

МОСТЫ СОЕДИНЯЮТ ЛЮДЕЙ

К 70-ЛЕТИЮ НИИ МОСТОВ

МОСТЫ СОЕДИНЯЮТ ЛЮДЕЙ

70-летняя история одного из ведущих научно-исследовательских центров транспортной отрасли России — Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-исследовательский институт мостов и дефектоскопии Федерального агентства железнодорожного транспорта»



К 70-ЛЕТИЮ НИИ МОСТОВ

МОСТЫ СОЕДИНЯЮТ ЛЮДЕЙ.

СПб.: НИИ мостов и дефектоскопии, 2016. — 188 с.

ISBN ????

В книге на основе обширного фактического материала представлена 70-летняя история одного из ведущих научно-исследовательских центров транспортной отрасли России — Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-исследовательский институт мостов и дефектоскопии Федерального агентства железнодорожного транспорта». Деятельность НИИ мостов в полной мере отразила все основные этапы развития отечественного мостостроения, возведения, эксплуатации и неразрушающего контроля искусственных сооружений и других важнейших элементов обеспечения движения на железных дорогах страны в послевоенный период. Поэтому данная книга может быть интересна не только специалистам отрасли, но и широкому кругу читателей.

Фото на обложке: Санкт-Петербург, Лазаревский мост после реконструкции. Фото с сайта shutterstock.com

ISBN 978-5-9905826-6-8



9 785990 582668

© НИИ мостов и дефектоскопии, 2016

Оглавление

6		Предисловие
8		Хронология деятельности НИИ мостов в 1946–2016 гг.
14	Глава I	Он стоял у истоков
<hr/>		
	Раздел I	В РЕЖИМЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК И ИСПЫТАНИЙ
28	Глава II	Разбег: поиск оптимальных кон- струкций, материалов и технологий сварки мостов
50	Глава III	Пора зрелости НИИ мостов: главные испытания
76	Глава IV	Петербургский акцент НИИ мостов
88	Глава V	Проверка по олимпийскому счету
106	Глава VI	Надежный эффект новизны
<hr/>		
	Раздел II	РАБОЧИЕ ШАГИ ДЕФЕКТОСКОПИИ
118	Глава VII	История о том, как призвали ультразвук на службу неразрушаю- щего контроля объектов транспорта и промышленности
133	Глава VIII	УЗД — эффективный контролер качества сварных мостов
146	Глава IX	Эволюция и революции в рельсовой дефектоскопии
154	Глава X	Колеса диктуют вагонные, что надо проверить и их
<hr/>		
		Заключение
169	Глава XI	XXI век: верность традициям и новые проекты НИИ мостов

Предисловие

По меркам человеческой жизни 70 лет — пора подведения итогов. Предприятия и организации живут в другом измерении. Возраст одних исчисляется столетиями, другие быстро исчезают, не оставив и следа. Надолго остаются лишь те компании, чьи услуги постоянно востребованы людьми, те, без которых трудно представить развитие важнейших отраслей экономики.

НИИ мостов — из числа именно таких организаций. Основная сфера деятельности института связана с возведением и эксплуатацией мостов и других искусственных сооружений — с делом, которым люди занимаются уже многие тысячелетия. И будут заниматься всегда, потому что на Земле еще очень много преград, через которые нужно перекинуть мосты, бесконечно много мест, куда нужно провести дороги. А уже построенные сооружения требуют постоянного обслуживания и своевременной реконструкции. И всегда будут востребованы услуги высококвалифицированных специалистов-мостовиков, способных быстро и качественно выполнить самые сложные проекты.

Как ни парадоксально, но своим появлением на свет Научно-исследовательский институт мостов обязан самой страшной войне в истории человечества. Институт был создан в 1946 году, в пору колоссальных разрушений на дорогах, и был призван обеспечить быстрое и надежное восстановление мостов на основе исследований и внедрения самых прогрессивных на тот момент технологий сварки пролетных строений. И с этой своей первой главной задачей коллектив НИИ блестяще справился.

В родословной НИИ мостов важнейшее место занимает один из ведущих инженерных вузов страны — Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта, ныне — Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. И создавали НИИ мостов, и основными его сотрудниками всегда были и остаются преподаватели и выпускники ЛИИЖТа — ПГУПСа. Главная роль в организации и становлении института принадлежит одному из руководителей школы отечественного мостостроения профессору Константину Георгиевичу Протасову, ставшему первым директором НИИ, а впоследствии — ректором ЛИИЖТа. Кровная, органическая связь двух учреждений — учебного и научно-исследовательского — сохраняется и поныне.

Эта книга — первая попытка подробно рассказать об основных этапах развития НИИ мостов, важнейших проектах и разработках. Сделать это было непросто, потому что в нашей стране трудно найти мосты и дороги, где бы не нашли применение идеи и предложения сотрудников института.

Да и во многих зарубежных государствах можно бесконечно водить экскурсии по объектам, где реализованы исследовательская мысль и новаторские инженерные подходы НИИ мостов.

С 2005 года институт носит свое нынешнее название Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт мостов и дефектоскопии Федерального агентства железнодорожного транспорта». Тем самым в названии института отражены два ведущих направления его деятельности: испытания мостов и конструкций, а также работы в сфере ультразвуковой дефектоскопии сварных конструкций мостов, рельсов, колесных пар, деталей и узлов вагонов и других ответственных элементов железнодорожного транспорта. Книга предлагает читателям последовательно погрузиться в хронологию развития этих важнейших направлений, представленных двумя основными разделами.

В основе излагаемого материала — научные поиски и конкретные проекты, реализованные НИИ мостов. Поэтому книга не носит развлекательного характера — она адресована тем, кому интересно поближе познакомиться с деятельностью известного и авторитетного научно-исследовательского института, сумевшего пройти через потери и обретения трудный путь к своей творческой зрелости.

В НИИ мостов работают сегодня и ровесники института, и те, кто намного его младше. Благодаря устойчивому экономическому положению предприятия, обеспеченному сплавом мудрого научного опыта и энергичной инициативной молодости сотрудников, НИИ мостов успешно развивается, формируя портфель заказов на длительную перспективу.

Участвуя в строительстве мостов, соединяющих берега, помогая прокладывать дороги, ведущие людей друг к другу, в институте смогли на основе большого дела объединить специалистов разных возрастов в компактный и очень эффективный по итогам своего труда коллектив. Это и есть главное достояние НИИ мостов в канун 70-летия. Это основа, на которой обязательно вырастут новые достижения и будут реализованы новые уникальные проекты.

Эта книга — первая попытка подробно рассказать об основных этапах развития НИИ мостов, важнейших проектах и разработках. Сделать это было непросто, потому что в нашей стране трудно найти мосты и дороги, где бы не нашли применение идеи и предложения сотрудников института. Да и во многих зарубежных государствах можно бесконечно водить экскурсии по объектам, где реализованы исследовательская мысль и новаторские инженерные подходы НИИ мостов

Хронология деятельности НИИ мостов

1946—2015 гг.



1946 ГОД, 31 ИЮЛЯ

Издано постановление Совета Министров СССР № 1709 о создании Научно-исследовательского института мостов. Институт создан по инициативе зав. кафедрой «Мосты» ЛИИЖТа д.т.н., профессора К. Г. Протасова, ставшего первым директором (начальником) НИИ мостов.

1946 ГОД, 7 ДЕКАБРЯ

Выпущен Приказ министра путей сообщения СССР № 868 Ц о создании НИИ мостов, утверждено Положение и определены основные направления деятельности института:

- 1) выработка технологии и оборудования для создания типовых сварных металлических пролетных строений;
- 2) изыскания рациональных типов мостовых конструкций для индустриального изготовления и скоростного строительства мостов;
- 3) разработка новых методов производства работ по строительству мостов;
- 4) изучение мостового хозяйства МПС и обобщение опыта эксплуатации мостов;
- 5) разработка и изготовление опытных образцов новых типов измерительных приборов, применяемых при эксплуатации мостов и в путевом хозяйстве.



1969 год. Профессор К. Г. Протасов принимает защиту курсового проекта. Крайний слева — ассистент Г. И. Богданов

Экспериментальная проверка технологии надвигки пролетного строения с применением нового антифрикционного материала

1947 ГОД

В институте создается лаборатория радио-и гаммаграфирования. Данные исследования проводились в то время, когда еще не была известна принципиальная возможность ультразвукового контроля сварных швов вообще. Работы выполнялись в тесном сотрудничестве с НИИХИММАШ, МВТУ им. Н. Э. Баумана и ЦНИИТМАШ.

1953 ГОД

На мосту через реку Болву на Московской железной дороге были установлены два опытных

цельносварных пролетных строения длиной по 66 м, одно из которых было разработано в НИИ мостов, другое — в Институте электросварки. Впервые в практике мостостроения автоматическая сварка была использована не только в заводских условиях, но и на монтаже.

1953 ГОД

Построен небольшой мост через реку Медянку Куйбышевской железной дороги, ставший первым в стране искусственным сооружением, где применены новые конструкции и технология сооружения бесконсольных фундаментов глубокого заложения. Они были разработаны в конце 1940-х — начале 1950-х годов сотрудниками НИИ мостов в содружестве с Ленгипротрансмостом. Впервые на практике были реализованы предложения по конструкции железобетонных свай-оболочек, создан низкочастотный вибратор-погружатель.

1954 ГОД

Новый тип фундаментов был применен на строительстве большого железнодорожного моста длиной около 300 м через реку Клязьму у г. Коврова. Успешное строительство этих мостов доказало техническую состоятельность новых подходов к сооружению фундаментов опор и явилось основой для широкого распространения этого прогрессивного типа конструкций. В 1955 г. с помощью разработанных в НИИ мостов первых вибропогружателей установлены сборные железобетонные оболочки на мосту через реку Янцзы в Китае.

1954–1955 ГГ.

Обоснована методология ультразвукового контроля стыковых сварных соединений. Она стала итогом совместной работы с НИИ-ХИММАШ, МВТУ им. Н. Э. Баумана и ЦНИИТМАШ.

С 1954 ГОДА

На основе совместных разработок создаются первые образцы специализированных дефектоскопов для ультразвукового контроля сварных соединений, имеющие ряд принципиальных отличий от зарубежных аналогов, в частности, такие как УЗД-НИИМ-2 (1954 г.), УЗД-НИИМ-3 (1956 г.), УЗД-НИИМ-5 (1957 г.).

1956–1957 ГГ.

Разрабатываются и утверждаются «Правила контроля сварных соединений при изготовлении пролетных строений железнодорожных мостов», где метод ультразвуковой дефектоскопии предусматривается для окончательной оценки качества стыковых и тавровых соединений. Таким образом, мостостроение явилось первой отраслью, применившей ультразвуковую дефектоскопию для окончательной оценки качества сварных соединений. С этого времени ультразвуковой метод — основной метод контроля сварных соединений при изготовлении пролетных строений на всех мостовых заводах и сборке пролетных строений на монтаже.

С 1950-Х ГОДОВ

НИИ мостов в тесном контакте с ведущими научно-исследовательскими, проектными институтами и мостовыми заводами страны выполнил ряд актуальных исследований и разработок, направленных на дальнейшее совершенствование конструкций металлических железнодорожных мостов. Исследованы, рекомендованы и несколько десятилетий применяются в мостостроении низколегированные стали марок 15ХСНД и 10Г2СД, замкнутые коробчатые

бездиафрагменные типы сечений элементов решетчатых главных ферм пролетных строений мостов. Разработаны сварочные автоматы и технологические приемы сварки, позволяющие существенно повысить производительность работ при обеспечении их высокого качества и минимального расхода сварочных материалов.

1950-Е ГГ.

На станции Предпортовая Октябрьской железной дороги создается полигон для экспериментальных исследований, проводимых НИИ мостов. В 1960-е годы на полигоне введены в действие лабораторные корпуса для испытаний мостовых конструкций, корпус сварки и механических мастерских, здания для размещения вспомогательных служб.

