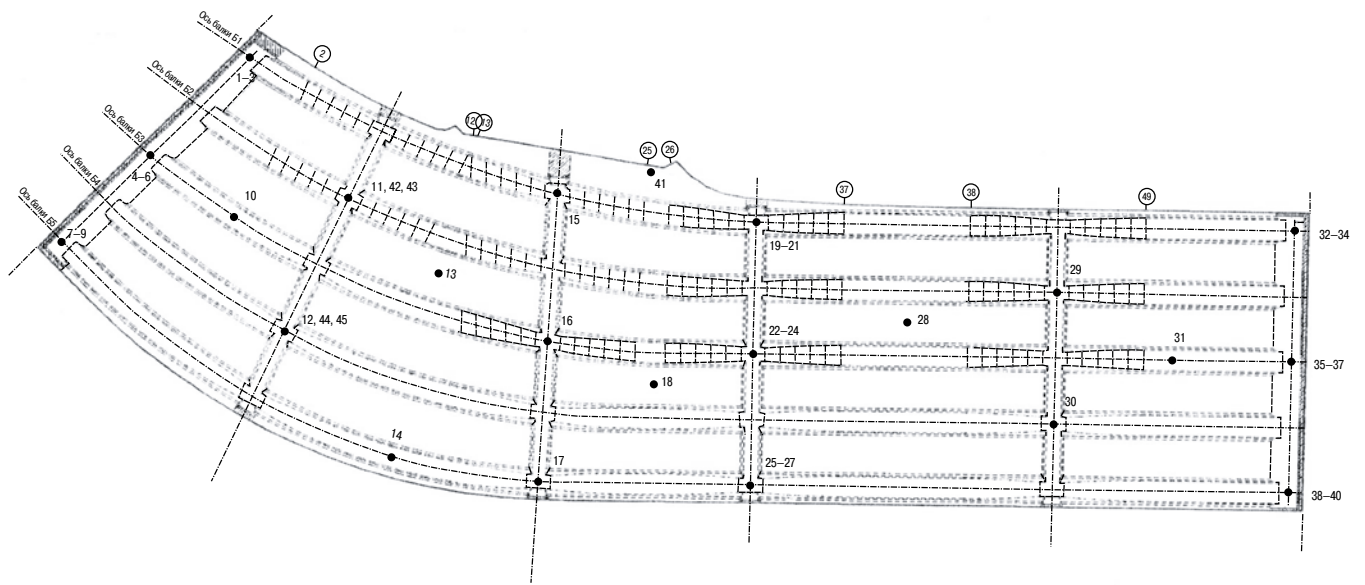
Рассмотрим один из участков между опорами 30 и 35. Общая его длина — около 117,4 м, ширина — 27,9 м. Пролетное строение состоит из 6 скрытых ригелей и 5 продольных балок.

Термомпары представляют собой двужильный провод ПТВВ-ХК 2х1 определенной (необходимой) длины, который зачищается с обоих концов. Далее с одной стороны производится их скрутка и пайка (этот конец опускается в заданную точку), другой конец присоединяется к модулю. Процедуры по подготовке и проверке термомпар проводились в лабораторном корпусе сотрудниками нашей лаборатории.

На указанном пролетном строении замер температуры твердеющего бетона осуществлялся в 45 точках (45 термомпар) каждые 4 часа в течение 7 суток с момента начала бетонирования. Схема установки приборов была согласована проектной организацией (рис. 1).

Работы по мониторингу деформаций при натяжении арматурных канатов проводились совместно с ООО «Бау-Мониторинг».

Были задействованы кварцевые деформометры ДК 200, которые разработаны совместно с Институтом физики Земли РАН. Эти приборы предназначены для фундаментальных исследований. У них практически отсутствует температурный дрейф. Благодаря этому можно получать два вида результатов, с температурной компенсацией и без нее, причем задавая любой требуемый коэффициент температурного расширения. База измерения составляет 200 мм (рис. 4).



Номера термомпар и глубина установки датчиков по сечению
 1, 4, 7, 13, 18, 19, 22, 25, 28, 32, 35, 38, 41 – 10 см
 10, 14, 31 – 45 см
 2, 5, 8, 33, 36, 39 – 75 см
 11, 12, 15, 16, 17, 20, 23, 26, 29, 30, 42, 44 – 100 см
 3, 6, 9, 34, 37, 40 – 140 см
 21, 24, 27, 43, 45 – 190 см

Рис. 1. Схема установки термомпар на пролетном строении от оп. 30 до оп. 35

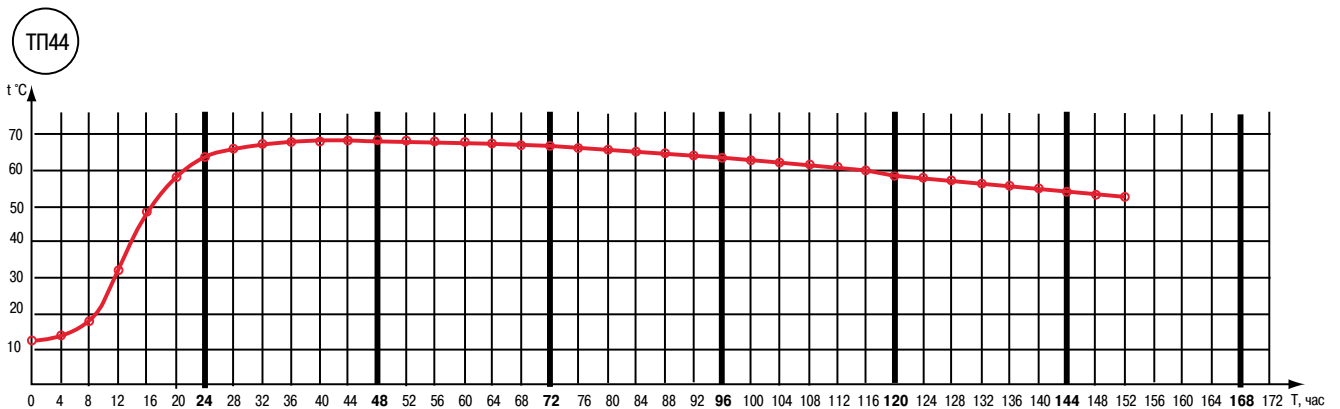


Рис. 2. Вид графика температуры в зависимости от времени

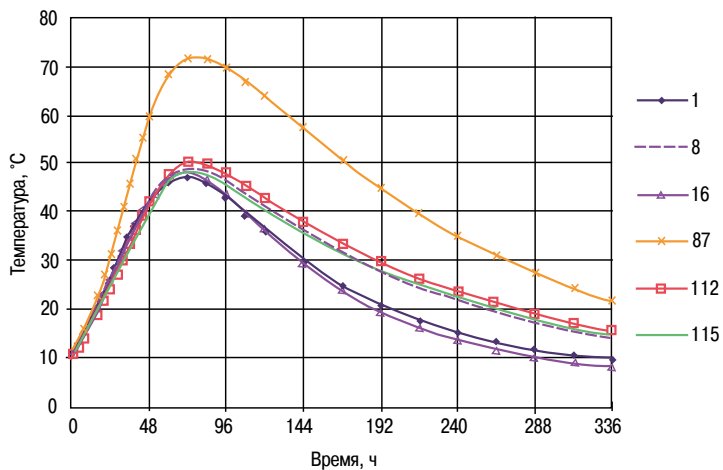


Рис. 3. График изменения температуры по технологическому регламенту



Рис. 4. Общий вид прибора ДК 200

Прибор крепится к поверхности бетона с помощью саморезов и закрывается пластиковым ящиком, который гарантирует защиту от механических повреждений. Все деформометры с помощью кабеля соединяются между собой в цепь и подключаются к адаптеру, который производит запись данных. Также реализована возможность просмотра результатов в реальном времени с компьютера при помощи специальной программы.

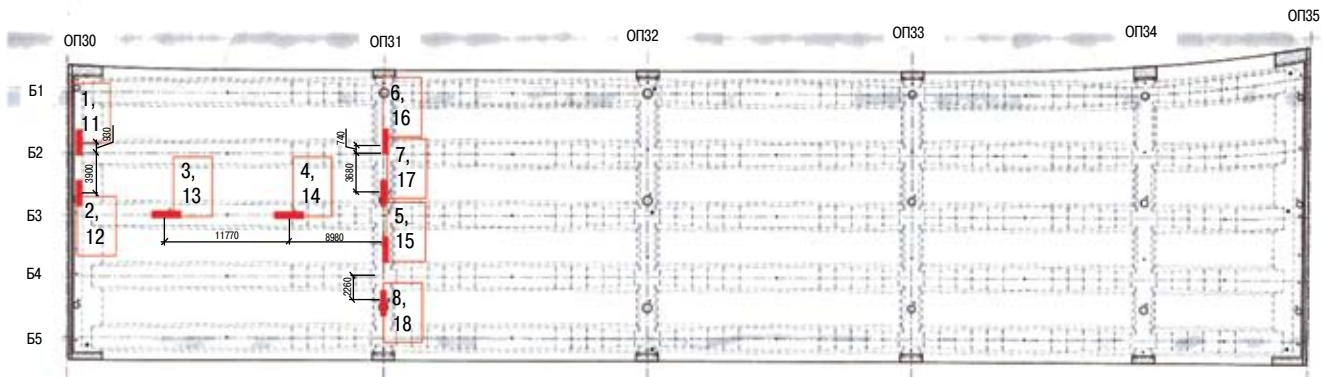


Рис. 5. Схема установки деформометров (ДК 200)

Полученная информация представлялась в графиках, а также в виде таблицы с максимальными значениями.

На неразрезной части ПС с опорами 30–35 установили 16 деформометров ДК 200, 8 сверху и 8 снизу (один под другим). Всего было 11 этапов натяжения. Сначала каждая балка напрягалась на 30%, затем на 100%. Схема установки датчиков представлена на рис. 5.

Результаты передавались в режиме «онлайн» на компьютеры непосредственно проектной организации для принятия оперативных решений в процессе преднапряжения пролетного строения. Это позволяло своевременно вносить корректировки. Графики, полученные в процессе преднапряжения, представлены на рис. 6.

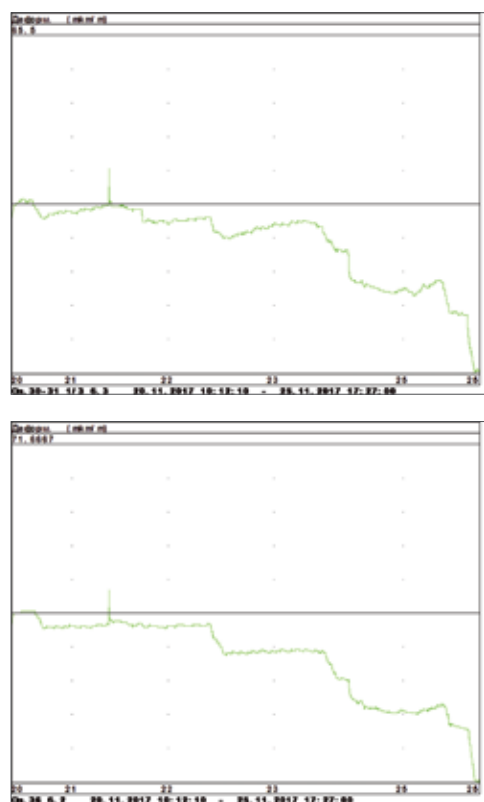


Рис. 6. График распределения относительных деформаций: а — при натяжении высокопрочной арматуры. Датчик №4, б — при натяжении высокопрочной арматуры. Датчик №14

После анализа соответствующих графиков был произведен сравнительный анализ с данными, полученными при расчете пролетного строения. Результаты сведены в табл. 1.

Таблица 1.
Результаты сравнительного анализа

№ датчика	Усилие 100% от проектного		
	Относительные деформации фактические, мкм/м (26.11.2017)	Относительные деформации по расчету, мкм/м	Относительная разница, %
1	-160,0	-94,7	+40,81
11	-149,0	-117,6	+21,07
2	-119,5	-112,0	+6,27
12	-148,0	-97,6	+34,05
3	-133,0	-85,3	+35,86
13	-100,5	-455,2	-0,99
4	-147,0	-264,3	-44,38
14	-138,0	-176,9	-22
5	-222,0	-187,6	+15,5
15	-111,5	-47,5	+57,4
6	-202,0	-59,6	+70,5
16	-147,5	-151,5	-2,64
7	-169,0	-92,5	+45,27
17	-204,5	-67,6	+66,94
8	-105,5	-89,5	+15,16
18	-42,0	-58,7	-28,45

Значительная разница в результатах обусловлена сложной работой конструкции пролетного строения в процессе создания предварительного напряжения на сплошных подмостях.

Несмотря на расхождения, мониторинг напряженно-деформированного состояния сооружения в процессе создания предварительного напряжения позволяет оценить правильность работы конструкции на каждом этапе по общей картине распределения деформаций.

ВЫВОДЫ

1. Анализ результатов мониторинга измерения температуры твердеющего бетона показал следующее:

- при производстве работ бетонная смесь поступала на объект с температурой +12–15°C, а наружная температура бетона (в тепловом контуре) составляла +20–25°C; также в соответствии с СП 70.13330.2012 выполнялся тепловлажностный уход за бетоном;

- по фактическим данным из графиков внутренняя температура бетона составила: в центральных точках (на глубине 1 и 0,75 м) — +60–70°C, в нижних (на глубине 1,4 и 1,9 м) — +55–58°C, в верхних (на глубине 0,1 и 0,45 м) — +50–63°C на первые сутки;

- твердение бетона соответствует проектным значениям с ускоренным набором прочности из-за дополнительного температурно-влажностного ухода.

2. Преимущества использования оборудования:

- меньшие трудозатраты, хотя и необходимо проводить подготовку по нарезке и проверке термопар в лаборатории; на объекте происходит прокладка провода и подключение к прибору, далее запись ведется в автоматическом режиме без присутствия специалиста на стройплощадке; при необходимости всегда можно включить прибор и посмотреть температуру, как в данный момент, так и за прошедшее время;

- при использовании термоскважин необходимо подготавливать трубки, спиртосодержащие вещества, термометры, постоянно находиться на строительной площадке для фиксации температуры, подливать жидкость, которая испаряется; чтобы измерить температуру на разной глубине, нужно изготавливать несколько трубок разной длины; до момента твердения бетона к ним нет доступа, в то время как прибор «Терем» находится в удобном месте.

3. Получены более точные данные, так как термопары находились в непосредственном контакте с бетоном. Получение информации в электронном виде при этом ускоряет ее обработку.