1959 ГОД

Под техническим руководством сотрудников НИИ мостов на монтаже пролетного строения длиной 48 м через реку Тезу на Северной железной дороге впервые в СССР осуществлено использование высокопрочных болтов при строительстве мостов. Уже первый опыт применения этого прогрессивного вида соединений позволил в три-четыре раза уменьшить



Первый вагон-лаборатория мостостанции НИИ мостов. Этот вагон позволял сотрудникам и их коллегам добираться по железной дороге до любой точки страны, где проводились испытания мостов

трудоемкость монтажных работ по сравнению с клепкой.

1961 ГОД

ЦП МПС утверждена методика и инструкция по ультразвуковому контролю сварных стыков рельсов на РСП, разработанные в НИИ мостов.

1962 ГОД, АПРЕЛЬ

За разработку и внедрение в строительство бескессонных фундаментов глубокого заложения из сборного железобетона Ленинская премия присуждена Борису Павловичу Татарникову и Леониду Ивановичу Васильеву, осуществлявшим эти работы в НИИ мостов.

1965 ГОД

Разработанное в НИИ мостов совместно с другими организациями «Положение о применении ультразвуковой дефектоскопии для контроля качества сварных соединений» утверждено как общесоюзное и явилось основой созданных институтом позднее семи государственных стандартов. К значительным научным результатам в области ультразвуковой дефектоскопии, полученным в НИИ мостов, относятся разработка теории автоматизированного ультразвукового контроля сварных соединений, создание автоматизированных компьютерных систем обработки данных скоростного контроля рельсов.

К 1965 ГОДУ

Ультразвуковой контроль стал неотъемлемой частью технологического процесса на РСП, а с 1968 года — и в пути. Институт является одним из признанных лидеров в создании, совершенствовании и внедрении в широкую практику железнодорожной отрасли методов и средств неразрушающего контроля сварных соединений.

1967 ГОД

Впервые в отечественной практике при техническом руководстве НИИ мостов Мостостроем-5 применена бескатковая надвигка на строительстве виадука через овраг Лорупе на автодороге Псков — Рига. В НИИ мостов в 1960-х годах были осуществлены всесторонние исследования свойств антифрикционных материалов типа

фторопласт, нафтлен, металлофторопластовая лента, разработаны конструкции накаточных устройств и технология производства работ. Это позволило применять бескатковую надвигку пролетных строений на опоры, что привело к значительному уменьшению металлоемкости и стоимости накаточных путей, снижению трудоемкости и сроков монтажа.

С 1970-Х ГОДОВ

В институте ведутся теоретические, экспериментальные и опытно-производственные работы по созданию и совершенствованию безбалластного мостового полотна на железобетонных плитах для эксплуатируемых и вновь сооружаемых металлических мостов. Первое опытное безбалластное мостовое полотно из железобетонных плит конструкции НИИ мостов было уложено на путепроводе через Земледельческую улицу в Ленинграде, на Октябрьской железной дороге на мосту 133 км линии Санкт-Петербург — Москва, а затем на мостах Московской, Прибалтийской и других железных дорог.

В 1975 ГОДУ

Безбалластное мостовое полотно уложено на мосту через реку Амур в Комсомольске-на-Амуре, в 1987 году — на новом Финляндском мосту через реку Неву в Ленинграде.

В деятельности НИИ

мостов уже в первые десятилетия определились два основных направления работы: одно из них было нацелено на испытания и совершенствование конструкций мостов и других искусственных сооружений на дорогах, а другое сконцентрировалось на повышении надежности и контроле качества возводимых и уже действующих объектов на основе ультразвуковой дефектоскопии, оно получило название «неразрушающий контроль»



Полевые работы на Байкало-Амурской магистрали

Безбалластное мостовое полотно конструкции НИИ мостов получило широкое распространение и является типовым. В последующие годы продолжались работы по совершенствованию узлов прикрепления железобетонных плит к балкам проезжей части, по повышению долговечности конструкции.

1977 ГОД

При отделе ультразвуковой дефектоскопии НИИ мостов впервые в СССР создана соответствующая базовая кафедра ЛИИЖТа, открыт специальный факультет для послевузовской переподготовки инженеров по неразрушающему контролю.

1978 ГОД

Освоено производство новых приборов для ультразвуковой дефектоскопии агрегатированного комплекса типа «Рельс» («Рельс-4», «Рельс-5», «Рельс-6»), которые совместно с первым дефектоскопом многоцелевого назначения УЗД-НИИМ-6М до сих пор успешно обеспечивают рельсовую дефектоскопию на всей сети РЖД.

1979 ГОД

На мосту через реку Ловать Октябрьской железной дороги установлено первое в нашей стране опытное 66-метровое болто-сварное пролетное строение, элементы главных ферм которого выполнены в виде сварных герметически замкнутых коробчатых элементов. Конструкция создана на Воронежском мостовом заводе по проекту института Гипротрансмост при научно-технической помощи НИИ мостов.

1980–1983 ГГ.

При строительстве моста через реку Красную в Ханое (Вьетнам) был реализован посредством специального устройства РУППС для контроля 18 тыс. м стыковых соединений способ продольно-поперечного перемещения ПЭП с переменным шагом сканирования. В последние десятилетия этот способ сканирования используется и при контроле стыковых сварных соединений дельта-методом.



Открытие очередной конференции по неразрушающему контролю В. Е. Павловым — ректором ЛИИЖТа — ПГУПС в 1989–1999 гг.

1980–1990 ГГ.

В тематике научно-исследовательских работ института важнейшее место занимает разработка наиболее актуальных вопросов эксплуатации искусственных сооружений. Происходящие изменения в условиях эксплуатации мостов требуют объективной оценки возможности и условий безопасного пропуска по ним поездных нагрузок, существенно отличающихся по схемам и величинам от тех, которые в свое время учитывались при их проектировании. Для решения такой задачи необходимы надежные способы расчетной оценки грузоподъемности эксплуатируемых сооружений и силового воздействия на них различных типов подвижного состава, включая намеченные к перспективному применению. НИИ мостов в содружестве с Департаментом пути и сооружений МПС России и МИИТом усовершенствовал такую расчетную систему, широко используемую на всей сети железных дорог. При этом методы оценки несущей способности железобетонных мостов созданы впервые в мировой практике.

1981 ГОД, 6 АВГУСТА

За научную разработку и внедрение в проектирование и строительство принципов, методов работ

и приборов для ультразвуковой дефектоскопии сварных соединений Премии Совета Министров СССР удостоен Анатолий Константинович Гурвич, главный научный сотрудник отдела УЗД НИИ мостов.

1990-Е ГОДЫ

В НИИ мостов совместно с ВНИИЖТ, НИКИМТ и другими организациями проводятся работы по совершенствованию системы неразрушающего контроля деталей и узлов вагонов. Выполнены исследования методов, разработка и освоение серийного выпуска дефектоскопа УДС1-22 (1992 г.) и устройств УСК-3 (1995 г.), обеспечено широкое внедрение технологий ультразвукового контроля элементов колесных пар, а также сварных швов котлов цистерн вагонов.

2000 ГОД, 9 МАРТА

Указанием МПС России № И-503у на НИИ мостов возложены функции головной организации железнодорожного транспорта в области:

— Создания и экспертизы технологий, нормативных документов, проведения научных исследований по вопросам изготовления, эксплуатации и строительства инженерных сооружений, выполнения работ по инспекции качества изготовления,

строительства и эксплуатации искусственных сооружений;

— Метрологической экспертизы методов, средств, технологий и нормативных документов по неразрушающему контролю на железнодорожном транспорте, а также методического руководства единой системой сертификации персонала и аккредитации подразделений неразрушающего контроля технических объектов железнодорожного транспорта.

2001 ГОД

НИИ мостов подготовлены и выпущены «Временные технические условия на проектирование и строительство моста через пролив Невельского (о. Сахалин)». Институт является в системе железных дорог основным разработчиком нормативной документации по эксплуатации инженерных сооружений и по подготовке норм на проектирование и строительство искусственных сооружений и конструкций.

2001 ГОД

НИИ мостов совместно с СибГУПС (г. Новосибирск) внедрил в промышленную эксплуатацию на всей сети железных дорог России

автоматизированную систему управления эксплуатацией и ремонтом пути и сооружений (АСУ ИССО_Win).

2002 ГОД

Подготовлены технические указания по применению металлоконструкций из стали марок 14ХГНДЦ, 10ХСНДА, 15ХСНДА, 09Г2С по ТУ 14-1-5355-98, ТУ 14-1-5120-92 и ГОСТ 19281 для пролетных строений железнодорожных мостов.

2002 ГОД И ДАЛЕЕ

НИИ мостов проведены многочисленные испытания и разработаны основные конструктивные решения пешеходных мостов, изготовленных из композиционных материалов с использованием метода пултрузии. В дальнейшем с участием института разработан типовой проект и реализованы проекты по строительству первых пешеходных композиционных мостов.

2002–2004 ГОДЫ

Разработка методики диагностики металлических пролетных строений, построенных по нормам 1907–1934 гг. с проведением следующих этапов:

1. Обследования и испытания пролетных строений постройки 1900–1931 годов с анализом характера дефектов и акты об отборе проб металла.

2. Исследование свойств и характеристик металла пролетных строений постройки 1900–1920 годов.

3. Исследование характеристик сопротивления усталости металла пролетных строений постройки 1900–1910-х годов.

2004 ГОД

Разработка Специальных технических условий проектирования мостового перехода через пролив Невельского.

2005–2006 ГОДЫ

Разработка инструкции по применению и проектированию безбалластного мостового полотна на железобетонных плитах на металлических пролетных строениях железнодорожных мостов.

2007 ГОД

Разработка технических решений по применению металлических гофрированных конструкций для водопропускных труб и арок.

2008 ГОД

Разработка временных технических условий на устройство, укладку и эксплуатацию бесстыкового пути на безбалластных металлических мостах с железобетонными плитами и мостах с ездой по балласту с эксплуатационной проверкой работы бесстыкового пути на мостах через реку Веребье и через реку Волгу. Разработка технических указаний на устройство опытной конструкции бесстыкового пути на мосту через Обводный канал в Санкт-Петербурге железнодорожной линии Санкт-Петербург — Москва Октябрьской железной дороги. Разработка технических указаний на укладку пути I и II главных путей на мосту через реку Мсту Октябрьской железной дороги.

Исследования арматурной стали из конструкций уникального арочного железобетонного моста пролетом 116 м через канал имени Москвы на 633 км линии Санкт-Петербург — Москва, запроектированного под нагрузку Н-8 под четыре железнодорожных пути



Обследование сотрудниками НИИ мостов железнодорожного моста через реку Суур-Эмайыги на км 419 + 93 перегона Тапа — Тарту в 2015 году

1935 года постройки и оценка несущей способности железобетонных подвесок моста под воздействием предполагаемых ударных нагрузок от схода поезда при низких температурах. По результатам исследования судьба уникального сооружения была решена в пользу продления срока его службы.

2008–2010 ГОДЫ

Разработка Специальных технических условий на проектирование мостовых сооружений под нагрузку С11 по объектам: «Строительство совмещенной дороги Адлер — нижняя станция горнолыжного курорта «Роза Хутор», «Адлер — аэропорт Сочи». Раздел: Унифицированные конструкции железнодорожных пролетных строений». Разработка Специальных технических условий на проектирование устройств сейсмозащиты мостовых сооружений железнодорожной линии Адлер — аэропорт Сочи.

2009 ГОД

Разработка рекомендаций в области применения и оценки способов усиления водопропускных труб в насыпях железных и автомобильных дорог на основании результатов работы по испытаниям статической нагрузкой в грунте

железобетонных труб, усиленных металлическими гофрированными трубами, трубами NOVAS, спирально-витыми полиэтиленовыми трубами из ПЭ 63 и трубами ESLONTM GRP. По результатам выполнена сравнительная оценка и разработаны рекомендации по применению.

Разработка технических решений конструкций безбалластного мостового полотна из композитных материалов для металлических пролетных строений железнодорожных мостов.