4. При натяжении продольной арматуры сжатие должно быть больше в нижнем поясе балок. Однако в реальности так не получилось. В месте установки 3-го датчика балка больше, чем по расчету, выгнулась вверх, а в месте установки 4-го — вниз. В месте установки 3-го датчика вся площадь плиты, в сравнении с 4-м, сжата в 2,6 раз больше, а внизу в месте установки 13-го — в 3 раза больше. Проблема может лежать в плоскости неразрезного пролетного строения, которое опирается на РОЧи — и они начинают воспри-

нимать его нагрузки. Осадка опор также имеет место. То есть должно быть дополнительное растяжение на 14-м датчике (меньшие деформации сжатия), а на 4-м должны быть больше деформации сжатия, что в действительности мы и наблюдаем. Возможно, что это не все факторы, так как перекокс значителен. Может быть и неравномерное распределение модуля упругости бетона, поскольку бетонирование такого объема представляет значительную сложность. В данный момент проводится более детальный анализ данного вопроса.

5. При натяжении арматуры во всех точках измерений регистрировалось сжатие. Исключением был датчик №6, где в конце натяжения образовалось небольшое растяжение, около 46 мкм/м. Причем прибор находился между стойками опор ригеля, и это небольшое растяжение исчезнет под весом полотна проезжей части. Напротив, нижний датчик №16 показывал сжатие 318 мкм/м. Это значение является максимальным для ригелей. Датчик №11, установленный в том же месте на 30-м ригеле, показал сжатие 256 мкм/м, а симметричный ему №1 — 174 мкм/м. Ригели имеют разную конструкцию и не будут работать одинаково, но наиболее нагруженный ригель (31) имеет более благоприятное распределение напряжений для восприятия нагрузки.

5. Влияние температуры. Для иллюстрации этого явления интересно рассмотреть показания датчика №18. Если взять термокомпенсированную версию показаний, то видно, что поверхностный слой бетона испытывал растяжение. Но если построить график абсолютных деформаций, то видно, что он работал в соответствии с порядком натяжения арматуры, то есть строго. Пример дает представление, насколько неравномерно распределены напряжения по сечению элементов железобетонной конструкции.

6. С помощью приборов ДК 200 возможно проводить мониторинг в разных точках конструкции. Передача данных в реальном времени позволяет 24 часа наблюдать реальную картину на объекте и оперативно сопоставлять результаты с расчетными величинами.

Данные, полученные при мониторинге, позволяют анализировать причины возникновения растяжения, которые свидетельствуют о неравномерной работе конструкции при преднапряжении.

В настоящий момент совместно с проектной организацией проводится детальный анализ по результатам мониторинга с целью выявления дефектов конструкции и улучшения качества работ. ■



Металлоконструкции

Металлопрокат

Спецстали

Кровельные материалы

«Ленинградский Завод Metallokonstruktsii MetallGarant» осуществляет производство металлоконструкций как по образцам, так и по готовым чертежам. Технологические мощности предприятия позволяют создавать изделия разных форм и размеров. Мы располагаем разнообразным станочным парком, который обеспечивает точность обработки сырья и полное соответствие всех параметров и качественных характеристик готовых изделий.

Городское строительство и Энергетика



ЭСТАКАДЫ, ГАЛЕРЕИ
ПОД ТРАНСПОРТЕРЫ



МОСТОВЫЕ
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ,
ПЕШЕХОДНЫЕ ПЕРЕХОДЫ,
ПУТЕПРОВОДЫ



МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ
ДЛЯ ЛЭП



МОЛНИЕОТВОДЫ.
ПРОЖЕКТОРНЫЕ
МАЧТЫ

Строительные металлоконструкции



МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ФЕРМЫ



НЕСУЩИЕ КОЛОННЫ,
БАЛКИ, ПРОГОНЫ



СТЕНОВЫЕ СЕКЦИИ
И КАРКАСЫ



ЗАКЛАДНЫЕ ДЕТАЛИ
И АНКЕРНЫЕ БОЛТЫ



ЭЛЕКТРОСВАРНЫЕ
БАЛКИ

Складские и логистические



КРАН БАЛКА



СКЛАДСКИЕ КОМПЛЕКСЫ
И АНГАРЫ



ТЕРМИНАЛЫ



ТРАВЕРСЫ



ЛЕСТНИЦЫ

Промышленные и коммерческие



ЕМКОСТИ



ОПОРЫ
ТРУБОПРОВОДОВ



РЕКЛАМНЫЕ
КОНСТРУКЦИИ



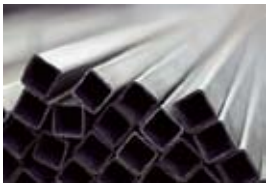
НЕСТАНДАРТНЫЕ
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ

**Металлопрокат****Спецстали****Кровельные материалы****Металлоконструкции**

Компания «Ленинградский Завод Metalloконструкций MetallГарант» является одним из крупнейших поставщиков черного нержавеющей оцинкованного металлопроката в Северо-Западном регионе. Благодаря собственному производственно-складскому комплексу мы не только имеем возможность поставлять из наличия более 3000 тонн сортового металлопроката ежемесячно, но и производить металлоизделия любой сложности, тем самым снижая временные и транспортные издержки наших клиентов.

Металлопрокат**АРМАТУРА**

A1, A3, A500C, A240

**ДВУТАВР****ШВЕЛЛЕР**гнутый, оцинкованный, алюминиевый,
с параллельными гранями,
нержавеющий**ШПУНТ ЛАРСЕНА****ШЕСТИГРАННИК****СЕТКА**арматурная, сварная, в рулонах
мелкоячеистая, оцинкованная**ТРУБЫ ПРОФИЛЬНЫЕ**

квадратные, прямоугольные

**ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ**электросварные, бесшовные,
водогазопроводные,
оцинкованные, тонкостенные,
толстостенные**КРУГ****КВАДРАТ****ЛИСТОВОЙ ПРОКАТ**г/к, х/к, оцинкованный, нержавеющей AISI,
просечно-вытяжной**УГОЛОК****ПОЛОСА СТАЛЬНАЯ**

оцинкованная, нержавеющая

**КАТАНКА****СПЕЦСТАЛИ**x12мф, у8, 9хс, у8а, 5хнм, 6хв2с,
р6м5, 6хв2с, у10а**Кровельные материалы**

В наличии самые популярные позиции профилированного листа от С-8 до НС-114, металлочерепицы, доборных элементов кровли, водостоков и систем безопасности, огромный выбор цветов по RAL!

**ПОЛИМЕРНЫЙ
ПРОФНАСТИЛ****ОЦИНКОВАННЫЙ
ПРОФНАСТИЛ****МЕТАЛЛОЧЕРЕПИЦА****ВОДОСТОЧНЫЕ
СИСТЕМЫ
И СНЕГОЗАДЕРЖАТЕЛИ****ДОБОРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ
И МЕТИЗЫ**

В. С. АГЕЕВ,
к. т. н. (ООО «НПЦ мостов»);
А. О. ЛЕТКА
(РТФ «Мостоотряд-10» ПАО «Мостотрест»)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ ГЕОМЕТРИИ ГЛАВНЫХ БАЛОК С ЦЕЛЬНОСВАРНЫМИ СТЫКАМИ

Цельносварным стыкам главных балок в автодорожных пролетных строениях отдают предпочтение, в сравнении с болтосварными, из-за меньшей металлоемкости, а также из архитектурных соображений. По этим причинам они и были приняты, в частности, при реконструкции Ворошиловского моста через Дон в Ростове-на-Дону. В статье рассмотрены нюансы применения соответствующих технологических решений.



Рис. 1. Установка шпренгелей для сварки первого стыка опорного блока высотой 6,8 м главной балки пролетного строения. Ворошиловский мост в Ростове-на-Дону

Классическая конструкция цельносварных стыков разработана в начале 50-х гг. XX века в Институте электросварки им. Е.О. Патона. Основной целью являлось внедрение автоматической сварки под флюсом в мостостроении. Конструктивные размеры разработанных для этого сварочных автоматов определили наличие вставки в стенке балки шириной 400 мм для проезда сварочного трактора по нижнему поясу, а также наличие вставки в верхний пояс шириной 800 мм для выезда за пределы высоты стенки автомата вертикальной сварки. Такие особенности и поставили перед технологами извечную задачу обеспечения проектной геометрии конструкции после сварки цельносварного стыка. Проблема заключается в неуравновешенности сварочных деформаций относительно нейтральной оси балки, что приводит к возникновению общих сварочных деформаций изгиба балки. Это связано с различной протяженностью сварных швов в верхней и нижней зоне поперечного сечения балки.

В рамках инженерных методов расчета сварочных деформаций продольное и поперечное укорочение в зоне сварного шва прямо пропорционально его длине. В двутавровой балке симметричного поперечного сечения протяженность сварных стыковых и угловых швов, расположенных выше нейтральной оси, на 40% больше, чем в нижней зоне. Уже это говорит о том, что следует ожидать сварочных деформаций изгиба балки и ее прогиба вниз. Основные деформации изгиба балка приобретает в процессе сварки второго стыкового шва вставки в стенку из-за того, что нейтральная ось свариваемого сечения всегда находится ниже сварочной ванны и зоны кристаллизации сварного шва, где формируются деформации поперечной усадки вертикального шва.

При начале сварки второго вертикального шва нейтральная ось расположена в середине толщины нижнего пояса. При движении сварочного автомата вверх

формируется стыковой шов, и вслед за подъемом сварочной ванны начинает подниматься вверх нейтральная ось сваренной части поперечного сечения балки. В момент достижения сварочной ванной верхней кромки стенки нейтральная ось находится не более чем на 1/3 высоты стенки от нижнего пояса. Таким образом, на протяжении всего времени сварки вертикального шва в заваренном поперечном сечении балки действует изгибающий момент, создающий общие сварочные деформации изгиба. Анализ геодезического контроля на разных этапах на многих объектах позволил заключить, что 90–95% общих сварочных деформаций изгиба возникает при сварке вертикальных соединений стенки. При использовании автоматической сварки вертикальных стыковых швов компенсацию общих деформаций осуществляют за счет создания предварительного перелома продольного профиля балки в стыке с ее выгибом вверх при поддомкрачивании стыка либо за счет опускания свободного конца монтируемой балки вниз на заданную величину.

И тот, и другой способ требует задания величины предварительного перелома продольного профиля. Это и является наиболее сложной задачей, не поддающейся точному решению. Инженерные расчеты сварочных деформаций основаны на ряде допущений, таких как одновременное наложение сварного шва по всей его длине, и дают удовлетворительные решения для более простых сечений и условий сварки. В реальности при сварке монтажного стыка на величину общих сварочных деформаций влияет множество случайных факторов, например, расположение точек опирания блока во время сварки стыка, расстояние от оси стыка до центра тяжести блока, величина зазора, случайные остановки сварочного оборудования, величина сварочного тока и напряжения, подверженные влиянию колебаний параметров внешних электрических сетей. Более детальный учет всего этого усложняет расчет, после чего он перестает быть доступным инженеру на строительной площадке.

Поэтому большинство технологов монтажной сварки в данном вопросе полагаются на накопленный опыт и свою интуицию, назначают величину перелома, анализируя успехи и неудачи на своих объектах и на объектах своих коллег. И это работает — позволяет обеспечить отклонение высотных отметок в точках перелома профиля от проектных значений в пределах ± 20 мм. А если технолог сталкивается с более сложным поперечным сечением блока, для сварки

которого не находит подходящего примера, то монтируемый блок пригружают плитами, повышая его вес для сопротивления общим сварочным деформациям изгиба. И величина предварительного перелома, и вес пригрузки назначают «на глазок», не увязывая эти параметры с характеристиками свариваемых конструкций какой-либо расчетной зависимостью.

Но есть и другой способ снижения и компенсации общих сварочных деформаций изгиба. Он заключается в том, чтобы на начальной стадии сварки сформировать поперечное сечение балки, в котором до начала сварки второго вертикального стыкового шва нейтральная ось поперечного сечения находилась бы как можно ближе к середине высоты стенки, чтобы само сечение балки самостоятельно и наиболее эффективно сопротивлялось изгибу. При использовании ручной дуговой или механизированной сварки в смеси газов это достигается изменением очередности сваривания соединений в классическом цельносварном стыке. Данный способ можно назвать «методом уравнивания моментов», при котором после сварки конкретного шва или участка шва оценивается положение нейтральной оси сечения балки и выбирается следующее соединение по другую сторону от нейтральной оси по отношению к ранее сваренному шву. При этом выбирают соединение, минимально отстоящее от нейтральной оси. Такой метод позволяет регулировать направление и величину сварочной деформации. Поэтому в процессе сварки крайне необходимо соблюдать предписанную очередность и направление наложения сварных швов в поперечном сечении стыка. Этот метод следует применять при сваривании цельносварного стыка вручную или механизированной сваркой в смеси газов.

На первый взгляд кажется, что описанный метод не применим при автоматической сварке вертикальных швов, поскольку невозможно заварить верхний пояс балки, не закончив сварку второго вертикального стыкового шва стенки. Но и в этом случае способ работает, если ввести в поперечное сечение балки шпренгель на верхнем поясе.

Установка шпренгеля, в отличие от других методов компенсации сварочных деформаций изгиба, основана на простых расчетных зависимостях сопротивления материала, и позволяет не интуитивно, а расчетным путем регулировать величину сварочных деформаций. Появляется возможность зафиксиро-

вать заданный продольный или поперечный профиль свариваемой конструкции, создать сечение, способное сопротивляться общим сварочным деформациям изгиба, и за счет изменения размеров поперечного сечения шпренгеля и высоты его установки изменять высотное положение нейтральной оси и момент инерции поперечного сечения в стыке.

В коробчатой балке высотой 6,8 м Ворошиловского моста в Ростове-на-Дону (рис. 1) при помощи шпренгеля, установленного после сварки нижнего пояса балки, до начала сварки соединений стенок было создано сечение с моментом инерции, равным 57% момента инерции самой балки. Нейтральная ось была поднята на высоту 1,75 м от низа балки (58% от проектного положения). На рис. 2 и 3 видно, как изменялось положение нейтральной оси и момента инерции коробчатой балки высотой 6,8 м в опорном сечении пролетного строения Ворошиловского моста в процессе сварки цельносварного стыка.

Этап 2 является моментом установки шпренгеля после сварки монтажных соединений нижнего пояса. Этап 7 соответствует завершению сварки монтажных соединений трапецидальных ребер верхнего пояса, этап 8 — состоянию после удаления шпренгеля.

Рис. 2 и 3 показывают, что при классической последовательности сварки стыка без шпренгеля характеристики положения нейтральной оси и момента инерции, полученные при установке шпренгеля, достигаются после завершения сварки соединений вставки верхнего пояса (этап 6), то есть формирования почти полного сечения балки.