2009–2011 ГОДЫ

Испытания статическим нагружением в грунте крупномасштабных моделей песчаных свай в геотекстильной оболочке. Песчаные сваи в геотекстильной оболочке предполагается использовать для усиления слабых оснований вновь строящихся и эксплуатируемых насыпей железных и автомобильных дорог. По результатам работы, проведенной в НИИ мостов, разработан СТО организации МосГео-Центр по применению. В 2014 г. разработан ОДМ для Росавтодор «Применение песчано-текстильных свай для усиления слабых оснований автодорог».

2010 ГОД

Экспериментально-расчетная оценка долговечности узлов одноярусной ортотропной плиты балластного корыта пролетных строений железнодорожных мостов (при циклическом нагружении крупномасштабных моделей на пресс-пульсаторе) по титулу «Совмещенная (автомобильная и железная) дорога Адлер — Горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» (Проектные и изыскательские работы, строительство). Проект. Раздел: Унифицированные конструкции железнодорожных пролетных строений».

Разработка Специальных технических условий на проектирование стальных пролетных строений с ортотропной плитой для мостовых сооружений железнодорожной линии Адлер — аэропорт Сочи.

2013 ГОД

Разработка нормативного документа по содержанию железнодорожных мостовых сооружений ОАО «Газпром», эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера.

2015 ГОД

Лабораторные испытания на выносливость стальных образцов, вырезанных из металла снятых с эксплуатации пролетных строений, для переработки методики оценки остаточного усталостного ресурса стальных пролетных строений с разработкой методики испытаний. Анализ испытаний на долговечность стальных образцов, вырезанных из элементов пролетных строений старых норм проектирования, снятых с эксплуатации для разработки новой редакции Руководства по определению грузоподъемности металлических пролетных строений железнодорожных мостов. Работа выполнена по заказу ОАО «РЖД».

Проведены испытания трех сооружений, принадлежащих Эстонской железной дороге: виадук на 110,290 км перегона Таллин — Тапа под четыре пути, мост на 4,490 км на первом главном пути участка Лагеди — Мууга через реку Пириту, металлический мост на 419,930 км перегона Тапа — Тарту.

2015–2016 ГОДЫ

Проведены серии усталостных испытаний стыковых соединений выполненных лазерной, гибридно-лазерной сваркой и сварных соединений с угловыми поперечными швами, выполненных лазерной сваркой.

Получены значения пределов выносливости сварных стыковых соединений, выполненных лазерной сваркой. Они соответствуют пределам выносливости основного металла (сталь 10ХСНД) и сварных стыковых соединений, выполненных автоматической сваркой.

Эффективный коэффициент концентрации напряжений $V = 2,30$, для соединений с поперечными угловыми сварными швами, выполненных лазерной сваркой, не превышает значения эффективного коэффициента концентрации напряжений для таких соединений, выполненных автоматической сваркой.

Полученные результаты позволяют в перспективе рассматривать применение лазерной сварки при изготовлении конструкций металлических мостов.

За семь десятилетий НИИ мостов зарекомендовал себя надежным деловым партнером, постоянно обеспечивая объективность результатов исследований и испытаний, высокое качество оказываемых услуг. Коллектив института, накопив высокий научно-технический потенциал, на деле доказал, что способен осуществлять крупные комплексные проекты в России и за рубежом

Он стоял у истоков

Глава I

Идея создания научно-исследовательского института мостов была востребована временем. Но она была реализована во многом благодаря инициативе и настойчивости человека, острее других ощущавшего потребность в появлении специализированного научного учреждения, способного предложить комплексные и перспективные разработки по восстановлению и развитию израненного войной мостового хозяйства страны. Таким человеком, прекрасно сочетавшим качества ученого и администратора, стал Константин Георгиевич Протасов.

С полным правом можно утверждать, что новорожденному институту чрезвычайно повезло со своим основателем. К этому моменту за его плечами уже был солидный багаж знаний известного ученого, богатый опыт работы в качестве руководителя больших научных и проектных коллективов, в том числе — в экстремальных условиях войны с фашистской Германией.

Константин Георгиевич Протасов родился в 1903 году в Саратове в семье железнодорожника. Отец сызмальства работал на дороге, дослужился до машиниста паровоза. После крушения поезда Георгий Анисимович стал инвалидом и вскоре умер. Мать не выдержала тягот по содержанию пятерых детей, в 10-летнем возрасте Костя осиротел. Его приютила семья брата матери, также работавшего машинистом в паровозном депо станции Ртищево. Мальчик вырос на железной дороге, поэтому неудивительно, что с ней будет связана вся его дальнейшая судьба.

В 20 лет, после службы добровольцем в Красной армии и учебы на рабфаке в Саратовском университете, Константин поступает в Петроградский институт гражданских инженеров (ныне Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет), но вскоре переводится на мостовое отделение сухопутного факультета Петроградского института инженеров путей сообщения. Так им был сделан окончательный выбор профессиональной деятельности и основного места работы в дальнейшей жизни.

Уже на студенческой скамье способного юношу приметил профессор Г. П. Передерий, один из самых выдающихся специалистов в области теории и практики отечественного мостостроения. После окончания института в 1929 году К. Г. Протасов уехал работать в Забайкалье инженером по изысканиям на станции Пашенная-Букачача, но спустя полгода по настоянию и рекомендации Г. П. Передерия он поступает в аспирантуру Ленинградского института инженеров путей сообщения. Вскоре он начинает работать на кафедре «Мосты», занимаясь расчетами и проектированием арочных пролетных строений.



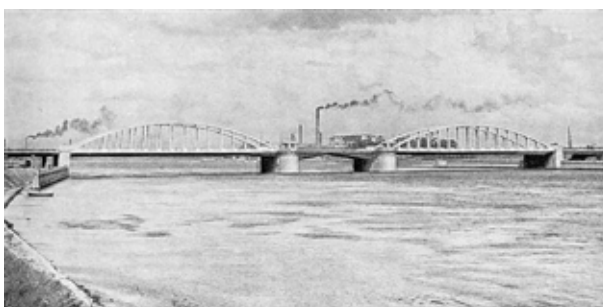
**Константин Георгиевич Протасов
(1903–1975)**



**Григорий Петрович Передерий
(1871–1953)**
генерал-директор пути и строительства 1 ранга, инженер, мостостроитель, академик АН СССР (1943)



**Испытание модели арок
на строительстве Володарского
моста (1930-е годы)**

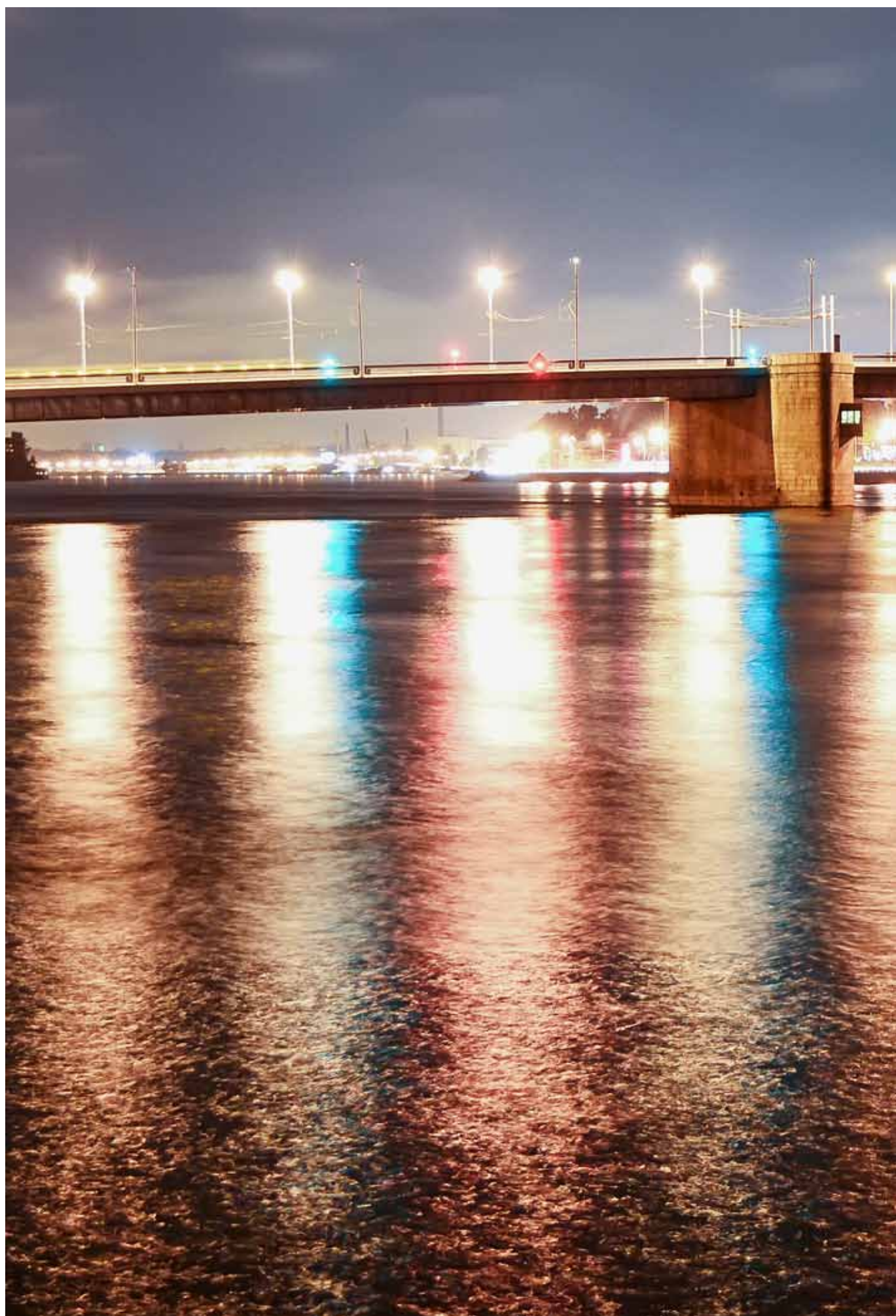


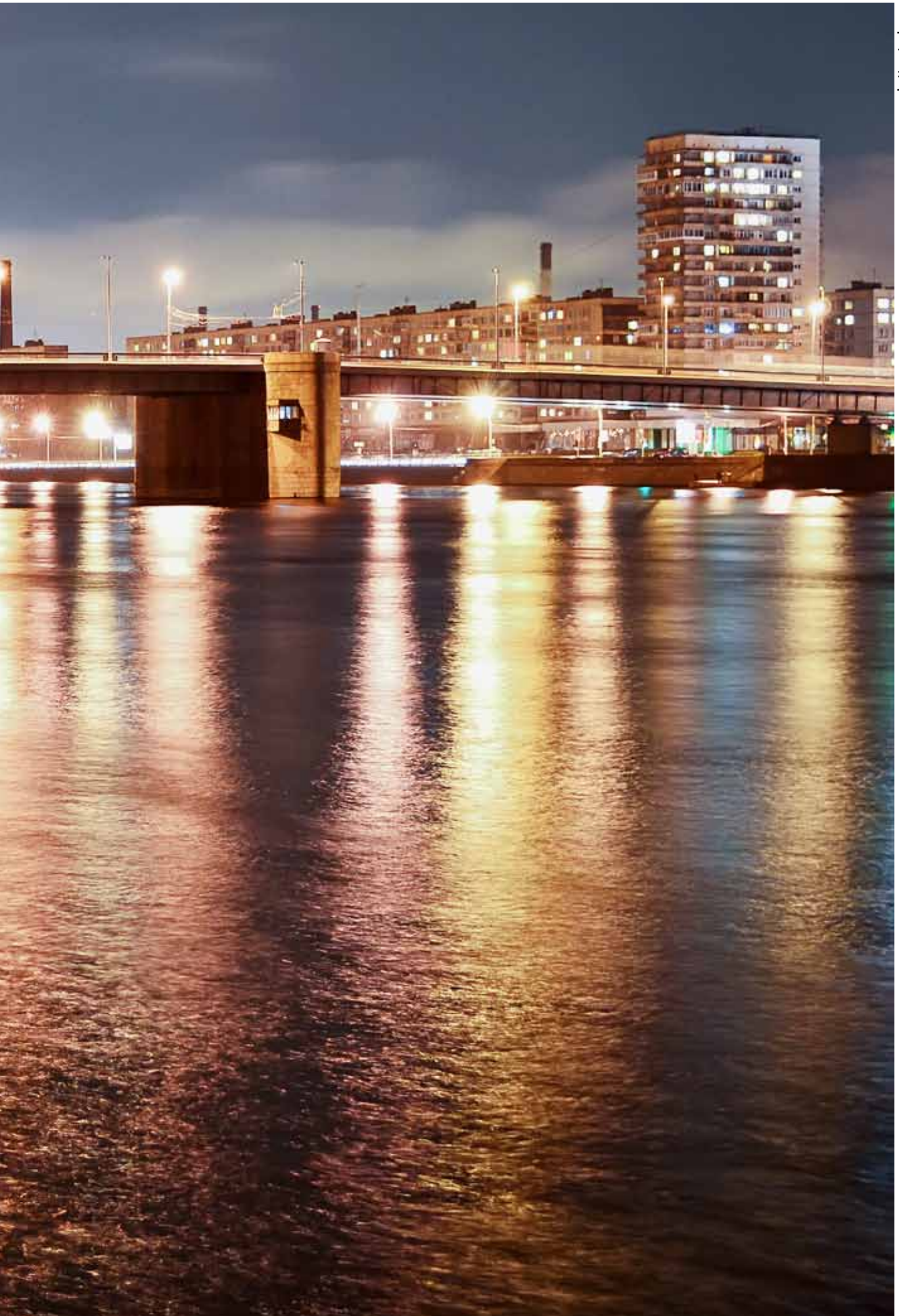
Эти исследования лягут в основу его кандидатской диссертации, посвященной выбору рациональных типов мостовых арок.

Работа над кандидатской диссертацией растянулась у К.Г.Протасова на 10 лет, поскольку в эти годы он отдает предпочтение практической деятельности в проектной конторе Лентрансмостпроект (ныне проектный институт ОАО «Трансмост»), где пройдет путь от инженера-конструктора до начальника конторы, а также в созданной при ЛИИЖТе Ленинградской проектной конторе ЦУССТРОЯ. Главной задачей этой конторы было проектирование железнодорожного моста через Волгу у Саратова. Начальником конторы был назначен Г.П.Передерий, но фактическое административное руководство конторой пришлось осуществлять его молодому ученику. А в 30 лет Протасов возглавил контору уже на основе официального приказа.

В эти годы в постоянном и тесном сотрудничестве со своим наставником Константин Георгиевич осваивал фундаментальные подходы к мостостроению, когда глубоко сочетаются смелость и новизна проектирования с экономичностью строительства и эксплуатации мостов. Протасов в довоенный период занимался изысканиями и проектированием таких крупных мостов, как через Амур у Комсомольска, через Неву на железнодорожной линии на Мгу. Под руководством академика Г.П.Передерия, выступавшего автором проекта, он участвовал в обсуждениях самых первых набросков Володарского моста, занимался внедрением сварки при реконструкции в 1930-х годах моста Лейтенанта Шмидта (сейчас — Благовещенского). Одним из главных принципов в своей работе

**На стр. 16–17:
Володарский мост через реку Неву,
Санкт-Петербург**





shutterstock.com



именно в эти годы Протасов выбрал обязательное сочетание изыскательской и проектной деятельности. Он не просиживал штаны в конторе, а постоянно выезжал на места, где предстояло возводить новые искусственные сооружения.

Одновременно К.Г.Протасов продолжал научное осмысление практики возведения мостов. Его первые заметные научные работы «Равнопрочность железобетонных мостов», «Формулы для расчета рам» (1934 год), «Система разводки наплавных мостов» (1935 год) и другие, посвященные актуальным вопросам совершенствования конструкций и методов расчета мостов, получили высокие оценки специалистов.

К началу Великой Отечественной войны Константин Георгиевич уже был признанным авторитетом в области мостостроения. И как специалист был сразу задействован в создании инженерных заградительных сооружений на южных подступах к Ленинграду между станциями Толмачево и Батецкая. После начала блокады города он вместе с группой инженеров-мостовиков занимается созданием переправ через Неву у Финляндского моста и около Невской Дубровки, через Ладогу.

С января 1942 года К.Г.Протасов начинает работать в Главном управлении военно-восстановительных работ Народного Комиссариата путей сообщения страны, сначала в должности заместителя, а через год — начальника технического отдела. По сути, отдел стал штабом тяжелейшей борьбы за выживание и поддержание в постоянном рабочем режиме железнодорожных магистралей, где мосты были для врага наиболее притягательным для разрушения объектом. Они чаще всего страдали в ходе боевых действий, обстрелов и налетов авиации. Оперативное восстановление мостов и в целом железных дорог было задачей стратегической важности. И этому всецело способствовала деятельность технического отдела ГУВВР

**Фрагмент диорамы
«Прорыв блокады Ленинграда»
в Кировске**



К началу Великой Отечественной войны Константин Георгиевич был задействован в создании инженерных заградительных сооружений на южных подступах к Ленинграду между станциями Толмачево и Батецкая. После начала блокады города он вместе с группой инженеров-мостовиков занимается созданием переправ через Неву у Финляндского моста и около Невской Дубровки, через Ладогу

наркомата путей сообщения, подготовившего за годы войны около 80 наставлений, технических условий и руководств по восстановлению железных дорог, мостов и других искусственных сооружений.

Константин Георгиевич Протасов был до предела загружен оперативной, организационной и научно-методической работой, но в то же время непосредственно участвовал в разработке проектов и восстановлении таких важнейших сооружений, как мост через Оку у Алексина, через Днепр в Черкассах, через реку Рось у Корсунь-Шевченковского и ряда других. Титанический труд К.Г.Протасова во главе отдела был отмечен орденами Трудового Красного Знамени (1943 год) и Отечественной войны II степени (1945 год), а также несколькими медалями. Позднее он будет еще неоднократно получать высокие правительственные награды.

В августе 1944 года, когда победный исход войны с фашизмом уже не вызывал сомнений, а фронт стремительными темпами отодвигался на запад, и все острее вставала задача восстановления разрушенного, Константин Георгиевич получает назначение на должность начальника отделения строительства и проектирования железных дорог Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. В этот период с его непосредственным участием разрабатываются масштабные проекты восстановления пострадавших от войны магистралей и строительства новых дорог с учетом серьезных изменений в хозяйственной инфраструктуре страны.

Годы войны приучили К.Г.Протасова работать в крайне напряженном режиме. Даже в это сложное время он не оставляет научной работы, став в 1942 году заведующим кафедрой «Мосты» ЛИИЖТа, которую он потом возглавлял свыше 30 лет до самой смерти в январе 1975 года. Вскоре после окончания войны он защищает докторскую диссертацию на тему «Расчет статически неопределимых мостовых ферм с учетом пластических деформаций. Метод начальных усилий». Высказанные в докторской диссертации идеи расчета мостовых конструкций методом предельных состояний, по оценке специалистов, на десятилетия опередили практику реального проектирования мостов. В 1946 году К.Г.Протасову присуждается ученая степень доктора технических наук, присваивается звание профессора.

Прекрасно зная состояние транспортных магистралей в израненной войной стране, К.Г.Протасов как никто другой понимал необходимость новаторского подхода к их восстановлению и развитию. В годы войны ремонт разрушенных путей и сооружений велся стремительно, но без соответствующего запаса прочности, зачастую с нарушением технологий, с использованием недолговечных материалов. Теперь дороги надо было переводить на безопасную и долговременную службу. В создании таких проектов требовалось действовать оперативно, при этом обеспечивая их высокое качество. Протасов сознавал, что такая задача будет под силу только специализированному научному учреждению, где для ее решения



Коллектив Мостового бюро кафедры «Мосты». В первом ряду слева — К. Г. Протасов

должны быть собраны в единый кулак очень квалифицированные специалисты.

Очевидно, что идея создания такого учреждения пришла к Протасову, когда он вышел на самые высокие рубежи своей научной и административной деятельности. Его безупречный труд на всех должностях и заслуженная репутация видного ученого в сфере мостостроения, безусловно, сыграли решающую роль в том, что инициатива К. Г. Протасова по созданию научно-исследовательского института мостов при ЛИИЖТе довольно оперативно получила поддержку в руководстве отрасли и в Правительстве СССР.

В результате 31.07.1946 г. вышло Постановление Совета Министров СССР № 1709 о создании Научно-исследовательского института мостов. В его исполнение был издан приказ Министра путей сообщения СССР от 7.12.1946 г. № 868 Ц.

В приказе о создании института и положении о нем были определены основные направления его деятельности:

- 1) выработка технологии и оборудования для создания типовых сварных металлических пролетных строений;
- 2) изыскания рациональных типов мостовых конструкций для индустриального изготовления и скоростного строительства мостов;
- 3) разработка новых методов производства работ по строительству мостов;
- 4) изучение мостового хозяйства МПС и обобщение опыта эксплуатации мостов;
- 5) разработка и изготовление опытных образцов новых типов измерительных приборов, применяемых при эксплуатации мостов и в путевом хозяйстве.

Первым директором НИИ мостов был назначен инициатор его создания доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Мосты» ЛИИЖТа Константин Георгиевич Протасов.

Основные работы по формированию структуры института и его материальной базы развернулись уже в 1947 году. Были созданы отделы сварки, металлических мостов, опор, железобетонных конструкций, лаборатории сварки и контроля. На

Для НИИ мостов Константин Георгиевич Протасов стал не только основателем, добившимся создания нового научно-исследовательского учреждения и сформировавшим дееспособную команду, но и главным генератором идей, определивших стратегию деятельности института на десятилетия вперед

Выдающиеся ученые ЛИИЖТа. Сидят: заслуженные деятели науки и техники РСФСР профессора А. А. Яблонский, Ю. А. Лиманов, В. Н. Листов, П. Я. Гордеенко, К. Г. Протасов. Стоят: заслуженный работник культуры РСФСР Н. И. Афанасьев, заслуженные деятели науки и техники РСФСР профессора А. В. Саталкин, Е. А. Алексеев (1971 год)



**ВЛАДИМИР ЕГОРОВИЧ
ПАВЛОВ**

д. т. н., профессор,
в 1989–1999 гг. — ректор
Петербургского университета
путей сообщения:

—
Основательность,
достоверность,
убежденность, умение
выслушать чужое
мнение и составить
свое, наиболее полное
и аргументированное, —
вот некоторые качества
Константина Георгиевича,
который был и достаточно
эмоциональным,
переживающим за успех
дела, за престиж
коллектива института

базе мостоиспытательной станции ЛИИЖТа была организована мостоиспытательная лаборатория института.

Авторитет Константина Георгиевича Протасова позволил привлечь к работе в НИИ мостов ряд ведущих ученых отрасли и подающих надежды молодых специалистов. Почти всех Константин Георгиевич знал лично, с большинством из них уже работал вместе на разных участках и в осуществлении конкретных проектов. Продолжая возглавлять кафедру «Мосты» ЛИИЖТа, он постоянно отбирал в свою команду еще в их студенческую пору наиболее способных и творчески мыслящих людей.

Работавший под началом К. Г. Протасова на кафедре «Мосты» и в НИИ мостов Александр Леонтьевич Брик (в 1978–2001 гг. он был заместителем директора института, а до этого длительное время возглавлял отдел НИИ) так вспоминал одно из характерных качеств своего учителя: *«Особенностью Константина Георгиевича Протасова являлась исключительная интуиция, проявляемая им при определении возможностей выпускников кафедры, а также соискателей ученых степеней. Чуть ли не после первой беседы он мог определить их будущую деятельность. По всей видимости, именно поэтому коллектив кафедры всегда состоял из сотрудников, склонных не только к преподавательской деятельности, но также умеющих творчески проводить исследования и оказывать техническую помощь в практической работе строительным и эксплуатационным организациям»*. (Константин Георгиевич Протасов. СПб.: ПГУПС. 2004, с. 43).

Конечно, не случайно, выпускники и преподаватели ЛИИЖТа с самого начала стали составлять основной костяк коллектива НИИ мостов. Такая практика формирования команды института сохранилась и во все последующие десятилетия его работы.