Шпренгель позволяет уменьшить исходную неуравновешенность сварочных деформаций в поперечном сечении относительно нейтральной оси, при классической последовательности выполнения сварных швов в стенке и верхнем поясе, и управлять сварочными деформациями. На первом этапе сварки вертикальных швов сварочные деформации поперечной усадки швов, находящихся ниже нейтральной оси, создают изгибающий момент и выгиб балки вверх, а когда сварочная ванна пересекает нейтральную ось, то сварочные деформации от поперечной усадки шва в верхней части стенки создают изгибающий момент обратного знака. При этом заваренная нижняя часть стенки оказывает сопротивление деформации изгиба от сварки верхней части стенки, препятствуя выгибу балки вниз. В зависимости от высоты балки это уменьшает общие деформации изгиба на 40–60%. Посколь-

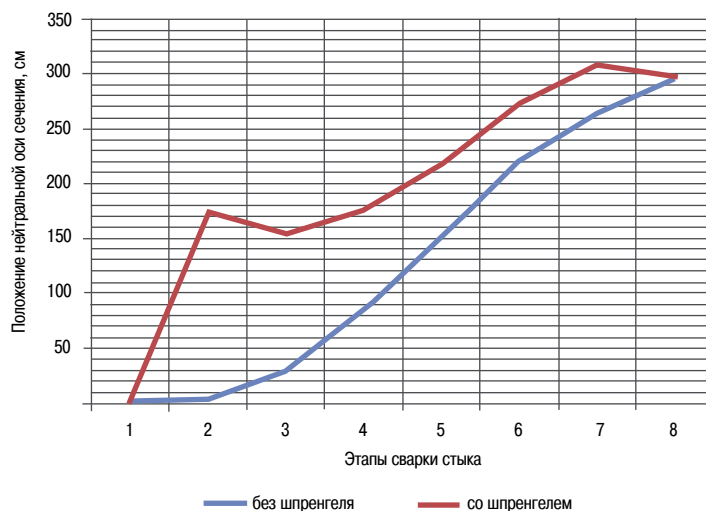


Рис. 2. Изменение положения нейтральной оси в процессе сварки цельносварного стыка высотой 6,8 м. Ворошиловский мост в Ростове-на-Дону

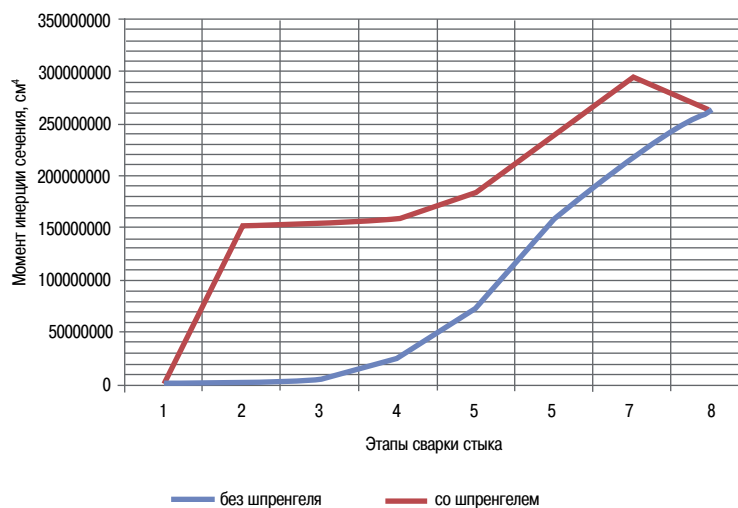


Рис. 3. Изменение момента инерции монтажного стыка балки высотой 6,8 м в процессе сварки. Ворошиловский мост в Ростове-на-Дону

ку сварочные деформации пропорциональны длине сварных швов, то на каждом этапе сварки стыка можно количественно оценить неуравновешенность и, изменяя очередность и направление наложения швов в верхнем поясе и в стыках продольных ребер, еще уменьшить сварочные деформации.

Пролетное строение Ворошиловского моста имеет ортотропную плиту с большим количеством трапецидальных ребер и большой протяженностью продольных угловых швов, сварка которых вносит не менее значительный вклад в сварочные деформации изгиба, чем сварка соединений стенок. Поэтому на основании расчетов уравновешенности швов после сварки вертикальных соединений стенки, сначала

заваривали соединения набора продольных ребер (шести, по высоте) стенки, после чего выполняли сварку горизонтального листа и ребер верхнего пояса балки. Шпренгели удаляли после сварки всех соединений ребер в монтажном сечении ортотропных плит между главными балками.

Хорошо известно, что любое закрепление свариваемой конструкции или ее нагружение внешними силами способно уменьшить сварочные деформации не более чем на 20%. Поэтому создание предварительного перелома профиля при использовании шпренгеля, по-прежнему, является необходимостью. Но при использовании шпренгеля, за счет вышеописанных мероприятий, величину предварительного перелома достаточно ограничить величиной допускаемого отклонения от проектной геометрической формы балки. Обычно в регламенте для главных балок эту величину принимают равной ± 10 мм при длине заводских блоков 8–12 м.

При сварке со шпренгелем первого монтажного стыка высотой 6,8 м пролетного строения Ворошиловского моста величину опускания свободного конца одного из блоков для предварительно перелома профиля задали 16 мм. В результате этого после сварки отклонение высотной отметки было равно 8 мм. В дальнейшем его величина в стыках высотой 4,5–6,8 м была уменьшена до 5 мм. Таким образом, применение шпренгеля в сочетании с другими технологическими способами позволяет уменьшить сварочные деформации изгиба на 85–90%.

Применение шпренгеля позволило осуществить при реконструкции Ворошиловского моста уникальную технологическую операцию. Впервые были выполнены навесной монтаж блоков главных балок с цельносварными стыками и сварка цельносварного стыка висящего блока. Подъем блоков с плашкоута осуществлялся монтажным агрегатом, смонтированным на пролетном строении (рис. 4), разработанным ОАО «Институт Гипростроймост». После подъема монтируемый блок, удерживаемый на полиспасте агрегата, подвешивали на четырех тросах к его консоли и объединяли с главной коробчатой балкой пролетного строения при помощи временных соединительных элементов на высокопрочных болтокомплектах по стенкам блоков. Соединительные элементы на стенках балки обеспечивали соосность стенок и нижнего пояса в монтажном стыке, а также неподвижность блока во

время сварки соединений нижнего пояса. После сварки монтажных соединений горизонтального листа и продольных ребер нижнего пояса в монтажном стыке устанавливали шпренгель, демонтировали соединительные элементы и под прикрытием шпренгеля завершали сварку цельносварного стыка.

Полученный опыт показал возможность и экономическую целесообразность навесного монтажа пролетных строений с цельносварными стыками главных балок с использованием консольно-шлюзовых кранов. Применение шпренгелей при сварке монтажных стыков при реконструкции Ворошиловского моста расширило технологические возможности мостостроения.

На протяжении многих лет и по поводу разных объектов неоднократно приходилось слышать возражения против этого метода. Суть их сводилась к тому, что шпренгель создает «жесткий контур», сварка в котором приводит к образованию высоких остаточных сварочных напряжений. Этот вопрос требует разъяснений.

В нормативных документах Морского регистра РФ приведено определение «замкнутого жесткого контура сварки», в котором наименьшее расстояние между швами не должно быть менее 60 толщин свариваемых листов. Если рассмотреть с этой точки зрения монтажные стыковые соединения вставки верхнего пояса, ширина которой по проекту составляет 800 мм, то данному условию будет соответствовать только вставка толщиной 12 мм. Сварка вставок из листов толщиной 14–50 мм подпадает под понятие «сварка в жестком контуре». А для вставки в стенку шириной 400 мм это условие будет выполнено только при толщине металла 6 мм.

Однако сварка вставок в стенку и в верхний пояс с типовыми проектными размерами не вызывает у нас опасения за прочность и усталостную долговечность стыков. Многократными исследованиями подтверждено, что при сварке стыковых швов стенки и верхнего пояса во вставках не возникает пластический шарнир. Такое исследование было проведено и при монтажной сварке Ворошиловского моста.

На рис. 5 показаны результаты тензометрических измерений напряжений в шпренгеле и схема его деформации. В процессе сварки шпренгель накапливает в себе энергию деформации сжатия, которая, при его демонтаже после завершения сварочных работ в стыке, передает накопленную энергию в конструкцию и создает усилия сжатия в верхнем поясе балки. На рисунке показано, что при наличии шпренгеля после

сварки стыковых и угловых соединений стенки, горизонтального листа и ребер верхнего пояса в середине ширины вставки возникли растягивающие напряжения незначительной величины, 90–110 кг/см². Этот уровень весьма далек от напряжений пластической деформации стали 10ХСНД. Наоборот, шпренгель создавал разгружающий эффект. Поскольку стыки балок с высотой стенки 4,5–6,8 м, в которых предусматривалось применение шпренгелей, располагались в надпорной зоне неразрезного пролетного строения, то остаточные сварочные деформации сжатия в растянутой зоне балки давали положительный эффект на стадии эксплуатации пролетного строения.

Конечно, нельзя не сказать о пластической деформации в зоне термического влияния, которая происходит при термомеханическом цикле сварки каждого стыкового и углового шва, независимо от наличия или отсутствия какого-либо закрепления свариваемых листов. Остаточные сварочные напряжения в этой зоне, как известно, всегда равны пределу текучести. Создание предварительного перелома профиля свариваемого стыка и не стесненная общая сварочная деформация изгиба балки не исключают образования зоны пластической деформации по границе шва. Вес свариваемой конструкции (тем более усиленный пригрузом) сопротивляется сварочной деформации изгиба балки и, следовательно, должен рассматриваться в качестве закрепления свариваемого элемента внешними усилиями.

Возникновение пластической деформации в зоне термического влияния швов учитывается в расчете прочности изгибаемых элементов коэффициентом $\chi = 1,05$, то есть является для конструкции проектным состоянием. При первом же нагружении ее усилиями, близкими к расчетным и перпендикулярными к оси шва, зона пластической деформации по границе каждого шва увеличивается по ширине, что приводит к снижению остаточных напряжений в зоне упруго-пластической деформации сварного соединения. На этом основаны методы снятия остаточных напряжений предварительным нагружением статической или вибрационной нагрузкой.

При проектировании шпренгеля следует соблюдать требования нормативной документации по величине зоны не стесненной деформации (принимаемой равной длине роспусков) свариваемых листов. А это обеспечивается естественным образом, поскольку габарит



Рис. 4. Навесной монтаж коробчатого блока главной балки с цельносварным стыком. Ворошиловский мост в Ростове-на-Дону

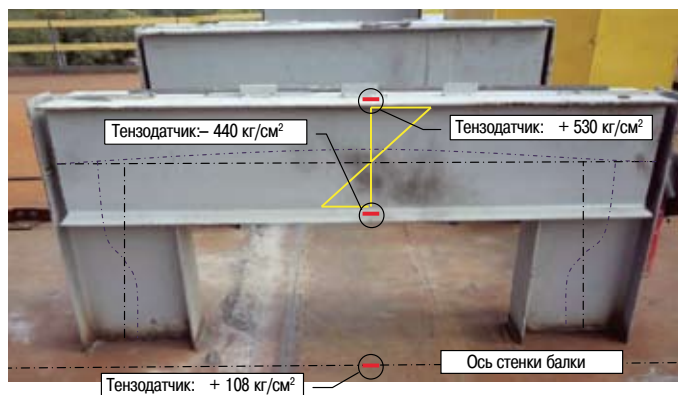


Рис. 5. Величина напряжений и схема деформации шпренгеля, а также расположение тензодатчиков. Ворошиловский мост в Ростове-на-Дону

сварочного автомата для сварки стыкового шва вставки верхнего пояса требует установить стойку шпренгеля на расстоянии от оси шва не менее 250–300 мм.

Положительные результаты использования шпренгелей при сварке цельносварных стыков позволяют рекомендовать данный метод для включения в арсенал технологических приемов уменьшения и компенсации сварочных деформаций изгиба балок наряду с другими применяемыми методами. Такой способ незаменим при сварке конструкций, требующих высокой точности геометрической формы, без права на малейшую ошибку. ■

Ю. В. НОВАК,

к. т. н., заместитель генерального директора АО «ЦНИИС» по научной работе,
член ТК 465 и ТК 418

«СТОП-МОСТОПАД» — НАША СОВРЕМЕННАЯ ЗАДАЧА

«Мостопад» — страшное слово для всех, но особенно, конечно же, для мостовиков. Коллеги по другим направлениям строительного комплекса издавна причисляют их к отраслевой элите, что подразумевает неизменно высокий профессионализм и повышенную ответственность. Однако в прошлом году в России наблюдалось явление, получившее название «тотальный мостопад». Специалисты при этом считают, что вопрос здесь не в случайной совокупности совпадений. Что же произошло? И какими могут быть пути выхода из сложившейся критической ситуации?



Мониторинг «Парящего» моста в Зарядье, Москва



Мониторинг строящегося моста в г. Самаре

ВЧЕРА И СЕГОДНЯ

Для того чтобы понять причины, следует вспомнить историю, в том числе совсем недалекую.

В начале XX века Россия славилась учеными-мостовиками мирового уровня, такими как Д.И. Журавский, Л.Д. Проскураков, Е.О. Патон, В.Г. Шухов, Н.М. Тихомиров. Позднее, уже в послевоенные годы, в СССР была создана полностью своя научная база вполне современного мостостроения. Гигантская работа по восстановлению разрушенных мостов после Великой Отечественной войны позволила накопить огромный опыт, создать мощные специализированные организации — «мостоотряды», «мостопоезда», «мостострой» и «мостотресты». Проектные и научно-исследовательские институты обеспечили надежный «тыл» мостостроителям в виде типовых проектов, проектов массового применения, строительных норм и правил, ведомственных норм и многочисленных рекомендаций.

Все это слаженно работало вплоть до середины 2000-х гг. Искусственные сооружения КАДа Санкт-Петербурга и МКАДа, вантовые мосты во Владивостоке и еще нескольких городах, много других уникальных внеклассных объектов — это наши явные достижения, которыми можно и нужно гордиться.

Однако массовое строительство малых и средних мостов за 90-е гг. приобрело негативные черты. Мощностей ведущих предприятий, производящих продукцию для стального и железобетонного мостостроения, не хватало. Так появилась идея, что любой небольшой завод может легко выпускать и мостовые конструкции. Увы, настоящее показывает, что это было заблуждением, стратегической ошибкой, за которую во многом мы сейчас и расплачиваемся.

Напомним, что задача строительства и эксплуатации моста складывается из следующих принципиальных позиций:

- разработка концепции (архитектурное решение);
- проект и утверждение его в экспертизе (стадия «проект», ПОС);
- разработка рабочего проекта (РД, ППР);
- выбор строителей и субподрядчиков (разработка регламентов),
- строительный контроль (авторский надзор);
- научно-техническое сопровождение проекта и СМР;
- мониторинг (стадия строительства и эксплуатации);
- приемочные испытания, разработка паспорта моста;
- содержание (эксплуатация), ремонты и реконструкция.

В сложившейся ситуации следует уделить повышенное внимание качеству выполнения работ на всех перечисленных этапах. С развитием BIM-технологий и со сквозной цифровизацией строительного производства контроль на каждой стадии СМР, конечно, должен осуществляться аппаратными средствами.

ОПЫТ СОВРЕМЕННОГО МОНИТОРИНГА

АО «ЦНИИС» обладает уникальным опытом проведения мониторинга на внеклассных мостах и знаковых объектах ПГС. За последние пять лет он был успешно осуществлен, в частности, на Русском мосту во Владивостоке, Киевском метромосту, Фрунзенском мосту в Самаре, Парящем мосту в столичном парке «Зарядье», мосту через р. Москву на ЦКАДе, эстакаде в аэропорту Домодедово.

Анализ многолетней работы позволяет нашим специалистам сделать важный вывод о необходимости устройства систем мониторинга на всех

мостовых сооружениях федеральных трасс. Для малых и средних мостов на сегодняшний день нами совместно с ООО «БАУ-Мониторинг» и ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН уже разработано соответствующее решение. Суть заключается в установке на пролетном строении минимальной системы датчиков, которые в непрерывном режиме (режим светофора) информируют о состоянии несущих конструкций. По аналогичному принципу мониторинг осуществляется, например, в Праге уже с 1936 (!) года.

В современном своем виде, однако, такого рода системы стали возможными сравнительно недавно. На сегодняшний день имеется емкость общедоступных носителей информации, быстродействие процессоров — и, как следствие, доступная цена канала.

В связи с вводом в действие СП 274.1325800.2016 «Мосты. Мониторинг технического состояния» появилась нормативная база для создания таких систем не только для больших и внеклассных мостов, но и для всех других. Именно по средним и малым мостам последние события показали ужасную статистику, когда за полгода один за другим рухнуло несколько сооружений. Этого можно было избежать при наличии систем объективного мониторинга.

Как пример, в табл. 1 показаны результаты мониторинга железобетонного пролетного моста индивидуальной проектировки.

Как следует из обработанных данных компьютерного анализа, частота 1 формы изгибных колебаний пролетных строений практически равна расчетным значениям. Это говорит о высокой надежности пролетного строения и адекватности фактической работы балок расчетным предпосылкам. Некоторое исключение составляет крайняя балка пролета №1.

Таблица 1.
Динамические характеристики пролетного строения

№	Пролетное строение	Опытная частота, Гц	Теория: частота, Гц	Максимальная амплитуда сигнала, м/с ²	Декремент затухания, δ	Примечание	Динамический коэффициент 1+μ
1	2	3	4	5	5	6	7
1	L=22 м Скорость а/м 5 км/ч без порошка	4,487	4,58	0,11	0,24	Снижение жесткости на 1%	1,08



Размещение тензодатчиков на перекаточном устройстве

В ней зафиксирован малый дефицит жесткости, составлявший на декабрь 2017 года всего 1%. Конечно, эта величина находится на пределе точности расчетов и измерений, но следует отметить, что собственная частота первого тона колебаний пролета №1 определялась фактически 5 (!) раз — при проходе одиночной машины с порожками и без, со скоростью 5 и 20 км/ч, а также при свободном движении транспортного потока. Величина декрементов затухания, определенная экспериментально, для главной формы колебаний (изгибная) для всех балок, на которых были проведены испытания, составляет 0,24–0,3 и вполне обеспечивает нормальную работу сооруже-



Мониторинг строящегося моста ЦКАД через р. Москву

ния (по нормам — 0,3). Динамический коэффициент, равный 1,01–1,24, находится в пределах установленного в СП35.13330.2011 (1,3).

Амплитудный анализ показал, что максимальные значения ускорений пролетного строения не превышают 0,05G, что создает комфортные условия проезда автомашин.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

На сегодняшний день АО «ЦНИИС» готово представить развернутые материалы по системам мониторинга инженерных конструкций (СМиК) для мостов, находящихся в ведении таких федеральных структур, как Минтранс РФ, Росавтодор, ГК «Автодор».

Также хочется отметить, что систематизация информации о разрушениях, изучение причин их появления, доведение этой информации до специалистов, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией транспортных сооружений, позволят уменьшить количество аварий, снизить тяжесть их последствий.

Решение наболевших проблем нельзя «откладывать в долгий ящик». В целом необходимо начать систематизацию усилий по обеспечению комплексной безопасности транспортных сооружений, для чего следует приступить к созданию специальных научных школ и коллективов, одной из прямых задач которых будет предотвращение наступления аварийных ситуаций.

Нужно продолжать развитие информационных технологий, а именно: разработку банков данных по механическим характеристикам материалов, моделям воздействия агрессивных эксплуатационных сред, моделям нагружения сооружений, моделям деформирования материалов и конструкций, моделям наступления предельных состояний, сценариям разрушения, методам усиления, моделям поведения усиленных конструкций; разработку экспертных систем для оценки эксплуатационного состояния мостовых сооружений, прогнозирования их поведения, оценки надежности, безопасности, моделирования возможных сценариев разрушения.

Только при соблюдении названных условий и реализации всех вышеуказанных направлений технической деятельности мы сможем исключить из нашего лексикона это страшное слово «мостопад». ■



ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Российский «мостопад» прошлого года по-особому остро поставил и без того актуальные вопросы надежности и долговечности наших мостов и путепроводов. Безусловно, в этом случае проблему следует рассматривать комплексно и с учетом всех важных аспектов полного жизненного цикла сооружений. Журнал «Дороги. Инновации в строительстве» предложил специалистам обсудить тему в формате «свободного микрофона». Первые отклики мы получили по нескольким вопросам, связанным с надежностью и долговечностью железобетонных конструкций. В следующем спецвыпуске «Мосты и время» будут обсуждаться и другие аспекты.



Зарубежный опыт позволяет утверждать, что мостовые сооружения из монолитного железобетона обладают более высокими эксплуатационными свойствами (включая долговечность) по сравнению со сборными железобетонными конструкциями. Однако в отечественной практике эта технология не имеет широкого применения. Каковы причины? Свое мнение по этому вопросу высказали представители организаций, хорошо известных в области мостостроения.



Юрий НОВАК,
к. т. н., почетный транспортный
строитель, заместитель генерального
директора АО «ЦНИИС»:

— Монолитный железобетон некоторое время считался даже дешевле, чем сборные конструкции. В какой-то момент, однако, товарный бетон сильно подорожал из-за монополизации рынка. И тут ока-

зались, что в заводских условиях на современном оборудовании можно готовить сборный железобетон дешевле. Конструкций из него стали строить больше. Можно сказать, вспомнили 80-е годы, когда из монолитного железобетона мосты у нас не сооружались вообще.

Однако на рынке появилась относительно новая конструкция — это сборно-монолитные железобетоны, когда нижняя половина балки сборная, а сверху находится монолитная плита. Таким образом, решается много вопросов: с протечкой, гидроизоляцией, ровностью проезда, созданием неразрезности. Эти ключевые моменты решаются очень просто, но возникают другие, не менее важные вопросы. Нужна специальная опалубка для нижней части балок. Сейчас пытаются использовать классическую опалубку, однако она, на мой взгляд, не подходит. Если мы изменяем концепцию железобетона, то и форма должна соответствовать содержанию.

Первые конструкции из сборно-монолитного железобетона применялись на Третьем транспортном кольце Москвы. Это так называемые балки БМП. С технической точки зрения там сделано все хорошо. Получились прекрасные конструкции, но с двумя оговорками. Первая — с архитектурной точки зрения это выглядит очень плохо, вторая — в полтора раза увеличился перерасход бетона.

Если же говорить в целом о практике последних лет, то были проектные организации, которые везде предусматривали сооружения из монолитного железобетона, были и те, кто для всех строений предписывал сборные балки. Я считаю, что проектировщик должен использовать разные варианты. Для прямых конструкций, конечно, предпочтительны сборные балки, для криволинейных и косых — монолитные.

Есть еще одна немаловажная проблема — это некачественные сборные балки, которые начали делать, что называется, «где попало». И стоят они примерно в два раза дешевле, чем нормальная продукция. 20-метровая балка может продаваться за 250 тыс. рублей. Такого, в сопоставимых по времени ценах, никогда не было. Когда же подобные балки приходят на объект, обычно начинается скандал. При этом в стране есть несколько крупных и известных заводов, у которых аналоги сейчас стоят 450–500 тыс., потому что дешевле обеспечить качество не получается.

В итоге складывается впечатление, что сборный железобетон снова утрачивает позиции, и проектировщики со строителями в скором времени опять обратятся к монолитным конструкциям. Для свободного рынка это нормально.



Александр БУКИН,
технический директор ЗАО «Пилон»:

— Проектирование мостовых сооружений является комплексной задачей, предполагающей рассмотрение различных вариантов будущей переправы, в каждом из которых должны быть отражены как архитектурные решения, так и обоснования принятых конструктивных решений. В то же время при окончательном выборе проектировщик сплошь и рядом «наступает на горло собственной песне», руководствуясь не эстетическими соображениями, а «низменным, приземленным» фактором, то есть ценообразованием. К сожалению, в наше непростое время вопрос стоимости сооружения зачастую решается в однозначной плоскости — чем дешевле, тем более приемлемо к реализации, что, на мой взгляд, абсолютно неправильно.

Мало кто из современников, рассматривая и восхищаясь творениями строителей прошлого, задается вопросом — а сколько же это стоило? Трудно представить человека, который, разглядывая Дворцовый, Троицкий мосты или шпиль Петропавловского собора, сказал бы: «А можно было сделать и попроще. Арочные пролеты заменить на балочные, ажурные перила — на обычные, чтобы только люди не падали, да и шпиль собора укоротить. Сколько бы денег сэкономили».

В наше время перед проектировщиком постоянно встает дилемма. С одной стороны, он прекрасно понимает, что мост будет служить людям долгие годы, и ему не все равно, как будет оцениваться его труд потомками. С другой стороны — ограничивающее ценообразование, государственная экспертиза и все вытекающие отсюда последствия. И именно нахождение консенсуса между этими противоречиями является одной из сложных задач, решение которых определяет класс инженера. Если же говорить о качестве конструкции в более узком, техническом понимании, то есть о способности выдерживать нагрузки транспорта и пешеходов, то, я полагаю, при современном программном обеспечении любой мост, даже самый «бюджетный», можно гарантированно запроектировать так, что он будет долго служить людям.

Сравнивая при этом технологические решения по железобетону, следует отметить, что сами по себе сборно-монолитные и сборные конструкции дешевле и удобнее в строительстве, так как исключают огромный объем опалубочных и «мокрых» бетонных работ, являющихся особенно проблемным фактором в нашем холодном северном климате. Тем не менее подрядчики не очень охотно берутся за реализацию подобных проектов. В чем же дело? Работы по устройству таких пролетных строений составляют значительную долю в стоимости проекта. А при существующей системе ценообразования, когда в смету закладываются расценки значительно ниже рыночных, сооружение объекта вообще становится нерентабельным.

Недостатком сборного железобетона является также наличие большого количества швов. Это источник гниения и коррозии, в них застаивается влага, в результате чего происходит постепенное разрушение конструкции. Монолитный железобетон позволяет избежать устройства швов. Тем самым значительно повышается надежность конструкции и, соответственно, снижаются эксплуатационные расходы и затраты подрядчика по гарантийным обязательствам. В связи с этим в последние годы мы наблюдаем растущую мировую тенденцию к использованию монолитного железобетона.

В то же время однозначно ответить на вопрос о преимуществах сборного и монолитного железобетона в ключе «хорошо или плохо» нельзя. Очень многое зависит от качества исполнения и конкретных условий применения. Например, при пересечении железнодо-

рожных путей и автострад с большой интенсивностью движения сборный железобетон предпочтителен, так как монтируется быстрее. Однако в современных условиях, когда имеется огромный выбор строительных материалов и технологий, разница во временных затратах может практически нивелироваться.

При ремонте мостовых сооружений использование качественных современных материалов и технологий также может продлить срок службы железобетонных конструкций. Может ли российский рынок предложить действительно эффективные решения?



Сергей АМВРОСЕНКО,
заместитель руководителя направления
«Ремонт и защита бетона»
ЗАО «МАПЕИ»:

— Мы производим высокопрочные ремонтные смеси. На такой вид продукции существует ГОСТ, в котором перечислены основные требования. Все материалы марки MAPEI при этом задекларированы на соответствие новому российскому стандарту.

Ремонтные смеси применяются и при строительстве, и при восстановлении железобетонных конструкций. Заказчики отмечают, что выбирают наши составы за высокую адгезию, динамику набора прочности (это позволяет начать эксплуатировать отремонтированную конструкцию или сооружение достаточно быстро), удобоукладываемость в густонагруженные конструкции, возможность проведения работ при температурах ниже +5°C, водонепрони-

цаемость. Наконец, нами учтен даже показатель, не указанный в ГОСТе. Мы дополнительно проверяем свои смеси на морозостойкость класса F2, чтобы обеспечить их соответствие требованиям, которые предъявляются в дорожном строительстве.



Владимир КОВАЛЕНКО, начальник отдела технической поддержки ЗАО «МАПЕИ»:

— Наша компания производит системы материалов, которые используются для увеличения долговечности искусственных сооружений из бетонных конструкций. Кроме ремонтных смесей, мы поставляем на объекты дорожной инфраструктуры гидроизоляционные материалы, в том числе инъекции, системы усиления, катодную защиту арматуры и защитные покрытия.

Мы разрабатываем свои технологические регламенты. В них учитываются все технические особенности на каждом объекте и акцентируется внимание на необходимости тщательной подготовки основания



перед нанесением материалов, а также на требованиях по приготовлению составов, чтобы конструкция, отремонтированная с их помощью, служила как можно дольше.

В рамках широкой тематики, касающейся надежности железобетонных конструкций, были затронуты также вопросы применения опалубки, специальных вспомогательных сооружений и устройств (СВСиУ) в мостостроении.