Для НИИ мостов К. Г. Протасов стал не только основателем, добившимся создания нового научно-исследовательского учреждения и сформировавшим творческую команду, но и главным генератором идей, определивших стратегию деятельности института на десятилетия вперед.

Важнейшим направлением деятельности НИИ с первых его шагов стало решение накопившихся проблем в широком внедрении сварки в отечественное мостостроение. До начала Великой Отечественной войны сварка на металлических мостах применялась редко. В годы войны использование сварки при оперативном восстановлении мостов и ускоренном строительстве новых сооружений осуществлялось без должной научной базы и тщательных испытаний. Это привело к возникновению на мостах массовых дефектов, прежде всего, в виде трещин. Ситуация сложилась настолько тревожная, что в 1946 году Министерство путей сообщения приняло решение прекратить изготовление сварных мостов.

В кратчайшие сроки коллективу НИИ мостов предстояло найти и предложить строителям новые формы пролетных строений металлических мостов, а также прогрессивные технологии выполнения сварочных работ, обеспечить надежный контроль качества сварных соединений. Подробнее о том, как развивалась эта деятельность, будет рассказано в следующей главе. Результаты проведенных исследований и разработок К.Г.Протасов обобщил в своих научных трудах «За внедрение сварки в мостостроение» (1949 год), «Мостовые фермы нового типа» (1951 год).

Необходимо подчеркнуть, что в этот период, возглавляя кафедру и НИИ мостов и направляя преподавательскую, исследовательскую и научную работу своих коллег, Г.К.Протасов щедро делится своим бесценным опытом, обретенным в предыдущие годы, по восстановлению и строительству искусственных сооружений. Он обобщает полученные знания, подготовив «Технические условия проектирования капитального восстановления и строительства новых мостов и труб под железную дорогу нормальной колеи (ТУПМ-47)». Эта работа, утвержденная 17 мая 1947 года министром путей сообщения СССР И.В.Ковалевым, действовала в качестве основного нормативного документа для всех инженеров-проектировщиков на железнодорожном транспорте страны в течение последующих 15 лет.

Среди тех ведущих направлений, на которых уже в первые годы была сконцентрирована деятельность НИИ мостов, особо выделяется также разработка принципиально новой конструкции металлического пролетного строения. Для цельно-сварных конструкций средних и больших пролетов К.Г.Протасов предложил пролетные строения с главными фермами комбинированной системы, имеющими балку жесткости и треугольную решетку ферм без стоек и подвесок. Большая величина панелей главных ферм и внеузловое прикрепление поперечных балок, отсутствие стоек и подвесок, возможность разбивки конструкции на крупные монтажные блоки, применение двутавровых сечений элементов — все это заметно повысило возможности эффективно использовать сварку как в заводских условиях, так и непосредственно при монтаже пролета на месте.

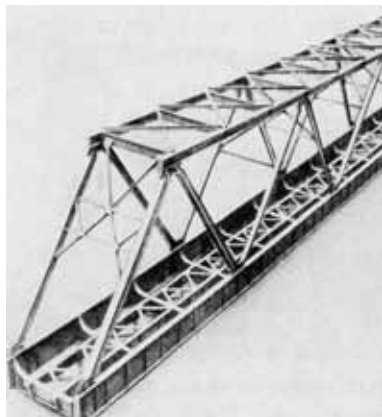
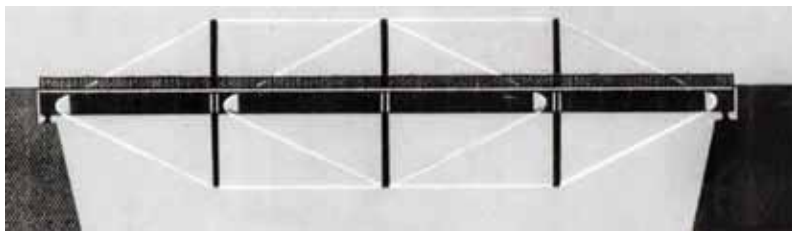
Работы по совершенствованию конструкции мостов, уменьшению их металлоемкости были тесно связаны



**АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ
ДЗЫГАЛО**

к. т. н.:

—
В моей памяти
Константин Георгиевич
Протасов остается
в высшей степени
сдержанным
в оценках событий
и рассудительным.
В его выступлениях
отсутствовал экспромт.
Он готовил решения.
Он смело брал на себя
ответственность. Я уверен,
что именно поэтому ему
было поручено возглавить
институт в тяжелые годы
после окончания Великой
Отечественной войны



Пролетное строение с новыми вантовыми формами по предложению К. Г. Протасова

Цельносварное пролетное строение комбинированной системы конструкции профессора К. Г. Протасова

Мост через реку Кузнечиху в Архангельске

с использованием в этих целях высококачественных сталей повышенной и высокой прочности. Здесь конструкторский поиск Протасова выразился, в частности, в том, что он предложил конструкцию пролетного строения с вантовыми фермами нового типа, где необходимо применить металл самой высокой прочности. Такая конструкция представляет собой внешне безраспорную вантовую систему, у которой в результате предварительного напряжения все элементы поясов и раскосов испытывают только растяжение при любом сочетании внешних нагрузок. При этом расход металла с учетом применения высокопрочных сталей оказывается примерно на 60 % меньше, чем в традиционных конструкциях пролетных строений. Эта разработка К. Г. Протасова в 1965 году была отмечена Дипломом ВДНХ.

Доктор технических наук Г. К. Протасов стоял у истоков развертывания большого цикла работ по усовершенствованию способов устройства фундаментов опор мостов. Протасов и его последователи разработали метод сооружения свайных фундаментов с помощью низкочастотных вибропогружателей. Этот оригинальный метод позволил добиться значительной экономии средств и материалов при сооружении опор мостов, существенно повысить безопасность технологических процессов. Работы в этом направлении под руководством Протасова были начаты в первой половине 1950-х гг., а позднее стали очень широко применяться в практике мостостроения.

В апреле 1962 года за разработку и внедрение в строительство бесконечных фундаментов глубокого заложения из сборного железобетона Борису Павловичу Татарникову и Леониду Ивановичу Васильеву, осуществлявшим эти работы в НИИ мостов, была присуждена Ленинская премия. Конечно, такое высокое признание этого метода заслуживает более подробного описания вклада института в его разработку, о чем и будет рассказано в дальнейших главах книги.

На стр. 24–25

Самсоновский мост через Иртыш около сибирского города Тара. Построен в 2004 г. Уникальные идеи и сложнейшие технологии были разработаны при участии специалистов НИИ мостов и ЦНИИС. Пусковые испытания проведены коллективом лаборатории института





И еще одно направление деятельности НИИ мостов, связанное с идеями К. Г. Протасова, следует обязательно отметить. Многие его труды были посвящены особенностям строительства искусственных сооружений в условиях вечной мерзлоты. Об этом, в частности, речь шла в работах «Эстакады в тундре», «Электровиброинструмент для разработки вечномерзлых грунтов», «Развитие индустриализации строительства транспортных сооружений в условиях вечной мерзлоты». Идеи ученого были активно востребованы в ходе широкого освоения месторождений Сибири и Дальнего Востока, строительства Байкало-Амурской магистрали и других железных дорог в зоне вечной мерзлоты.

В истории НИИ мостов с именем его основателя связана и традиция проведения крупных научно-технических конференций и симпозиумов по основным направлениям деятельности института, куда приглашались многие ученые и специалисты со всей страны и из-за рубежа. Константин Георгиевич Протасов справедливо полагал, что практика таких конференций существенно обогащает ее участников взаимным опытом и знаниями, помогает определять стратегию дальнейшей деятельности.

Стратегическое мышление было присуще К. Г. Протасову в полной мере. Он умел сочетать детальную работу над конкретным проектом с глубоким осмыслением общей ситуации на каждом из основных направлений деятельности института и в целом — положения дел на железнодорожном транспорте всей страны.

Характерен в этом смысле доклад К. Г. Протасова «Состояние мостового хозяйства железных дорог и некоторые задачи его совершенствования», с которым он в качестве основного сообщения выступил на пленуме научно-технического совета Министерства путей сообщения в мае 1965 года. После продолжительной дискуссии на пленуме в основу принятых решений были положены предложения К. Г. Протасова. В них были определены основные мероприятия научно-технического характера по выявлению причин образования трещин в предварительно напряженном бетоне и намечены эффективные методы борьбы с ними на всех этапах изготовления, монтажа и эксплуатации пролетных строений. *«Время показало, — вспоминал доцент кафедры «Мосты» ПГУПС, кандидат технических наук Эдуард Степанович Карапетов, — как прав был Константин Георгиевич, выдвигая столь важные в стратегическом отношении предложения..., которые, по сути дела, определили всю дальнейшую политику МПС в деле использования предварительно напряженного железобетона в железнодорожном строительстве. Здесь проявилось его умение раскрывать сущность сложных проблем и находить верные пути их разрешения».* (Константин Георгиевич Протасов. СПб.: ПГУПС. 2004, с. 63).

В 1951 году в связи с назначением ректором Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта К. Г. Протасов перестает быть директором НИИ мостов, но продолжает возглавлять кафедру «Мосты» ЛИИЖТа и фактически до конца жизни остается научным руководителем

ДИРЕКТОРА НИИ МОСТОВ

- 1 Протасов
Константин Георгиевич
1946–1951
- 2 Талашманов
Иван Андреевич
1951–1956
- 3 Богданов
Трифон Михайлович
1956–1959
- 4 Левый
Григорий Маркович
1959–1965
- 5 Помогаев
Павел Епифанович
1965–1967
- 6 Сильницкий
Юрий Макарьевич
1969–1979
- 7 Козьмин
Юрий Георгиевич
1980–1983
- 8 Доильницын
Анатолий Георгиевич
1983–1989
- 9 Сподарев
Юрий Павлович
1989–1992
- 10 Кондратов
Валерий Владимирович
1992–2011
- 11 Монастырев
Евгений Анатольевич
2011–н/в

Константин Георгиевич Протасов останется в истории как один из авторитетнейших руководителей отечественного мостостроения. Он органично соединил в себе качества глубокого ученого-теоретика и настойчивого практика, сумевшего добиться реализации многих своих прогрессивных идей и начинаний. Одно из самых убедительных подтверждений этого — успешная многолетняя деятельность его детища, НИИ мостов



института. В конце 1960-х годов сотрудники НИИ мостов по его инициативе начинают проводить комплексные исследования по повышению надежности и срока службы давно построенных мостов в условиях увеличения роста общего объема перевозок и веса подвижных нагрузок. На основе проведенных исследований были подготовлены нормативные документы, которые долгое время применялись при решении вопросов замены старых пролетных строений или их усиления на всей сети железных дорог страны.

На посту ректора (начальника) ЛИИЖТа, который К.Г.Протасов занимал в течение 15 лет, он проявил свои лучшие качества опытного и дальновидного администратора, сумевшего превратить ведущий железнодорожный вуз в очень престижное учебное заведение по подготовке инженерных кадров. Работа на этом поприще была отмечена в 1961 году высшей на тот момент наградой страны — орденом Ленина. К.Г.Протасов был также награжден орденами «Знак Почета», Красной Звезды и Октябрьской Революции, ему было присвоено звание «Заслуженный работник науки и техники РСФСР».

Не менее значимым было признание коллегами его заслуг в формировании технической политики в сфере строительства и эксплуатации искусственных сооружений на транспорте. Он долго возглавлял секцию транспортного строительства научно-технического совета Госстроя СССР, был председателем мостовой секции НТС Министерства путей сообщения, членом НТС Министерства транспортного строительства. Он выступал координатором всех научно-исследовательских работ по тематике мостов, проводимых научными организациями и вузами железнодорожного транспорта страны.

Константин Георгиевич Протасов задал очень высокую планку своим преемникам на посту руководителя НИИ мостов. На первых порах это были его соратники и ученики, прошедшие школу совместной работы с учителем на кафедре «Мосты» и в институте. Несмотря на свою занятость в ЛИИЖТе и центральных органах управления транспортным комплексом страны, К.Г.Протасов активно содействовал становлению новых руководителей НИИ мостов, помогал идеями, поддерживал в получении перспективных заказов и проектов.