Андрей КУЦЕНКОВ, руководитель инфраструктурного направления ООО «ПЕРИ»:

— В процессе строительства моста или путепровода строители сталкиваются с массой вопросов. В первую очередь, каким методом это сделать, особенно если речь идет о длине пролета более 33 м.

В отечественной практике имеется большой опыт проектирования и строительства таких сооружений, однако он основан преимущественно на применении стальных пролетных строений различных конфигураций.

Известно, что стальные мосты в эксплуатации дороже железобетонных и менее долговечны, например, при воздействии агрессивных сред или морской воды. Но бетон, в отличие от стали, хорошо работает на сжатие и плохо на растяжение. Поэтому способы, которые подходят для строительства стальных и сталежелезобетонных мостов, не подходят для железобетонных, даже в случае использования преднапряженного железобетона.

Также важным фактором является работа с бетоном в условиях отрицательных температур, что тоже накладывает дополнительные ограничения. Как раз в этом случае необходимы СВСиУ, а на уникальных объектах — и сложные технологии, составленные на основе этих устройств и технических решений.

Помимо известных и широко применяемых способов сооружения мостовых пролетных строений из преднапряженного железобетона, таких как «на сплошных подмостях», сегодня используются более прогрессивные и технологичные методы — циклическо-продольной надвижки (ЦПН), уравновешенного бетонирования, потактного передвижения опалубки (агрегат MSS), использования тяжелых передвижных подмостей и ферм.

Каждый из них имеет свои особенности, достоинства и недостатки. Целесообразность того или иного метода диктуется условиями рельефа местности, плотностью застройки, наличием подъездных путей и прочими условиями. Поэтому у проектировщиков должен быть набор инструментов для осуществления амбициозных проектов с применением передовых технологий. Мы можем их предложить, имея за плечами опыт строительства мостов и путепроводов в России и по всему миру.



Дмитрий МАШИНА,
менеджер ключевых проектов
ООО «Дока Рус»:

— В современном строительстве для формирования любых элементов мостовых конструкций существуют специальные опалубочные решения. При помощи монолита стало возможным не только укреплять береговые опоры или возводить дамбы



гидроэлектростанций, но и придавать яркую индивидуальность сооружениям различного назначения, придавая им легкость, архитектурную яркость и неповторимость.

Предлагаемые нами подъемно-переставные системы предназначены, прежде всего, для формирования монолитных пилонов любой конфигурации и высоты. Самым сложным оборудованием в этой линейке являются самоподъемные платформы, которые позволяют проводить работы сразу на нескольких ярусах, с индивидуальной, изменяемой геометрией захваток и не нуждаются в дополнительном технологическом оборудовании для перемещения по высоте.

Мы, однако, не ограничиваемся созданием опалубочных решений для вертикальных конструкций. Тележки равновесного бетонирования, опалубка для оголовков пилонов, подвесные консоли и опорные системы с высокой несущей способностью — эти и другие решения для монолитного и композитного мостостроения повсеместно используются нашими клиентами для успешной реализации сложнейших проектов.

Отечественные строители стараются следовать основным тенденциям развития мирового мостостроения. Производители опалубки также не остаются в стороне. Дело, как мне кажется, за проектными организациями, которые могли бы предлагать более современные, глубже проработанные решения, которые бы позволили строить технологичнее, оригинальнее, надежнее, безопаснее и долговечнее — как говорится, на века. ■

ПРЕДНАПРЯЖЕНИЕ И НЕ ТОЛЬКО

Применение передовых разработок и достижений в сфере преднапряженного железобетона является одной из актуальных задач развития строительной отрасли, включая, конечно же, и мостостроение. В России на этой тематике специализируется АО «Институт Технологий Преднапряжения» (ИТП), в том числе систематически организуя профильные мероприятия. Так, 29 марта в Санкт-Петербурге прошла VIII научно-практическая конференция «Итоги 2018 года. Развитие материалов, оборудования и технологий преднапряжения в строительстве». Особое место в деловой программе заняли выступления представителей компании «СТС».

КОНФЕРЕНЦИЯ РОСТА

Конференции АО «ИТП» стали ежегодной традицией. В этом формате представляются последние достижения в сфере преднапряжения железобетонных конструкций как в целом, так и в отдельных областях строительства, в том числе мостов и путепроводов.

Интерес к конференции год от года растет. Увеличивается число посетителей, а количество докладов уже не уместится в рамки однодневного мероприятия. Расширяется и география конференции: Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Минск, Киев, Казань, Алматы, Астана, Душанбе.

Организаторы особо отмечают большой интерес к мероприятию со стороны студентов, молодых научных работников и специалистов. Для них конференция является практически единственной профессиональной площадкой, где можно получить актуальную информацию по современной системе преднапряжения и связанным с ней новым направлениям развития строительных материалов, оборудования и технологий. Приходится признать, что российские научные институты и вузы в этой сфере на сегодняшний день не шагают в ногу со временем, а некоторые НИИ, занимавшиеся такой проблематикой, прекратили свое существование. Из-за «информационного голода» именно молодежь задает больше всего вопросов. Это очень радует организаторов и даже имеет для Института Технологий Преднапряжения практическую пользу — помогает найти новых перспективных, заинтересованных в профессиональном росте сотрудников.

Что же касается деловой программы конференции, прошедшей 29 марта, то, прежде всего, директор по проектированию АО «ИТП» Максим Марченко представил сравнительный анализ по эффективности применения напрягаемой арматуры в различных зданиях и сооружениях. Накопленный большой объем рабочих проектов с преднапряжением и наличие современных программ по проектированию SOFiStiK и Tekla позволили определить наиболее рациональное расходование напрягаемой арматуры из расчета на 1 м³ бетона конструкции: мостов, перекрытий зданий, промышленных полов, силосов, хранилищ СПГ, оболочек АЭС (рис. 1).

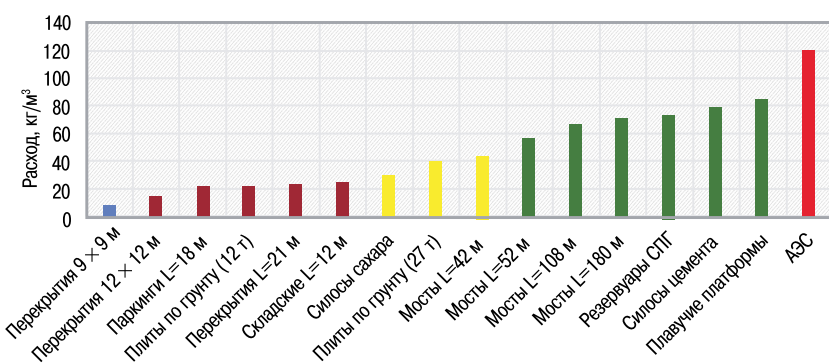


Рис. 1. Сравнение расхода прядей в различных сооружениях

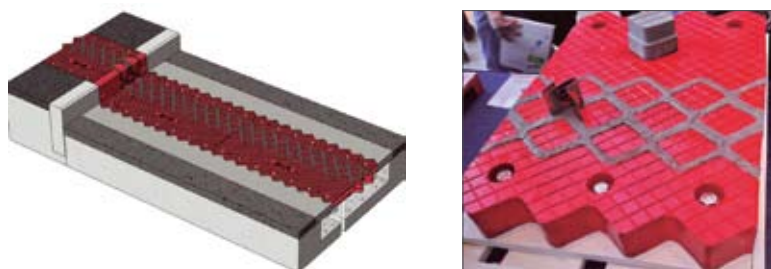


Рис. 2. Деформационный шов из сверхвысокопрочного сталефибробетона ФБШ-120



www.sts-hydro.ru

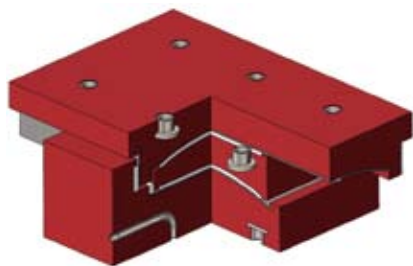


Рис. 3. Линейно-подвижная опорная часть из сверхвысокопрочного сталефибробетона с нагрузкой 100 тс и перемещением на +/- 100 мм ФБОЧ-ЛП-100+/-100



Рис. 4. Извлекаемый грунтовый анкер на обжимных втулках

РЕШЕНИЯ СТС

С техническим директором ООО «СТС» Сергеем Ситниковым обсуждались инновационные деформационные швы и опорные части мостов из сверхвысокопрочного сталефибробетона, а также вопрос эффекта применения сверхвысокопрочного сталефибробетона в деформационных швах и опорных частях. Этот новый материал по своим позитивным для строительства свойствам приблизился к граниту и имеет уникальные характеристики: сопротивление сжатию — 151 МПа, сопротивление растяжению — 11 МПа, проницаемость — W 100, морозостойкость — F 800, бетон самоуплотняющийся. При его применении не требуются щебень и, как правило, арматура, а потребность в стальной фибре составляет 2% (рис. 2, 3).

Этот материал можно отнести к материалам «Четвертой технологической революции», так как применение его в изделиях дает существенный технологический эффект изготовления, монтажа и эксплуатации:

- прочность в 3–4 раза выше, чем у бетонов, используемых для мостов;
- вес изделий в 3 раза легче стальных конструкций;
- изготовление деталей не требует применения металлорежущего и шлифовального оборудования;
- не требуется процедур по гальваническому и лакокрасочному покрытию;
- литье в форму жидкого СУФБ позволяет получить сложные поверхности;
- отсутствие корродирующих металлических деталей;
- изготовление изделия за 2–3 дня;
- при изготовлении не требуется высококвалифицированной рабочей силы.

Заместитель технического директора ООО «СТС» Артем Лаптев продемонстрировал особенности устройства грунтовых анкеров с напрягаемой арматурой из прядей: временный, постоянный и извлекаемый. Последний, наконец, решил проблему извлекаемости такого типа анкеров других конструкций. Кстати, извлекаемый анкер является отличным примером новой разработки в ответ на потребности строительного общества. Многолетний опыт компании «СТС» позволяет создать грунтовый анкер с любым усилием извлечения, которое потребуется проектировщикам (рис. 4).

Главный инженер ООО «СТС» Александр Кириченко рассказал о расширении применения систем преднапряжения на примере реализованных проектов. Среди них усиление путепровода на 1002 км автотрассы «Дон», надвижка моста через р. Хопер (Heavy shifting), реконструкция моста через р. Юганская протока (Heavy lifting), логистический комплекс «Белый Раст» в Подмосковье, монтаж и натяжение вертикальных пучков длиной 100 м в высотном здании в Екатеринбурге, стадион «Газпром Арена» в Санкт-Петербурге, участок Северо-Восточной хорды в Москве, притерминальная развязка аэропорта Домодедово, взлетно-посадочная полоса (ВПП-3) в Шереметьево, системы преднапряжения защитных оболочек АЭС (НВАЭС-2, БелАЭС, ЛенаАЭС, КурАЭС, РосАЭС, «Аккую» и т. д.). Особо стоит отметить применение упоров из сверхвысокопрочного сталефибробетона при ремонте путепровода на 1002 км магистрали «Дон», где было успешно передано усилие пучков прядей при шпренгельном усилении балок. Это можно назвать важным событием в развитии российских систем преднапряжения. ■

АЛЕКСЕЙ СЕРГЕЕВ О ПРОБЛЕМАХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ



Вопросы долговечности и надежности мостовых сооружений во многих регионах сегодня выходят на первый план в связи с неудовлетворительным состоянием мостового парка. Как известно, проблемы кроются не только в низком качестве применяемых материалов и ошибках проектировщиков и строителей, но, прежде всего, в несовершенстве нормативной базы, в том числе, касающейся железобетона для мостов. Своими соображениями о том, какие именно недоработки существуют в нормативных документах и к каким последствиям это может привести, с нашими читателями поделился генеральный директор ООО «Нормативно-Испытательный Центр «Мосты», кандидат технических наук Алексей Сергеев.



г. Москва, Чермянский проезд,
д. 7, офис 3512
Тел. +7 (499) 476-76-72
nic-mosty@mail.ru www.nic-mosty.ru

Подготовил Игорь ПАВЛОВ

— Зарубежный опыт позволяет утверждать, что мостовые сооружения из монолитного железобетона обладают более высокими эксплуатационными свойствами, включая долговечность, по сравнению со сборными железобетонными конструкциями. Однако в отечественной практике эта технология пока не нашла широкого применения. Алексей Анатольевич, каковы причины такой ситуации?

— Несущие конструкции мостов, выполненные из монолитного железобетона действительно являются более долговечными. Однако в России изготовление их в массовом порядке всегда будет проигрывать сборным конструкциям. А причины этому очень простые. У нас длительные зимы с низкими температурами, поэтому изготовление несущих конструкций из монолитного железобетона потребует приличных финансовых затрат на их обогрев. Весьма затрудняют их распространение также малонаселенность большинства территорий РФ, бездорожье, отсутствие бетонных заводов вблизи мест строительства. Именно этими обстоятельствами и объясняется востребованность сборного железобетона в России.

— Как известно, мосты и путепроводы — сложные инженерные сооружения, многие из которых относятся к особо опасным объектам. В этой связи к материалам и конструкциям, используемым в мостостроении, предъявляются повышенные требования. Что в этом смысле принципиально важно применительно к мостовым бетонам?

— Так или иначе, бетон для мостостроения должен обладать достаточной прочностью, морозостойкостью и водонепроницаемостью. Конкретные параметры для тех или иных конструкций указаны в СП 35.13330.2011. При подборе состава бетона выполнение этих требований легко достигается

применением различных добавок, в том числе для улучшения удобоукладываемости бетонной смеси.

— А как вы, кстати, оцениваете перспективы применения фибробетона в мостостроении?

— Фибробетон, конечно, является перспективным материалом. В мостостроении он чаще всего применяется для изготовления плиты проезжей части сталежелезобетонных пролетных строений автомобильных мостов, а более широко он востребован для изготовления плит безбалластного мостового полотна (БМП) железнодорожных мостовых сооружений.

В целом, однако, я считаю, что в мостостроении сейчас существуют более серьезные вопросы, чем сравнение тех или иных бетонных технологий.

— И какой вопрос вам представляется главным в увязке с обсуждаемой нами тематикой?

— Взамен ГОСТ 5781-82 и ГОСТ 10884-94 введен в действие ГОСТ 34028-2016 «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия». Я считаю, этот стандарт создает угрозу полной остановки строительства мостов в Российской Федерации.

Причиной сложившейся чрезвычайной ситуации является то, что новые арматурные стали существенно отличаются по химическому составу, по способу производства и по профилю от выпускаемых по старому ГОСТ 5781-82, но нормативных документов по проектированию и строительству с использованием ГОСТ 34028-2016 пока не существует. Для их разработки необходимо проведение исследований потребительских свойств новых арматурных сталей с целью определения условий и области их применения в конструкциях мостов, на что потребуется не менее пяти лет.