Разбег: поиск оптимальных конструкций, материалов и технологий сварки мостов

Глава II

В первые годы после создания вся работа Научно-исследовательского института мостов была жестко сконцентрирована на выполнении задач, поставленных перед его коллективом в приказе Министра путей сообщения от 7.12.1946 г. № 868 Ц и Положении об основных направлениях деятельности института.

Важнейшим среди них, как уже отмечалось, была выработка технологии и оборудования для создания типовых сварных металлических пролетных строений.

Комплексные исследования и опытные работы по проблеме создания сварных пролетных строений для железнодорожных мостов развернулись в институте уже в 1947 году. Сразу начались поиски рациональных типов сварных пролетных строений, материалов для их изготовления, марок сталей с химическим составом, обеспечивающим хорошую свариваемость при заводском изготовлении и в условиях монтажа. Были организованы обследования и испытания эксплуатируемых и вновь сооруженных сварных мостовых конструкций. Решались также вопросы индустриализации строительства мостовых опор. Создавалось специализированное оборудование для изготовления мостовых элементов ферм и монтажа сварных конструкций в целом, а также приборы для их испытаний.

Уже с самых первых шагов лаборатории сварки НИИ мостов ее ведущими сотрудниками выполнялись работы, связанные с подбором марок сталей, обеспечивающих повышенную усталостную прочность элементов мостовых конструкций и необходимую ударную вязкость сварных соединений.

Изучалось влияние величины погонной энергии процессов электродуговой сварки на величину ударной вязкости по оси шва и линии сплавления. С учетом этого в мостостроении были рекомендованы, а в дальнейшем и узаконены (ВСН — 200) Основные нормативы:

- выполнение сварки только на постоянном токе;
- введены ограничения по допустимой величине погонной энергии (I сб. Ампер и U дуги Вольт и V сварки м/час);
- ограничено использование количества марок сварочных электродов (УОНЦ 13/45 для сварки угловых швов и УОНИ 13/55 — для сварки стыковых швов).

С появлением сталей низколегированного класса в металлургической промышленности, в институте сразу же приступили к изучению их прочности и свариваемости на основе полного комплекса испытаний.

Одновременно подбирались марки сварочных флюсов, сварочной проволоки как для автоматической сварки под флюсом, так и для вертикальной сварки стенок балок применительно к условиям монтажа блоков стальных пролетных

Юрий Георгиевич Козьмин
(в 1980—1983 гг. — директор НИИ мостов) на производственной базе института на станции Предпортовая





Евгений Оскарович Патон (1870–1953), советский ученый-механик и инженер, работавший в области сварки, мостостроения и строительной механики. Руководитель Института электросварки, который с 1953 года носит его имя. Герой Социалистического Труда (1943), лауреат Сталинской премии

строений. Результатом этих работ стало массовое внедрение в мостостроение низколегированной стали марок 15ХСНД и 10ХСНД и нитридоупрочненных марок стали для опытных пролетных строений.

Эти работы в лаборатории сварки НИИ мостов выполнялись под руководством зав. лабораторией к.т.н. В.Ю.Шишкина, старших научных сотрудников В.А.Макурина, С.В.Чижевского и Ю.Д.Гузевича.

Внедрение всех разработок по новым маркам стали и технологиям их заводской сварки в этот период осуществлялось на производственных площадях Воронежского и Ярославского мостовых заводов.

Крупнейшей проектной и технологической задачей в начальный период деятельности института стало создание цельносварного пролетного строения. Нужно сказать, что подобную задачу в тот же период решал и коллектив Научно-исследовательского института электросварки (ныне институт электросварки имени Е.О.Патона), уже имевшего значительные наработки в сфере своей основной деятельности и опыт реализации проекта крупнейшего в Европе цельносварного городского моста через Днепр в Киеве.

Фактически получилось негласное соревнование двух научных коллективов на создание лучшего варианта конструкции цельносварного пролетного строения. Результатом стало сооружение в 1953 году уникального моста через реку Болву на Московской железной дороге недалеко от Брянска, где были последовательно смонтированы два опытных цельносварных пролетных строения расчетной длиной по 66 метров. Одно из них было выполнено по проекту НИИ мостов во главе с К.Г.Протасовым, другое стало воплощением проекта Института электросварки под руководством Е.О.Патона. Впервые в практике мостостроения автоматическая сварка была использована не только в заводских условиях, но и на монтаже. Эти два опытных пролетных строения эксплуатируются до сих пор, олицетворяя собой долговечность конструкторских решений двух выдающихся советских ученых и руководимых ими коллективов.

Создание первых уникальных цельносварных пролетных строений было для НИИ мостов не самоцелью, а лишь основой для отработки типовых проектов, поскольку не менее важной была задача индустриализации и увеличения

Первые цельносварные пролетные строения конструкции профессора К. Г. Протасова (на переднем плане) и академика Е. О. Патона на мосту через реку Болву около Брянска



скорости возведения мостов. В период с 1949-го по 1953-й годы было изготовлено 169 цельносварных пролетных строений длиной 33,6 метра для железнодорожных мостов. Поиск оптимальных конструктивных и технологических решений велся встречными усилиями ученых и инженеров-производственников. В НИИ мостов за эти работы в первую очередь отвечали К. Г. Протасов, В. Ю. Шишкин, И. Г. Базилевский.

Надежность и долговечность конструкции цельносварного пролетного строения в решающей степени зависит от качества и прочности сварных соединений, используемых сварочных материалов, режимов сварки и технологии производства сварочных работ в заводских или монтажных условиях. Поэтому в НИИ мостов сконцентрировали усилия на выборе таких марок стали, которые максимально соответствовали бы новым конструктивным решениям пролетных строений. В начале эти исследования были направлены на совершенствование свариваемости уже широко применявшейся в мостостроении стали марки Ст.3. Позже для сварных мостов стали использовать сталь М16С и еще более долговечную марку 16Д (с присадкой меди). Многолетняя эксплуатация пролетных строений, созданных с использованием этих марок стали, подтвердила правильность направления первых поисков. Однако применение стали этих марок заметно увеличивало металлоемкость конструкций. Необходимо было использовать более прочные марки конструкционной стали, уже выпускавшиеся к тому времени металлургическими заводами страны.

Выбор пал на низколегированную сталь марки 15ХСНД класса прочности С-35, применявшуюся в судостроении и отличавшуюся более высокой сопротивляемостью к коррозии, а также на более дешевую безникелевую сталь марки 10Г2С1Д того же класса прочности. Правда, последняя оказалась недостаточно надежной в условиях низких температур и была впоследствии исключена из применения в сварных конструкциях мостов.

Вопрос выбора марок стали для сварных мостов является наиважнейшим. В процессе сварки структура металла существенно меняется в районе шва и зонах термического влияния. Если зерна в обычном прокате измельчаются методом прокатки, то при любой сварке (автоматической под флюсом, электрошлаковой, сварке в среде защитных газов CO_2 или смеси газов, ручной электродуговой) происходит обратный процесс — укрупнение величины зерна, вызванное высокой температурой в зоне сварки. Из-за этого меняются прочностные свойства, уменьшается пластичность и ударная вязкость, особенно при низких температурах. В наибольшей степени охрупчиванию подвержены стали с повышенным содержанием углерода, серы и фосфора. Чтобы избежать негативных последствий, все стали в мостостроении проходили через лабораторию сварки НИИ мостов, где подбирались погонная энергия сварки в таком диапазоне режимов, чтобы зерно не успевало вырасти. Это очень важные аспекты, и к ним всегда относились серьезно. Весь технологический процесс четко



**НАТАЛЬЯ ИВАНОВНА
НОВОЖИЛОВА**

**д. т. н., работала в НИИ мостов
вместе с К. Г. Протасовым:**

—
Повышение прочности стали — это прямой путь снижения металлоемкости конструкций. Вместе с тем гарантировать с высокой вероятностью надежность и долговечность работы материалов в тяжелых условиях эксплуатации железнодорожных мостов, связанной с динамическим приложением обращающихся переменных нагрузок, неблагоприятным воздействием внешней среды, можно лишь на основе глубокого и всестороннего изучения материала...



1960-е годы. Типовое болто-сварное сплошнотенчатое пролетное строение

1970-е годы. Сквозное пролетное строение со сварной проезжей частью, проект № 690 ГТМ, мост через реку Левую Хетту



Евгений Иванович Румянцев, заведующий экспериментальной группой. В 1980-е годы группа обеспечивала изготовление всех видов образцов по подразделениям института



контролировался по выдерживанию следующих параметров режимов: величине сварочного тока (I_a), напряжению на дуге (U_v) и скорости сварки ($V_{м/мин}$).

О том, насколько важны детали и нюансы в работе со стальными конструкциями, рассказал в своих воспоминаниях главный механик НИИ мостов Евгений Иванович Румянцев, работающий в институте с 1966 года:

«Хорошо помнятся два случая, когда коллектив лаборатории сварки в период широкого внедрения автоматической сварки под флюсом на Воронежском мостовом заводе столкнулся с вторичным дефектом листового проката вблизи стыковых швов укрупнительной сборки поясов двутавровых мостовых балок длиной до 36 метров при толщине заготовок от 20 до 32 мм. Послеоперационный УЗД контроль на участках сборки стал массово выявлять в околошовных зонах стыковых швов так называемый «расслой» или «закат», хотя при проверке концевых участков этих же листов перед сваркой подобных дефектов в заготовках не выявлялось.

Благодаря высокому профессионализму специалистов лаборатории сварки, особенно металлургической группы под руководством Н.И.Варламовой, была выявлена технологическая особенность непрерывного метода разлива стали, совмещенного с прокаткой листового проката. На первой стадии внедрения в производство этого метода Новолипецким металлургическим комбинатом, когда не был нормирован минимальный уровень жидкого металла в термосе накопителе, часть верхнего слоя с повышенным содержанием серы, фосфора, нитридных и окисных включений попадала в обжимные валки стана и, как в воронке, попадала в среднюю часть проката. Прочностные характеристики в этой зоне толщиной до 2,5 мм резко уменьшались, а при двухсторонней сварке листов, из-за высоких внутренних напряжений в такого типа стыковых швах с двухсторонней X-образной разделкой кромок, происходило внутреннее расслоение по обе стороны от линии сплавления на ширине до 80 мм. А это уже является



СОЦИАЛИСТИЧЕСКИЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

коллектива Научно-исследовательского института мостов ЛИИЖТа
на 1984 год

Претворяя в жизнь исторические решения XXVI съезда КПСС, руководствуясь решениями декабрьского (1983 г.) Пленума ЦК КПСС и в ознаменование 175-летия ЛИИЖТа коллектив Научно-исследовательского института мостов принимает на себя следующие социалистические обязательства:

1. ЗАВЕРШИТЬ ВСЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ НА ПЯТЬ ДНЕЙ РАНЬШЕ СРОКА; РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПО ЗАКАЗУ ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПУТИ И ОКОНЧАЮЩИЕСЯ В IV КВАРТАЛЕ, - ДО 15 ДЕКАБРЯ 1984 г.; РАБОТЫ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МОСТОВ С РЕКОМЕНДАЦИЯМИ ПО ИХ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ - К ЮБИЛЕЮ ЛИИЖТа - 3 ДЕКАБРЯ 1984 г.

Ответственные - А.Г.Долиницын,
Руководители подразделений

2. ОБЕСПЕЧИТЬ ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ДОБИТЬСЯ ПОЛУЧЕНИЯ В 1984 ГОДУ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ НА СУММУ НЕ МЕНЕЕ 2,75 МЛН.РУБ.

Срок - IV квартал 1984 г.

Ответственные - А.Л.Бринь,
Руководители подразделений

3. ОКАЗАТЬ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКУЮ ПОМОЩЬ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВНЕКЛАССНОГО МОСТА ЧЕРЕЗ р. КРАСНУЮ В СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ ВЬЕТНАМ.

Срок - II квартал 1984 г.