В то же время, с начала этого года, в связи с отменой старого стандарта, металлурги должны изготавливать для железобетонных конструкций в мостостроении продукцию только по ГОСТ 34028-2016. Проектирование и строительство мостов также должно вестись только с применением новых арматурных сталей, так как государственная экспертиза не имеет права согласовывать документацию по отмененному ГОСТ 5781-82. Кроме того, все проекты мостовых сооружений, ранее разработанные с использованием старого стандарта, должны быть перепроектированы.

Принимая во внимание все вышеперечисленное, на мой взгляд, необходимо срочно принять следующие



Процесс сооружения пролетного строения из монолитного железобетона моста через р. Ангару в г. Иркутске, 2004 г.



Пролетные строения путепровода из сборных балок заводского изготовления, г. Калуга, 2018 г.

меры: отменить ГОСТ 34028-2016; сохранить действие ГОСТ 5781-82 на срок 5–7 лет и в течение этого времени выполнить исследования новых арматурных сталей, представленных в ГОСТ 34028-2016; актуализировать СП 35.13330.2011 и СП 46.13330.2012, по которым ведется проектирование и строительство мостовых сооружений в РФ, включив в них новые арматурные стали, прошедшие исследования и получившие положительные результаты.

Не следует забывать также о том, что мосты у нас строятся и на Севере. При этом одним из наиболее важных параметров, которому должны соответствовать арматурные стали для мостовых сооружений, эксплуатируемых под подвижными нагрузками, является выносливость, и не только целых стержней, но и стыковых соединений — как сварных, так и резьбовых, — в том числе при низких температурах, вплоть до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Непродуманное введение нового ГОСТ 34028-2016 — это, образно говоря, мина замедленного действия, которая закладывается в конструкции мостов на государственном уровне. А ведь «мостопад» в России и без того набирает обороты. ■



СОВРЕМЕННЫЕ ЖБИ ДЛЯ ДОРОГ И МОСТОВ

ООО «СТК-Модуль» присутствует на рынке строительных материалов с 2011 года как производитель и поставщик железобетонных изделий в основном для транспортного строительства (автомобильные и железные дороги, портовые сооружения, нефте- и газопроводы). ЖБИ компании используются также при устройстве инженерных коммуникаций, в энергетическом и промышленно-гражданском строительстве. Продукция этого петербургского предприятия получила широкое распространение на Северо-Западе. Хорошо зарекомендовала она себя и в других регионах России, охватывая географически почти всю страну и самые разные климатические условия.

СТК МОДУЛЬ

Санкт-Петербург,
пр. Елизарова, 38А, офис 218
Тел. +7 (812) 648-13-80
E-mail: info@stroyprombeton.ru
www.stroyprombeton.ru

НАПРАВЛЕНИЯ И ОБЪЕКТЫ

Всего контрагентами предприятия являются более 150 строительных компаний. Многие из них заказывают у ООО «СТК-Модуль» продукцию для мостостроения: мостовые балки, тротуарные и переходные плиты, контурные блоки, стойки, блоки насадки, шкафные блоки, элементы лестничных сходов и т. д.

Одним из недавних крупных проектов для предприятия стало участие в модернизации инфраструктуры международного аэропорта Домодедово. ООО «СТК-Модуль» осуществило поставку блоков удерживающих ограждений типа «Нью-Джерси» для строительства притерминальной транспортной развязки авиахаба. Как и в случае с мостом Бетанкура в Санкт-Петербурге, потребовалось изготовить блоки индивидуальных типоразмеров и разных исполнений — например, нестандартной длины, с нестандартными отверстиями для пропуска воды или выемками под деформационный шов на мостах.

Кстати сказать, предприятие при этом предлагает на сегодняшний день дополнительную услугу. Возможно нанесение логотипа или любой рекламной информа-



ции на боковую поверхность блоков. Это выполняется посредством тиснения, причем окраска производится в соответствии с заданием заказчика (например, краской со световозвращающим эффектом).

Так, подобное решение реализовано для АО «ВДНХ». Работа выполнялась в рамках подготовки Москвы к Чемпионату мира по футболу 2018 года. Предприятием были запроектированы и поставлены ограждающие блоки с объемным тиснением логотипа ВДНХ на лицевой поверхности.

В настоящее время завод осуществляет поставку блоков типа «Нью-Джерси» на строительство обхода Вологды. Заказчиком является одно из крупнейших предприятий дорожной отрасли России — АО «ВАД», которое за последние 7 лет стало постоянным контрагентом ООО «СТК-Модуль».

Важно отметить, что компания занимается также вопросами нормативно-технической документации. Это делается с целью стандартизации и обеспечения стабильного качества выпускаемой продукции, а в конечном итоге — для повышения ее конкурентоспособности.

СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИИ

В рамках сертификации выпускаемой продукции согласно требованиям Технического регламента Таможенного Союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог» в испытательном центре НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ» были проведены испытания производимых предприятием блоков удерживающих ограждений типа «Нью-

Джерси» методом наезда легковым и грузовым автомобилями на соответствие требованиям ГОСТ 33128-2014.

Специалистами Мосстройсертификации ОАО «Научно-исследовательский институт московского строительства «НИИМосстрой» был проведен анализ производственной деятельности ООО «СТК-Модуль». Эксперты ознакомились с технологическими процессами производства блоков удерживающих ограждений, водопропускных труб и водоотводных лотков для автомобильных дорог, организацией контроля качества выпускаемой продукции, входным контролем закупаемых материалов, состоянием производственной базы, организацией охраны труда на предприятии.



На основании натурных испытаний продукции и проведенного экспертного анализа производства ООО «СТК-Модуль» стало обладателем сертификата соответствия Техническому регламенту Таможенного союза на ограждения удерживающие боковые недеформируемые железобетонные парашютного типа. Кроме того, аналогичные сертификаты соответствия

ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог» получены на лотки водоотводные и железобетонные трубы.

Уместно добавить, что ООО «СТК-Модуль» аккредитовано на право участия в тендерах на поставку ЖБИ для объектов АО «РН-Снабжение», ООО «Славнефть-Красноярскнефтегаз», ООО «Газпромнефть-Снабжение», ЗАО «Стройтрансгаз». «РН-Снабжение» и «Газпромнефть-Снабжение» регулярно проводят аудиторскую проверку производственной деятельности предприятия.

РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА

В современных условиях для сооружения мостов чаще всего используют не монолитные, а сборно-монолитные конструкции. В подобных случаях опора состоит из бетонных блоков, выкладываемых по контуру и играющих роль облицовки, и ядра заполнения из монолитного бетона. Завод компании «СТК-Модуль» успешно освоил выпуск таких изделий и поставляет их для строительства моста на р. Лене. Доставка осуществляется комбинированным способом: сначала по железной дороге, а далее к стройплощадке водным путем.



Уточним, что завод располагает тремя цехами общей площадью 9 тыс. м². Имеется собственный автопарк, обеспечивающий как местные перевозки, так и доставку продукции на железнодорожные станции для отправки в отдаленные регионы. Широкие производственные возможности к тому же позволяют, исходя из пожеланий заказчиков, выпускать различные виды изделий по индивидуальным чертежам.

Предприятие ведет постоянную работу по модернизации производства для освоения новых видов продукции. Так, в 2019 году налажен выпуск осветительных опор и дорожных плит ПДН. Недавно также приобретены кран-балки грузоподъемностью 10, 20 и 30 т, станки для гибки и рубки арматуры, навивочный станок. В мае 2019 года состоится запуск БСУ. В плановом порядке производится заказ новых металлических форм и сопутствующего оборудования.

Цеха отапливаются, что позволяет организовать бесперебойное круглогодичное производство ЖБИ. Имеющиеся внутрицеховые площади для складирования изделий дают возможность набрать им 100-процентную проектную прочность, которая обязательна для поставки мостовых конструкций.

Кадровому обеспечению в ООО «СТК-Модуль» также уделяют постоянное внимание. Систематически проводится обучение и переподготовка по различным программам повышения квалификации. Все это работает на развитие производства и выпуск новой продукции высокого качества. ■

ООО «СТК-Модуль» сердечно поздравляет коллектив АО «ВАД» с предстоящим 25-летним юбилеем!

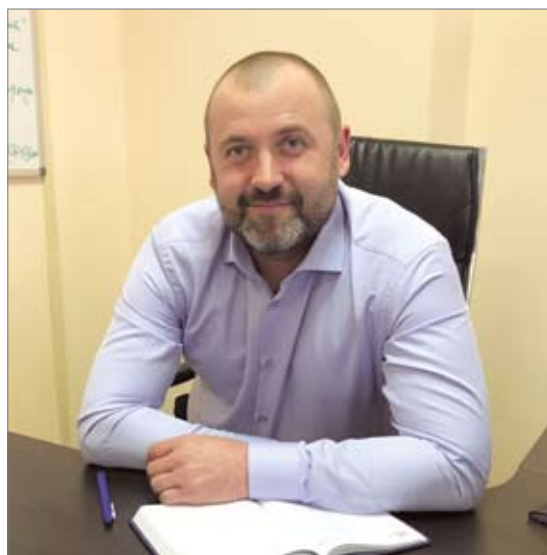
Заняв лидирующее положение в своем деле, вы привлекаете новых партнеров и заказчиков надежностью и высокой квалификацией. Мы высоко ценим годы нашего плодотворного сотрудничества. Пусть удача и процветание будут вашими верными спутниками, а новые перспективы открывают свои горизонты. Желаем вам одержать множество непростых, но достойных побед.

Технологии дорожного строительства не стоят на месте, они непрерывно развиваются, поэтому уверенно смотрите вперед, верьте в себя, будьте в авангарде свершений и изменений. Новых вам трудовых достижений, активного развития, стабильности, уверенности, продуктивности, и пусть каждый день дарит новые возможности, а каждая идея приводит к успеху и доброй славе. Коллектив ООО «СТК-Модуль» желает вам значимых профессиональных достижений и слаженной работы всей организации в вашем нелегком, но таком нужном деле на благо Отечества!





КОНСТРУКТИВНАЯ СТРАТЕГИЯ «ЛЕНИНГРАДСКОГО ЗАВОДА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ МЕТАЛЛГАРАНТ»



Когда в основе репутации компании лежит цена данного слова, компания легко выходит в лидеры рынка. Выполнение взятых на себя обязательств несмотря ни на что — это и есть клиентоориентированность. А сопровождение каждого этапа сделки в сложной нише производства металлоконструкций может себе позволить только уверенный в своих силах производитель. О процессах, принципах и перспективах рассказывает директор ООО «Ленинградский завод металлоконструкций **МеталлГарант**» Алексей Новак.



Тел.: +7 (812) 501-20-14, 660-55-00
www.metallgarant-spb.ru
металлгарант-спб.рф
info@metallgarant-spb.ru

Беседовала Людмила ШАБАЛИНА

— Алексей, чем, по-вашему, обусловлен факт такого быстрого выхода Ленинградского завода металлоконструкций «МеталлГарант» на одну из лидерских позиций Северо-Западного округа? У вас есть какие-то «секретные секреты»?

— Разумеется. Два главных секрета. Первый — это наши клиенты, которые ценят, прежде всего, качество продукции, соблюдение сроков и сервис. У нас заказывают и покупают и арматуру, и балки, и швеллера. А также кровельные, заборные материалы, строительные, дорожно-мостовые металлоконструкции, сельскохозяйственную технику: прицепы, поливы, плуги — все, что можно прицепить к трактору и что относится к импортозамещающей продукции в этой отрасли.

Второй: мы не обременены кредитами, овердрафтами и какими бы то ни было долговыми обязательствами. У нас свой автопарк, круглосуточная отгрузка и доставка заказов по Ленинградской области в течение трех дней.

У нас более чем достаточно собственных производственных мощностей, чтобы самостоятельно осуществлять перевалку и комплектацию металлопроката. То есть мы выполняем все функции металлобазы. Нашими поставщиками являются российские металлургические комбинаты, такие как «Северсталь», «ЕвразМеталл», «Мечелл», «ММК» и другие.

Нас вдохновляет, что в мире достаточно предпринимателей, таких как «РемСтрой», «ИнТехСталь», «ЭлектронМаш», «Фертоинг», которые разделяют наши ценности, и мы гордимся, что из раза в раз наши клиенты выбирают именно нас. Даже если мы работаем на субподряде, мы с полной отдачей и ответственностью выполняем и простые, и сложные нестандартные работы. Такие, как для Северного потока.



— А что за история с шоу-румами? Вы проводите модные показы?

— Просто показы. Там представлена продукция для частного домостроения. Такой формат позволяет подробно узнать о свойствах и особенностях продукции. Например, наша кровля из металлочерепицы представлена во всех цветах, или забор из профлиста, рассчитанный до винтика — полный комплект.

Конечно, мы не можем открыть шоу-румы для машиностроения или для специальных сталей и сплавов, для конструкционных и жаропрочных сталей. Но все, кому нужен надежный поставщик, могут приехать на производство и увидеть все своими глазами. Мы знаем, что таких предприятий, как «МеталлГарант», много. И, наверное, на некоторых из них тоже есть ОТК. Но! Мы не знаем никого, у кого был бы такой сервис, как у нас. Начиная от компенсации командировочных затрат в случае заключения договора на месте и до подключения к личному онлайн-кабинету, где клиент видит все этапы выполнения его заказа. Также создается отдельный WhatsApp-чат для обеих сторон по согласованию всех ИТР, куда выкладываются фотографии из цеха, отчеты доставки-выгрузки, маркировки и прочее.

Любой этап контролируется онлайн. Одно из самых ценных наших преимуществ, по отзывам клиентов, это сервисные звонки, доклады и отчеты на каждом шаге. То есть мы держим максимальную скорость коммуникации, Ну и, разумеется, возвращаем деньги за излишки заказа, как правило, в течение трех-четырех дней после возврата продукции на склад. Даже если это продукция премиального сегмента.

— Вы так много говорите о клиентах. А что могли бы сказать клиенты о вашем заводе?

— А почему могли бы? Они и говорят. Что их восхищает наша скорость реагирования — потому что у нас есть специальная программа-надстройка к CRM, которая автоматизирует все процессы, что они уверены в качестве, которое подтверждается возможностью постоплаты либо гарантийным удержанием 5% от контракта на год. Клиентов радует возможность выбора между схемами 70/30 (предоплата/расчет) и 50/30/20 (предоплата/перед отгрузкой/через 2 недели после приемки).

А для читателей этого номера при первом заказе есть скидка в 50% на разработку чертежей КМД, если они станут нашими клиентами до 1 сентября 2019 года.

У нас есть задача стать №1 в регионе по уровню сервиса. И так и будет, потому что мы привыкли всегда выполнять поставленные задачи.

— И все же задачи мостостроения и дорожной отрасли остаются для вас в приоритете?

— Да. Мы разрабатываем проекты с нуля и в полном соответствии с ТЗ. В таких программах, как Tekla. Разумеется, все допуски на проведение этих работ у нас есть. Мы автоматизировали даже этап проектирования, что изначально позволяет оптимизировать расходы и увеличить скорость автопередачи чертежей на станки с ЧПУ. Мы внедрили технологию 3D-сканирования. Все вместе это позволило сократить издержки клиентов до 30%, а сроки производства на 20%. И это дает нам право выходить с готовой бизнес-моделью в другие регионы. ■

«МЕТАЛЛГАРАНТ» В ЦИФРАХ:



3000 м²

Площадь производственного комплекса

300 тн

Металлоконструкций изготавливаем ежемесячно

3000 тн

Позиций металлопроката всегда в наличии на складе

30 ед.

Спецтехники для быстрой доставки до наших клиентов

500 тн

Профнастила прокатываем ежемесячно



А. В. ПОКРОВСКИЙ,
заместитель генерального директора ЗАО «Экодор» по технологии и качеству работ
(Группа компаний «АБЗ-1»)

ЛИТОЙ АСФАЛЬТОБЕТОН И СИСТЕМЫ МОСТОВЫХ ПОКРЫТИЙ В КИТАЕ

Очередная ежегодная конференция Международной ассоциации литого асфальтобетона (ИМАА) была проведена в Чунцине, одном из крупнейших мегаполисов Китая, 18–19 октября 2018 года. Мероприятие собрало 50 организаций-участников из разных стран и с разных континентов. (Россия представлена в ассоциации с 2004 года единственным пока членом — петербургской Группой компаний «АБЗ-1»). Обсуждались технологии устройства мостовых покрытий с применением литого асфальтобетона. Затем, 20–22 октября, состоялась техническая экскурсия в Чжухай с целью ознакомления с самым протяженным морским мостом в мире.

Окончание следует

Основными темами проведенной в Чунцине конференции и последующей технической экскурсии на Юго-Восток Китая являлись:

- «История развития систем мостовых покрытий и динамика развития мостостроения в КНР»;
- «Опыт применения литых асфальтобетонов в практике строительства мостов в последние 15 лет»;
- «Опыт строительства и примененные технологические решения при строительстве самого длинного морского моста длиной 55 км, соединяющего Чжухай, Макао, Гонконг»;
- «Особенности применения литого асфальтобетона в Европе»;
- «Анализ существующей нормативной базы на литой асфальтобетон и внедрение современных методов контроля».

Многие из нас не раз слышали об успехах и масштабах дорожного и мостового строительства в КНР. Этот интерес постоянно подогревается статистиче-

Таблица 1.
Темпы строительства мостов на автодорожной сети КНР

Год	1980	1990	2000	2010	2020 (перспективно)
Количество мостов, шт.	130003	168546	278809	478759	678572
Увеличение, шт.		38540	110266	199950	199813

скими данными о протяженности дорожно-мостовой сети Китая, сообщениями о вновь построенных суперобъектах транспортной инфраструктуры. Признаем, что масштабы мостостроения КНР действительно завораживают.

В табл. 1 представлены данные о темпах строительства мостов на автодорожной сети Китая по десятилетиям.

За последние 40 лет в Китае возведено 513702 моста общей протяженностью 48392 км (48 млн пог. м). Это самые высокие темпы мостостроения в мире. В США, например, около 600 тыс. мостов, включая железнодорожные.

В России, по данным Росстата, насчитывается 42 тыс. автодорожных мостов и путепроводов с общей протяженностью 2,1 млн пог. м. Если учитывать и железнодорожные сооружения, то общее количество составит около 72,5 тыс. За 2017 год в РФ было возведено или реконструировано всего 154 моста протяженностью 26 км. По количеству это меньше, чем в 2015 или 2016 году (186 и 213 соответственно).

Комментарии и анализ сложившегося разрыва в показателях, однако, не являются целью данной статьи. Здесь рассматриваются вопросы, связанные с особенностями китайского опыта по устройству мостовых покрытий. Кратко описаны направления технической мысли и примеры успешной адаптации внесенных извне технологий к реалиям страны. Используются тезисы докладов «Текущее состояние и развитие покрытий на стальных пролетах мостов в Китае» Хао Зингхенга (Hao Zengheng) и «Разработка и практика строительства покрытия мостового полотна на мосту Гонконг — Чжухай — Макао» Занг Фэна (Zhang Feng).

ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

За более 20 лет китайские ученые и инженеры разработали, адаптировали и применили несколько основных материалов мостовых покрытий:

- уплотняемые полимерасфальтобетоны и ЩМА (SMA/AC);
- литой асфальтобетон (MA и GA);
- эпоксидный асфальтобетон (EA10);
- высокопрочный бетон.

Уплотняемые полимерасфальтобетоны и ЩМА (SMA/AC)

Данные материалы ранее укладывали непосредственно на гидроизоляцию в качестве защитных слоев. В настоящее время уплотняемые смеси и ЩМА применяют исключительно для слоев износа.

Модифицированные асфальтобетоны, изготовленные на высоковязком вяжущем, использовавшемся ранее, продемонстрировали пониженное сопротивление трещинообразованию. Для того чтобы увеличить усталостную долговечность покрытий, теперь все асфальтобетонные смеси изготавливают на вяжущем, имеющим высокоэластичные свойства.

Эпоксидный асфальт EA10

Это особый вид материалов, сочетающий эпоксидные смолы, отвердители и саму минеральную структуру. Таким образом, медленно твердеющий эпоксидный асфальтобетон имеет высокие физические свойства и малую чувствительность к температурным перепадам. Основываясь на характеристиках материала, его можно разделить на два основных вида — на теплые и горячие составы.

Теплые эпоксидные асфальтобетоны соответствуют эпоксидному асфальту ChemCo System, США. Первые были ввезены и опробованы Юго-Восточным университетом (Southeast University). Такие материалы при приготовлении требуют строжайшего контроля каждого параметра. Температура смешивания на АСУ должна составлять 110–121°C, а укладка должна быть закончена в течение 55 мин после приготовления смеси. Вяжущее состоит из двух компонентов.

Компонент А представляет собой эпоксидную смолу, а В — смесь отвердителя и битума. Покрытие набирает прочность в течение 30–45 дней после завершения укладки.

Горячие эпоксидные асфальтобетоны состоят из эпоксидных вяжущих ТАФ из Японии (TAF epoxy asphalt concrete, EAC). Температура смешивания на АСУ должна составлять 170–185 °С, а укладка должна быть закончена в течение 120 мин после приготовления смеси. Связующее состоит из трех компонентов: эпоксидной смолы, отвердителя и битума. Покрытие набирает прочность в течение 3–5 дней после завершения укладки.

Литой асфальтобетон (МА, ГА)

Материал обладает тремя «высокими» характеристиками: высокое содержание минерального порошка (20–30%), высокое содержание битумного вяжущего (7–10%) и высокая температура перемешивания (220–260°). Это делает смесь достаточно текучей. Она также имеет минимальное количество пустот, которые разъединены и не поддерживают капиллярные явления, свойственные уплотняемым асфальтобетонам.

Интересно отметить, что в Китае в процессе эволюции взглядов на функциональные характеристики материала и его поведение в реальных условиях сформировалось разделение литого асфальтобетона на подтипы. На основе особенностей процесса производства и метода проектирования они определены как МА (Mastic asphalt) и ГА (Gussasphalt).

Смесь МА основана на британской литьевой технологии. Делается упор на применение минерального заполнителя не крупнее 4,75 мм. Асфальтовое вяжущее состоит из битума с пенетрацией 70 единиц и тринидадского природного асфальта (TL), смешанных в пропорции 30:70.

Впоследствии Китайский научно-исследовательский и проектный институт по коммерческим технологиям в Чунцине (China Merchants Chongqing Communications Technology Research and Design Institute C., Ltd) импортировал технологии укладки литой смеси из Германии и Японии. Эти методы получили более широкое развитие в Китае, учитывая его специфику.

Например, битумное вяжущее было разработано на основе композиции из модифицированного СБС-полимерами битума и тринидадского асфальта, иных

сомодификаций битумов, а также высокомодифицированного (hard modified binder) битума, появившегося недавно. При проектировании используют непрерывную гранулометрию зернового состава, что делает структуру смеси более приемлемой для планируемых условий эксплуатации.

Высокопрочный бетон STC (УНРС)

Цемент, минеральные добавки, мелкозернистый заполнитель, стальное волокно сначала смешивают с водой, а затем добавляют композитный материал на основе цемента. В результате бетону обеспечивается высокая прочность на изгиб и сжатие. Во время ее набора может применяться метод обработки паром для ускорения реакции гидратации.

РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О МОСТОВЫХ ПОКРЫТИЯХ

На основе изучения характеристик перечисленных материалов и практического опыта в Китае в последние годы наиболее широко применяются три основных системы покрытий стальных ортотропных плит: с использованием модифицированного ЩМА; из литого асфальтобетона; из эпоксидного асфальтобетона. Существенный сегмент также занимает УНРС.

Системы дорожного покрытия, образованные различными сочетаниями материалов, тоже можно разделить на три основных типа, которые представляют собой однородную однослойную, однородную двухслойную и неоднородную двухслойную конструкции.

На рис. 1 представлено распределение применяемых систем покрытий в дорожно-мостовой индустрии.

В соответствии со статистическими данными за 2018 год следует, что системы с литыми асфальтобетонами и эпоксидными асфальтами составляют более 80% рынка.

Система с модифицированным ЩМА

Эта достаточно типичная конструкция покрытия мостового полотна состоит из двух слоев однородных материалов. В Китае она была применена на более чем 30 мостах с большими пролетами на общей площади около 600 тыс. м². Средний слой покрытия ЩМА — от 30 до 40 мм.



Рис. 1. Распределение применяемых систем покрытий в дорожно-мостовой индустрии Китая

Эволюцию развития этих технологий можно разделить на два этапа.

Первый: 1997–2005 гг. Это вообще начальный период развития сферы дорожных покрытий стальных мостов в Китае. Впервые система была применена на мосту Guangdong Humen Bridge (1997 г., один слой ЩМА толщиной 68 мм). Затем устраивались только двухслойные покрытия. Тем не менее, использовалось в основном битумное вяжущее с достаточно низкой пенетрацией, а сцепляющие слои гидроизоляционных систем состояли из высоковязкого битума и мелкого щебня.

Второй этап: с 2006 года по настоящее время. Применение такого типа конструкций в мостах с большими пролетами постепенно сокращалось. В процессе непрерывного улучшения качества стали использовать полимерно-битумное вяжущее с высокой эластичностью. Гидроизоляция стала состоять из двухслойной эпоксидной смолы (с обработкой мелким щебнем) и слоя сцепления, содержащего вяжущее и растворитель.

В табл. 2 представлены изменения характеристик модифицированного разными способами вяжущего, в зависимости от практики эксплуатации покрытий и развития модификации.

Эпоксидно-асфальтобетонное покрытие (EA10)

Типичная система дорожного покрытия из эпоксидного асфальтобетона представляет собой однородную двухслойную конструкцию с крупностью максимальной фракции щебня, равной 10 мм, и тол-

щиной каждого слоя от 25 до 30 мм. Такое решение было применено на более чем 60 мостах на площади в 1,4 млн м².

Развитие технологии можно разделить на три этапа. Первый: 2001–2009 гг. Эпоксидная смола ChemCo System использовалась для теплых смесей. На втором этапе были успешно применены уже разработанные в самом Китае теплые эпоксидные асфальтобетоны. Система покрытий оставалась та же. Третий этап: с 2012 года по наши дни. Эпоксидные смеси горячего применения становятся наиболее используемыми, а гидроизоляция уже состоит из двухкомпонентной эпоксидной смолы.

Покрытия из литых асфальтобетонов

На текущий момент типовым покрытием являются конструкции, состоящие из литого асфальтобетона крупностью фракции до 10 мм в нижнем



Таблица 2.
Характеристики вяжущего, модифицированного разными способами

Параметр	Модифицированный битум	Высоковязкий модифицированный битум	Высокоэластичный модифицированный битум
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	30–50	40–70	60–80
Растяжимость при 5 °С, см	≥ 20	≥ 35	≥ 50
Температура размягчения, °С	≥ 85	≥ 90	≥ 85

слое и ЩМА-10 на полимерно-битумном вяжущем в верхнем слое. Такое решение применено на более чем 140 мостах. Общая площадь укладки составила 2,9 млн м².

Выделяется три этапа развития этой системы.

Первый: 1997–2009 гг. Применялись в основном однослойные покрытия из литого асфальтобетона МА толщиной 37–40 мм. Основной целью было облегчение нагрузки на опорные части и пролет от собственного веса покрытия. Однако последующая эксплуатация показала малопригодность подобных систем ввиду сложностей эксплуатации и проведения ремонтных работ. Так, на покрытии знаменитого висячего моста Чхинма (Tsing Ma Bridge), эксплуатировавшегося около 20 лет, возникли деформации в виде пластической колеи (до 30 мм), локальные выкрашивания и отслаивания гидроизоляционной мембраны.

Второй этап: 2003–2009 гг. Применяют уже двухслойную систему «литой асфальтобетон + ЩМА на модифицированном вяжущем». Для нижнего слоя используют уже GA10, с иным зерновым составом и полимерно-битумным вяжущим из смеси битума, термоэластопластов и тринидадского асфальта. В верхнем слое — ЩМА на модифицированном битуме с упором на высоковязкостных характеристиках вяжущего с целью улучшения высокотемпературной стабильности асфальтовых покрытий. Гидроизоляция представляет собой многослойную систему из двухслойной эпоксидной мембраны с поверхностной обработкой щебнем, битумного праймера, резиносодержащей битумно-полимерной мастики.

Третий этап: с 2008 года по настоящее время. В верхнем слое ЩМА используют полимернобитумное вяжущее с высокой эластичностью. Гидроизоляционная мембрана выполняется из полиметилметакрилата. Применяют как материал Eliminator, так и его китайский аналог Torever. В нижнем слое в литом асфальтобетоне используется модифицированный полимерами битум.