Ответственные - А.К.Гурвич,
В.Ю.Шишкин

4. ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ БАЗЫ СПЕЦФАКУЛЬТА ПО ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ В СООТВЕТСТВИИ С УКАЗАНИЯМИ МПС № III-36047 от 11.11.83 г.

Срок - I - II квартал 1984 г.

Ответственные - А.К.Гурвич, Б.П.Старунов,
О.А.Ветошова, В.И.Радвиевич

5. ПОДГОТОВИТЬ К УТВЕРЖДЕНИЮ ПРОЕКТ «РУКОВОДСТВА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ».

Срок - III квартал 1984 г.

Ответственные - Ю.И.Козырев, Р.З. Манилова, А.Н. Лазарев, В.М.Фиш

6. ПОДГОТОВИТЬ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОДЕРЖАНИЮ ЛОТКОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГОФИРОВАННЫХ ТРУБ.

Срок - III квартал 1984 г.

Ответственные - А.В.Ненашев, В.П.Кузьмин

7. ОРГАНИЗОВАТЬ ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА МОСТУ 22 км УЧАСТКА ОБУХОВО - ВОЛКОВСТРОЙ ОКТЯБРЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ.

Срок - III квартал 1984 г.

Ответственные - А.В.Ненашев, Е.А.Овсянко

8. ОКАЗАТЬ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКУЮ ПОМОЩЬ ПРОЕКТНЫМ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И СТРОИТЕЛЬНЫМ ОРГАНИЗАЦИЯМ В РЕШЕНИИ ПРИНЦИПАЛЬНЫХ ВОПРОСОВ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ МОСТОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.

Срок - IV квартал 1984 г.

Ответственный - В.Ю.Шишкин

9. ОКАЗАТЬ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКУЮ ПОМОЩЬ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ СВАРНЫХ МОНТАЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАРО-ВОЛЖСКОГО МОСТА В г. Калинин.

Срок - IV квартал 1984 г.

Ответственные - В.Ю.Шишкин,
В.И.Чернышев, Е.И.Румянцев

10. ОКАЗАТЬ ТЕХНИЧЕСКУЮ ПОМОЩЬ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПРОКЛАДНОГО СЛОЯ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ НА БЕЗБАЛЛАСТНОМ МОСТОВОМ ПОЛОТНЕ ОДНОГО ИЗ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МОСТОВ.

Срок - IV квартал 1984 г.

Ответственные - В.Н.Савельев, Е.М.Панин

11. ПОДГОТОВИТЬ К ИЗДАНИЮ НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ «ПЛИТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ БЕЗБАЛЛАСТНОГО МОСТОВОГО ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ».

Срок - IV квартал 1984 г.

Ответственные - В.Н.Савельев, Ф.Г. Костырко

12. ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПОДГОТОВИТЬ НЕ МЕНЕЕ 17 ЗАЯВОК НА ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ.

Срок - IV квартал 1984 г.

Ответственные - А.И.Климовская,
Руководители подразделений

13. ОБЕСПЕЧИТЬ БЕСПЕРЕБОЙНОСТЬ И РИТМИЧНОСТЬ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, АВТОТРАНСПОРТА, СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ. ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДОБИТЬСЯ ЭКОНОМИИ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ: ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА 3%, БЕНЗИНА НА 1,5% ОТ УСТАНОВЛЕННЫХ НА ГОД ЛИМИТОВ.

Ответственный - А.М.Жерин

14. ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПОДГОТОВИТЬ К ОПУБЛИКОВАНИЮ НЕ МЕНЕЕ 25 СТАТЕЙ.

Срок - IV квартал 1984 г.

Ответственные - руководители подразделений

Тип. ЛИИЖТа, Зак. 330, Тир. 7. М-09511. 2.03.1984.

ОБЯЗАТЕЛЬСТВА ПРИНЯТЫ НА СОБРАНИИ КОЛЛЕКТИВА ИНСТИТУТА 25 ЯНВАРЯ 1984 ГОДА.

Коллектив кафедры «Мосты»
в 1987 г. во главе с Ю. Г. Козьминым

Одно из документальных
свидетельств истории НИИ мостов



**ЭДУАРД СТЕПАНОВИЧ
КАРАПЕТОВ**

к. т. н., профессор кафедры «Мосты»
ПГУПС:

—

Моя супруга
Г. С. Карапетова
работала в НИИ мостов
с 1963 года, поэтому
наше сотрудничество,
можно сказать, было
даже на семейном
уровне. Длительное
время мы совместно
занимались мостами
в городе Кировске
Мурманской области.
У нас возникла проблема
с обследованием моста
через реку Белую, и мы
пригласили в помощь
сотрудников НИИ мостов,
у которого был свой
вагон для проведения
таких работ. И сотрудники
НИИ А. В. Ненашев,
Р. Г. Болотовский и другие
помогли провести
статические и дина-
мические испытания
моста. По их результатам
руководство комбината
«Апатит» решило вопрос
о ремонте этого моста

недопустимым дефектом со всеми вытекающими негативными последствиями.

В процессе научно-технического обмена Воронежский мостовой завод — НИИ мостов — Новолипецкий металлургический комбинат данная техническая проблема была успешно преодолена.

Еще один пример эффективного взаимодействия коллектива лаборатории сварки НИИ мостов с поставщиками сварочной продукции — выявление причин резкого понижения ударной вязкости стали 15ХСНД на том же Воронежском мостовом заводе. Над этим параллельно работали сотрудники сварочной лаборатории ЦНИИСа при заводе под руководством начальника отдела сварки ЦНИИСа К. П. Большакова. В итоге кропотливого отбора проб на заводе и проведения специальных исследований в лабораториях выяснилось, что используемый на заводе основной сварочный флюс марки АН-348А был приобретен отделом снабжения завода у другого завода-поставщика. Его химический состав, выявленный инженером нашей химической лаборатории Татьяной Тимофеевной Смирновой, оказался с меньшим количеством микролегирующих элементов, что и привело к снижению ударной вязкости КСУ-40 при отрицательных температурах.

В итоге Воронежский завод вернулся к основному производителю данной марки флюса, а второй завод-производитель, после нашего уточнения химического состава в техническом задании на данную марку флюса, ввел необходимые дополнительные легирующие элементы».

Исследования возможностей применения в сварных железнодорожных пролетных строениях сталей высокой прочности велись в НИИ мостов и ряде других проектных организаций довольно длительный период. В них участвовали многие сотрудники института, в том числе Новожилова Наталья Ивановна, Шишкин Василий Юлианович, Доильницын Анатолий Георгиевич, Подбелло Михаил Степанович, Макурин Василий Андреевич, Чижевский Святослав Владимирович, Гузевич Юрий Дмитриевич, Румянцев Евгений Иванович, Терлецкий Сергей Константинович, Соколова Нина Ивановна, Винниченко Анатолий Васильевич.

Было установлено, что при существующих в отечественной практике нормативах и конструктивных формах пролетных строений эффективно можно использовать сталь класса не выше С-60. В противном случае для обеспечения нормы вертикальной жесткости конструкции потребуются значительное увеличение высоты ферм.

Развертывание работ по активному использованию в отечественном мостостроении цельносварных пролетных строений было на тот период прогрессивным направлением в развитии железных дорог. Оно заметно стимулировало внедрение сварки и в других отраслях экономики. Но, постоянно анализируя практику строительства мостов и состояние находящихся в активной эксплуатации цельносварных пролетных строений, ученые НИИ мостов отмечали и недостатки таких конструкций.

Опыт первоначальных работ показал, что сварка на монтаже имеет свою специфику, и поэтому широко ее сложно применять из-за технологических особенностей, которые трудно полностью соблюсти на монтаже. Для проведения таких работ необходимо использовать большое число вспомогательных средств, чтобы не допустить никаких подвижек конструкции во время сварки и обеспечить высокую точность соединения различных элементов цельносварного пролетного строения, учесть сварочные деформации и негативное влияние климатических условий на выполнение сварочного процесса (дождь и низкие температуры при выполнении сварки недопустимы).

Контроль за состоянием сварных швов и металлических конструкций мостов, постоянно осуществлявшийся сотрудниками НИИ мостов с момента создания института, также приносил неутешительные результаты. В типовых сварных пролетных строениях железнодорожных мостов после нескольких лет эксплуатации, особенно на самых грузонапряженных направлениях, в элементах конструкций и сварных соединениях стали обнаруживаться трещины усталости. Специалисты объясняют их появление работой железнодорожных мостов в сложных условиях переменного нагружения, при котором происходит внецентренное приложение поездами нагрузки, обуславливающее вибрацию элементов и, как следствие, дополнительные напряжения. Кроме того, любой тип сварного соединения вызывает внутренние напряжения той или иной величины в зависимости от использованных режимов и технологических особенностей наложения сварных швов.

Для исправления создавшегося сложного положения с типовыми цельносварными пролетными строениями в НИИ мостов в 1956–1957 гг. разработали «Правила контроля сварных соединений при изготовлении пролетных строений железнодорожных мостов», а позднее — соответствующие «Указания по осмотру и усилению эксплуатируемых сварных пролетных строений». При этом использование сварки уже полностью исключалось. В качестве главного средства для ремонта рассматривались накладки и высокопрочные болты.

Следует признать, что к концу 1950-х применение цельносварных пролетных строений при возведении железнодорожных мостов было фактически заморожено более чем на полвека. И только в 2014 году в Москве вновь использовали цельносварную конструкцию при строительстве моста на железной дороге.

Отметим, тем не менее, что результаты проводившихся в НИИ мостов исследований в этой области нашли очень широкое применение при строительстве крупных сварных городских и автодорожных мостов, в том числе через Неву и ее притоки в Ленинграде, Ангару в Иркутске, Обь в Новосибирске, Шексну в Череповце, канал имени Москвы у Химок и еще ряда других. За эти работы сотрудники института В.Ю.Шишкин и С.В.Чижевский были удостоены премии Совета Министров СССР.



К. Г. Протасов



К. Г. Протасов с коллегами из НИИ мостов осматривают мост через реку Губерлю

Г. С. Карапетова

**К. Г. Протасов, А. Л. Брик,
Э. С. Карапетов**



Цельносварные металлические пролетные строения успешно выполнили свое предназначение в быстром восстановлении железнодорожного сообщения и оперативном строительстве новых дорог в послевоенный период. Но жизнь диктовала необходимость поиска более прогрессивных решений. И НИИ выполнил на рубеже 1950—1960-х годов ряд актуальных исследований и разработок, направленных на дальнейшее совершенствование конструкций мостов



Технология и оборудование для монтажной сварки были также использованы при возведении мостов через каньон реки Раздан в Армении и реку Красную во Вьетнаме.

Можно уверенно утверждать, что цельносварные металлические пролеты успешно выполнили свое предназначение в быстром восстановлении железнодорожного сообщения и оперативном строительстве новых дорог в послевоенный период. Но жизнь диктовала необходимость поиска более прогрессивных решений. И НИИ мостов в тесном контакте с ведущими научно-исследовательскими, проектными институтами и мостовыми заводами страны выполнил на рубеже 1950–1960 годов ряд актуальных исследований и разработок, направленных на дальнейшее совершенствование конструкций мостов.

Как вспоминала работавшая в НИИ мостов под началом К.Г.Протасова Наталья Ивановна Новожилова, доктор технических наук и впоследствии — профессор кафедры «Мосты» Санкт-Петербургского архитектурно-строительного университета, *«одновременно с выбором марки стали повышенной прочности для сварных пролетных строений в НИИ мостов были выполнены экспериментально-теоретические разработки по совершенствованию монтажных соединений в таких пролетных строениях, а также — совместно с Воронежским мостовым заводом (ВМЗ) — по созданию рациональных сварных коробчатых элементов ферм».*

Итогом этих исследований стала разработка в сотрудничестве с Ленгипротрансмостом проекта опытного болтосварного железнодорожного пролетного строения, который был изготовлен ВМЗ для моста через канал Фархадской ГЭС, возведенного через реку Сыр-Дарью на стыке границ Таджикистана и Узбекистана. С этого проекта началось создание типовых болтосварных пролетных строений из низколегированной стали повышенной прочности марки 10ХСНД, что стало большим вкладом НИИ мостов в развитие отечественного мостостроения.