Кроме того, для литых смесей в континентальном Китае активно применяют дорожный битум с пенетрацией 30 единиц с добавлением тринидадского асфальта. Такое решение использовано, в частности, на крупнейшем в мире морском мосту Гонконг — Макао — Чжухай (Hong Kong — Macau — Zhuhai Bridge, HMZB). Появление этого вида литого асфальтобетона является развитием опыта применения МА и GA типов литых смесей с целью получения стабильного и эффективного в эксплуатации материала.

В табл. 3 представлены характеристики битумных вяжущих, применявшихся на разных этапах развития данной системы.

Система дорожного бетонного покрытия UHPS

Состоит из специального бетона с металлической фиброй и ЩМА на полимерно-битумном вяжущем. Эта система дорожного покрытия достаточно новая для КНР. Ее функции заключаются в усилении структурной жесткости стальной плиты мостового настила и снижения напряжения и деформации на поверхно-

Таблица 3.
Характеристики битумных вяжущих литых асфальтобетонов

Параметр	Битум 70 + тринидадский асфальт	Битум 30 + тринидадский асфальт	Полимерно-битумное вяжущее + тринидадский асфальт	Полимерное композитное вяжущее (с жестким битумом)	Полимерное композитное вяжущее
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	13	17	25	33	92
Растяжимость при 5 °С, см	–	–	5	12	83
Растяжимость при 10 °С, см	–	–	27	–	–
Растяжимость при 25 °С, см	12	26	–	–	–
Температура размягчения, 0 °С	69,5	62,3	98,3	115,0	87
Эластичное восстановление при 25 °С, %	–	–	–	–	99

сти мостового полотна. В настоящее время она применяется на 10 мостах, например на 2nd Dongting Lake Bridge (2017). Всего уложено 200 тыс. м².

Системы ERS

Комбинированные системы покрытий и гидроизоляции с тонкослойными эпоксидными слоями и ЩМА в нескольких сочетаниях. Всего уложены на 20 мостах на площади до 400 тыс. м².

КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ

Характерно, что в китайской практике почти отсутствуют системы с применением литого асфальтобетона в верхнем слое покрытия. Этот факт может быть связан со следующими обстоятельствами:

- существовавшая в последние 10–15 лет методика проектирования литых асфальтобетонных смесей не позволяла достигать надлежащей долговечности таких покрытий и отсутствия дефектов пластического колееобразования, и был получен неоднозначный опыт применения однослойных систем из литого асфальтобетона МА;

- укладка литых смесей в верхних слоях требует иного технологического подхода и качества производственных процессов, что в определенный период времени представляло существенную проблему.

Возможно, активное участие европейских коллег в дальнейшем могло бы устранить эти затруднения. В частности, в российской практике для ортотропных плит металлических мостов признана необходимость применения литых полимерасфальтобетонов как в верхнем, так и нижнем слоях покрытий, что обеспечивает отсутствие трещинообразования не менее чем на 10 лет. Напротив, есть несколько неудачных примеров использования в верхнем слое ЩМА, когда не удалось обеспечить надлежащую усталостную долговечность с образованием продольных трещин вдоль главных балок. На этих мостах ситуацию получилось исправить именно путем укладки литого полимерасфальтобетона.

Подводя итог обзора, отметим, что собственные технологии устройства систем покрытий на сталь-

ном мостовом полотне в Китае разрабатывается уже более 20 лет. С постоянным изменением и улучшением материалов и конструкций, с реализацией исследовательских проектов меняется к лучшему и общий принцип проектирования. Что касается общего развития и текущих задач, стоящих перед мостостроителями, китайские специалисты отмечают следующие ключевые аспекты:

1. Разработка системы показателей. Начальные условия применения различных опытных систем дорожного покрытия в Китае должны быть обобщены. Следует создать теоретическую систему проектных показателей, чтобы избавиться от идеологии, которая использует опыт в качестве единственного индикатора успешности или неудачи принятого решения. Эксплуатационные характеристики материалов и систем должны быть более предсказуемыми, на основе проектирования и испытаний функциональных показателей.

2. Совершенствование интеллектуального и автоматизированного принципов проектирования покрытий на ортотропных плитах стальных мостов. Проведение научных исследований для выбора наиболее функциональной системы и материалов.

3. Улучшение контроля качества работ на строительной площадке имеет ключевое значение в неменьшей степени, учитывая проблемы эксплуатации и продления сроков службы мостовых покрытий. Принципы и управление эксплуатацией должны быть осознаны и планируемы.

Фен Маорун (Feng Maorun), бывший главный инженер Министерства транспорта КНР, в своем выступлении отметил, что за последние 40 лет в результате реформ, приведших к экономической и индустриальной эволюции страны, мостостроение также подверглось существенной модернизации и беспрецедентному росту. Теперь в Китае насчитывается около миллиона мостовых сооружений — больше, чем в любой другой стране. Достижения китайских мостостроителей известны во всем мире. Сейчас КНР входит «в третью фазу развития мостостроения», которая должна характеризоваться научным подходом, инновационными материалами, стандартизацией, автоматизированием проектирования, высоким качеством управления проектами и синергетическим эффектом взаимодействия специалистов.■

А. М. ИСМАИЛОВ,
технический директор ООО «БАУБЕРГ»

ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Объектом лабораторного исследования, результаты которого приведены в статье, является однокомпонентный материал промышленного применения для гидрофобизации асфальтобетонных и цементобетонных покрытий аэродромов и автомобильных дорог, конструкций зданий и сооружений. Эта продукция выпускается в рамках государственной программы импортозамещения на российских производственных мощностях международного концерна «БАУБЕРГ». Проанализированы полученные экспериментальные данные. Выявлены наиболее эффективные технологические решения по обеспечению требуемого качества защиты бетонных конструкций. Потребность в испытаниях была связана с необходимостью оценить возможность замены дорогостоящих импортных материалов российскими аналогами.



ВВЕДЕНИЕ

Повышение долговечности объектов транспортной инфраструктуры необходимо рассматривать сквозь призму требований, реализуемых сегодня по государственным программам — в частности, в сфере импортозамещения дорожно-строительных материалов и по Техническому регламенту Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог» (ТР ТС 014/2011). Задача состоит в том, чтобы в условиях усложнения конструкции транспортных сооружений, применения новых материалов и технологий, роста интенсивности движения и нагрузок не допустить более существенных затрат в процессе дорожного строительства.

Если говорить о бетонных конструкциях, то, как известно, они обладают свойством впитывать влагу, и, если нет надежной защиты, она присутствует в них всегда. Наиболее распространенными источниками ее поступления являются осадки и быстрые перепады температур.

Влага скапливается в микроскопических порах, каналах и пустотах, образующихся еще при вызревании бетона в течение продолжительного времени. При неоднократном замораживании (превращении в лед) и оттаивании она может оказывать на бетонные конструкции давление, достаточно сильное для их систематического повреждения. С влагой связаны и такие разрушающие явления, как термическое растрескивание, проникновение ионов хлора, взаимодействие между щелочами и кремнеземом.

Для защиты бетона от проблем, связанных с влагой, в частности, разработан материал «Пропитка проникающая гидрофобизирующая «БАУБЕРГ-РР».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ

В рамках проведенных исследований водонепроницаемость бетона была определена на образцах-цилиндрах высотой и диаметром 150 мм. Ис-

Таблица 1.
Водонепроницаемость образцов-цилиндров бетона

№	Наименование серии образцов	Водонепроницаемость, МПа	Марка бетона по водонепроницаемости
1	Серия 1. Образцы цементобетона без обработки	0,6	W6
2	Серия 1. Образцы цементобетона после обработки пропиткой	0,8	W8
3	Серия 2. Образцы цементобетона без обработки	1,2	W12
4	Серия 2. Образцы цементобетона после обработки пропиткой	1,4	W14

пользовался метод «мокрого пятна». (По ГОСТ 12730.5-84 «Бетоны. Методы определения водонепроницаемости».) При максимальном давлении воды на четырех из шести образцов не наблюдалось просачивания влаги.

Удельный расход пропитки при обработке поверхности образцов составлял 250 мл на 1 м². Время высыхания — 30 мин.

Полученные результаты представлены в табл. 1.

Доказано, что поверхностная обработка гидрофобизирующей пропиткой уменьшает проникающую способность, повышает марку цементобетона по водонепроницаемости.

ВЛИЯНИЕ НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ

Образцы размерами 100x100x100 мм в количестве 6 шт. на одно испытание изготавливались в соответствии с ГОСТ 10180-2012 и испытывались третьим ускоренным методом в солях при -50 °С по ГОСТ 10060-2012. Хранение образцов до проведения работ осуществлялось в камере нормального твердения при $t = 20 \pm 3$ °С и $\phi > 96\%$. Испытания проводились на соответствие сухих смесей марке по морозостойкости базового (первого) метода F₁₀₀₀, чему соответствует 35 циклов замораживания и оттаивания третьего ускоренного метода.

Полученные результаты представлены в табл. 2, 3, 4.

Таблица 2.
Базовые образцы бетона без цикла «замораживание/оттаивание»

Контрольные образцы				
№	Размер образца, см		Разрушающая нагрузка, кН	Предел прочности на сжатие, МПа
	длина	ширина		
1	9,95	9,96	981	94
2	9,97	10,01	932	88,7
3	10	10,06	912,3	86,2
4	10,03	10	696,5	66
5	9,95	10,01	932	88,9
6	9,97	9,95	716,1	68,6

Таблица 3.
Базовые образцы бетона без гидрофобизатора, прошедшие циклы «замораживание/оттаивание» 35 раз

№	Размер образца, см		Разрушающая нагрузка, кН	Предел прочности на сжатие, МПа	Масса, г	
	длина	ширина			до	после
1	10,03	10,04	714,2	67,4	2206	2206
2	10,03	9,98	541,5	51,4	2052	2052
3	9,97	9,96	643,5	61,6	2066	2066
4	10,04	10,04	588,6	55,4	2240	2240
5	9,96	9,97	549,4	52,6	2066	2068
6	10,05	10,04	698,5	65,8	2048	2048

Таблица 4.
Базовые образцы бетона с гидрофобизатором, прошедшие циклы «замораживание/оттаивание» 35 раз»

№	Размер образца, см		Разрушающая нагрузка, кН	Предел прочности на сжатие, МПа	Масса, г	
	длина	ширина			до	после
1	10,03	10,04	892,7	84,2	2204	2204
2	10,03	9,98	676,9	64,2	2049	2049
3	9,97	9,96	804,4	77	2068	2068
4	10,04	10,04	735,8	69,3	2246	2246
5	9,96	9,97	686,7	65,7	2067	2068
6	10,05	10,04	873,1	82,2	2056	2056

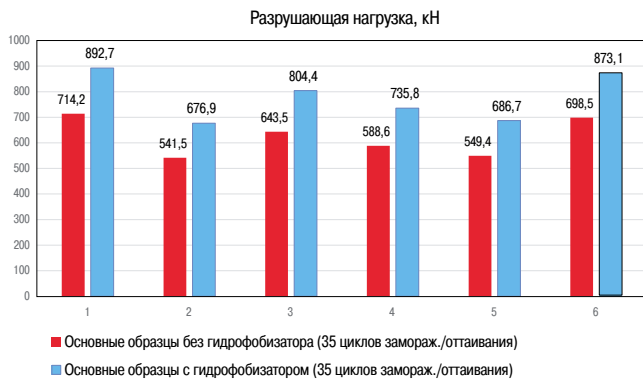


Рис. 1. Сопоставление разрушающих нагрузок

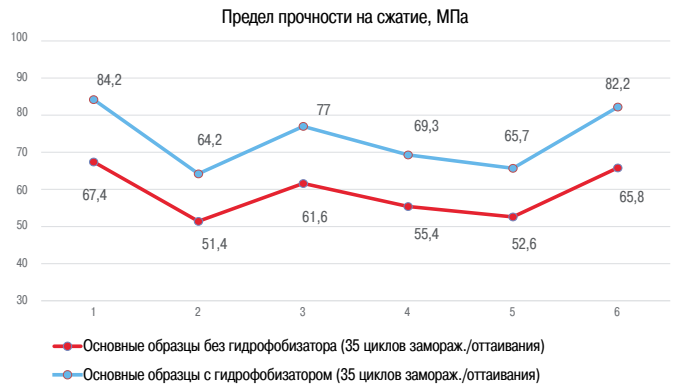


Рис. 2. Сопоставление данных по пределу прочности на сжатие

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования экспериментально установлено, что российские ремонтные системы для защиты бетонных конструкций объектов транспортной инфраструктуры не уступают по основным параметрам зарубежным аналогам. При этом в ряде случаев достигаются очень высокие показатели.

Применение российских защитных пропиточных гидрофобизирующих материалов имеет положитель-

ный экономический эффект и позволяет снизить себестоимость производимых работ по защите объекта за счет более конкурентоспособной цены.

Основываясь на результатах исследования, при ремонте бетонных элементов конструкций транспортной инфраструктуры можно рекомендовать применение рассмотренного защитного материала как основного при выборе по критериям обеспечения требуемого качества и сокращения затрат при производстве работ. ■

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

Генеральный спонсор конференции

ГЛАВЛЯНС
Группа компаний

Спонсор конференции

XCMG

6-7 июня / 2019

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ»

Место проведения:
Москва, МВЦ «Крокус Экспо»,
отель «Аквариум», в рамках выставки
«Bauma CTT RUSSIA 2019»

www.fc-union.com, info@fc-union.com
тел.: +7 (495) 66-55-014, моб.: +7 916 36-857-36


Генеральные информационные партнеры

ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ИЗЫСКАНИЯ

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

с банком данных свыше 50 тыс. единиц



Даны оценки качества, несущей способности
и осадок опор Президентского моста в г. Ульяновск.
Научный руководитель Б. Кулачкин

Разработка новых методик и технологий,
know-how, запатентованные изобретения.

Опыт работы в России, странах СНГ, Республике Молдова,
Узбекистане, Монголии, Йемене, Китае, Гонконге, Эстонии,
Голландии и др.

Победитель конкурса «Дороги России — 2015»

<http://ipts-transproekt.ru/>

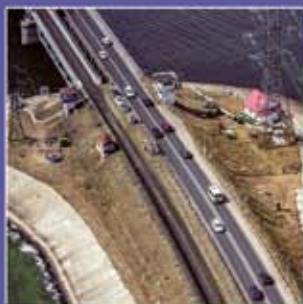




ГИПРОСТРОЙМОСТ

Инжиниринг, строительство и ремонт объектов
транспортной инфраструктуры, промышленных
и общественных зданий

Группа компаний «Гипростроймост»
выполняет полный цикл гражданского
и промышленного строительства
от этапа проектирования
до ввода в эксплуатацию



тел/факс +7(8422) 79-48-60

e-mail: secretary@gsm-ul.ru

www.gsm-ul.ru