Здесь уместно напомнить, что до середины XX века наиболее распространенным видом монтажных соединений элементов стальных конструкций мостов были заклепочные соединения, применявшиеся к этому времени уже свыше ста лет. К их несомненным достоинствам относилась податливость соединений и конструкционное демпфирование соединяемых элементов, что позволяло эффективно перераспределять напряжения в узлах конструкций, возникающие в процессе монтажа и эксплуатации, а также нивелировать ошибки в проектировании стальных сооружений. Однако недостатки заклепочных соединений были весьма существенными — они в односрезных соединениях не обеспечивали высокую надежность конструкций, для выполнения работ требовались разнообразные механизмы и приспособления, а также высококвалифицированные рабочие, что существенно повышало стоимость работ. Заклепки создавали концентрацию напряжений, из-за чего снижалась вибрационная прочность всей конструкции.

Новый способ соединения элементов стальных конструкций высокопрочными болтами принципиально отличался тем, что болтам в стыках или прикреплениях элементов путем закручивания гаек придавали настолько большое натяжение, что силы трения, возникающие под головками болтов, способны были передать усилия, действующие в соединяемых элементах конструкций. При этом диаметр отверстий мог быть больше диаметра болта, так как последний не подвергается действию срезающих усилий. Это обстоятельство несколько упрощало изготовление стальных конструкций, так как не требовалось такой высокой точности совпадения монтажных отверстий, как в случае применения заклепок.

Болты, передающие усилия трением, должны изготавливаться из высокопрочных сталей. Наиболее перспективными по технологическим параметрам и стоимости производства оказались стали 30ХГСА, 40Х. Болты из этих сталей, подвергнутые термической обработке, достигали предела прочности 650...1950 МПа.

Исследованиями и испытаниями соединений на высокопрочных болтах в НИИ мостов под руководством Трифона Михайловича Богданова (в тот период — директора института) сначала занимался старший инженер Георгий Александрович Пассек. Было установлено, что выносливость болтовых соединений при действии вибрационных нагрузок значительно выше, чем соединений на заклепках. При этом монтаж стальных конструкций упрощается и ускоряется, так как полностью исключался горячий процесс клепки. Для постановки высокопрочных болтов достаточно двух рабочих низкой квалификации и простых инструментов, а не целой бригады из четырех квалифицированных специалистов со специальным оборудованием, как это требовалось при клепке. Значительно меньше оказывалась и стоимость работ.

В дальнейшем при участии В.Н.Савельева и Р.Г.Хусид было проведено всестороннее изучение соединений на высокопрочных болтах, отработана технология их выполнения и изготовления самих болтов, утверждены необходимые технические нормативы. Работы по совершенствованию применения высокопрочных болтов в эксплуатируемых мостах велись в НИИ мостов с 1950-х годов постоянно, продолжаются они и в настоящий период.

Впервые использование высокопрочных болтов при строительстве мостов на территории России было осуществлено в 1959 году под техническим руководством сотрудников НИИ мостов на монтаже пролетного строения длиной 48 м через реку Тезу на Северной железной дороге в Ивановской области. Применение этого прогрессивного вида соединений уже на этом опытном пролетном строении позволило в три-четыре раза уменьшить трудоемкость монтажных работ по сравнению с клепкой.

Использование высокопрочных болтов как надежного типа соединений получило за короткое время широкое распространение в практике строительства и усиления не только мостов, но и других стальных конструкций. Это соединение

На стр. 38–39:
Железнодорожный мост через реку Тезу, где в 1959 году при монтаже пролетного строения длиной 48 метров впервые были применены высокопрочные болты







Удлинительная приставка для сварки нижних поясов комбинированных стыков балок двутаврового и коробчатого сечений

значительно упрощало и ускоряло монтажные операции, поскольку давало возможность применять методы навесной и полунавесной сборки решетчатых пролетных строений.

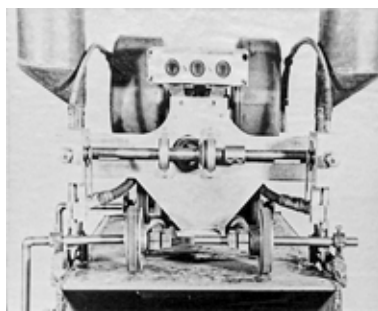
Успехи в области сварки и освоения фрикционных соединений позволили полностью вытеснить клепку не только на заводах, но и на монтаже. Таким образом, к началу 1960-х была создана в основном научно-техническая база для перехода в мостостроении к современным болтосварным конструкциям.

В начале 1960-х годов на первый план вышли вопросы больших трудозатрат при монтаже отдельных элементов стальных мостовых конструкций — технологически сборка цельносварного стыка двутаврового мостового элемента может выполняться только на сплошных подмостах и в специально оборудованном навесе, а в холодный период — «тепляке».

Выход из этой ситуации искали одновременно два отдела института, занимаясь изучением, а затем и внедрением болтосварных соединений двутавровых балок. Эти работы возглавил В.Н.Савельев, в них участвовал ряд молодых сотрудников института, в том числе В.М.Олеков, который впоследствии защитил на эту тему диссертацию.

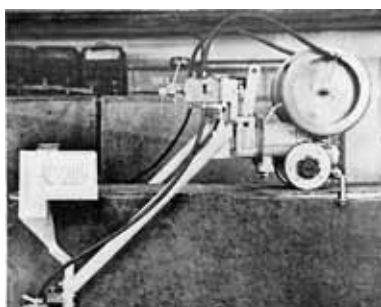
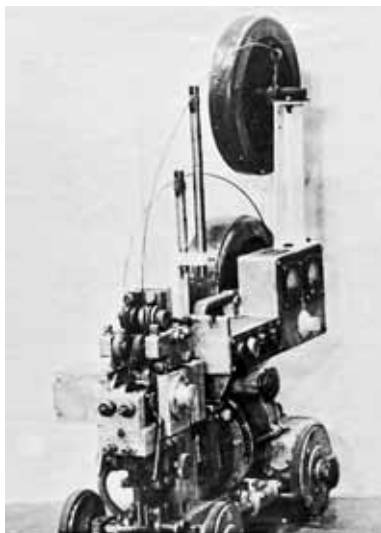
Благодаря этим поискам в отечественное мостостроение были широко внедрены так называемые «комбинированные стыки». Комбинированные стыки двутавровых или коробчатых элементов (главные балки) пролетных строений представляют собой сечение, в котором стенка элемента собирается с помощью накладок и высокопрочных болтов (даже в навес), а на второй стадии заваривается нижний пояс (стыковое соединение с V-образной разделкой кромок). В третью очередь заваривается вставка верхнего пояса, применяя при этом автоматическую сварку под слоем флюса.

Данное техническое решение монтажных стыков позволило в значительной степени ускорить и упростить процесс монтажа мостовых конструкций и что еще важнее — гарантированно обеспечить ударную вязкость таких узлов (отпала



Двухдуговой автомат для сварки наружных стыковых швов коробчатых элементов модели АС2-«С»

Механизированная газовая прирезка кромок ортотропных плит в условиях монтажа



Автомат для сварки расщепленным электродом. Он обеспечивал подачу не одной, а двух присадочных проволок в одну и ту же сварочную банку. Это техническое решение повышало производительность и одновременно создавало лучшие условия кристаллизации, что вело к увеличению ударной вязкости металла сварных стыковых швов.

Двухдуговой автомат для сварки коробчатых элементов с выступающими весами нижнего горизонтального листа модели А. С.2Д — Н. Ц. (тип швов — нижние угловые)

1970-е годы. Узел опытного пролетного строения с герметически замкнутыми элементами

необходимость применения вертикальной сварки стенок главных балок).

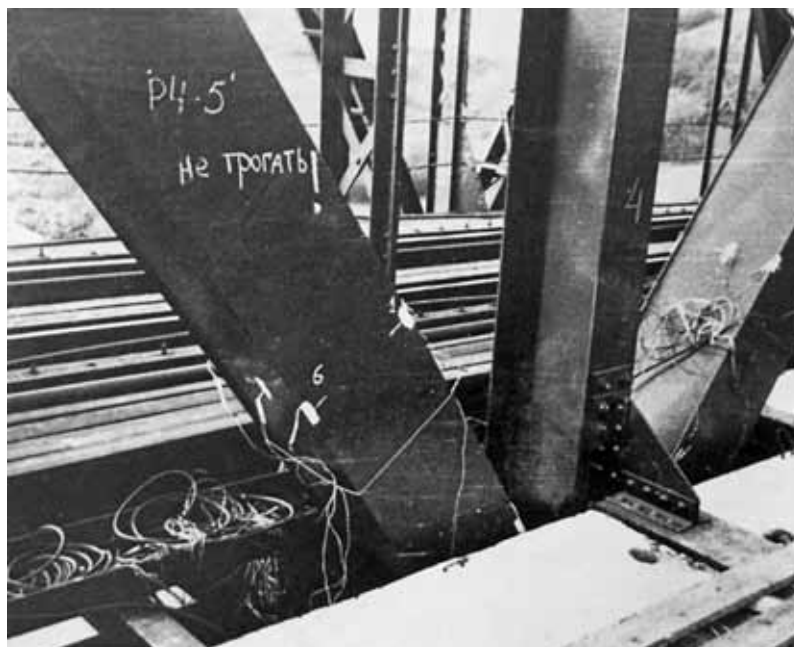
В НИИ мостов были спроектированы и изготовлены опытные экземпляры специализированных двухдуговых сварочных автоматов для автоматической сварки тавровых и коробчатых элементов. Они были оперативно испытаны и внедрены на мостовых заводах, что обеспечило повышение производительности труда в 1,8–1,9 раза и помогло исключить винтообразные искривления коробчатых элементов ферм железнодорожных мостов.

В результате исследований и испытаний, проведенных лабораторией сварки НИИ мостов, была сформирована целая линейка специальных сварочных автоматов. Некоторые типы из них представлены на рисунках.

Так, для сварки коробчатых элементов были сконструированы двухдуговые автоматы, которые одновременно сваривали два симметрично расположенных шва элемента, что практически убрало винтообразные деформации. На заводе был изготовлен специальный сборочный кондуктор для проведения в нем сварки элементов и накладные кондукторы для точного сверления монтажных отверстий.

В последующие годы НИИ мостов в содружестве с проектными, строительными организациями и мостовыми заводами продолжал работы по дальнейшему совершенствованию конструкций, технологии изготовления и монтажа металлических мостов. Одним из актуальных направлений в этой области являлось создание пролетных строений средних и больших пролетов со сварными герметически замкнутыми коробчатыми элементами главных ферм. Работы этого направления в институте проводились под руководством А.Г. Доильницына и В.Ю. Шишкина.

Идею сначала отрабатывали в лабораторных условиях. Необходимо было разработать такие элементы ферм, которые для сокращения расхода металла целесообразно делать коробчатого сечения. При этом они должны быть замкнутые,





полностью закрывать конструкцию от попадания внутрь атмосферного воздуха. Выигрыш более чем двойной: уменьшается длина сварных швов, не нужно окрашивать элементы фермы изнутри во время эксплуатации, существенно уменьшается скорость коррозии металла (когда внутри нет доступа влаги и не происходит обмена воздуха).

Первым опытом практического применения сварных герметически замкнутых коробчатых элементов с подковообразными концевыми диафрагмами конструкции НИИ мостов была установка нескольких раскосов такого типа на пролетном строении моста через реку Лесной Воронеж Юго-Восточной железной дороги.

В 1979 г. на мосту через реку Ловать Октябрьской железной дороги установлено первое в нашей стране опытное 66-метровое болтосварное пролетное строение, раскосы главных ферм которого выполнены в виде сварных герметически замкнутых коробчатых элементов. Конструкция была создана на Воронежском мостовом заводе по проекту института Гипротрансмост при научно-технической помощи НИИ мостов.

Лабораторные эксперименты ученых НИИ мостов и первые опыты монтажа пролетных строений со сварными герметически замкнутыми коробчатыми элементами главных ферм показали, что герметизацию конструкций необходимо проводить в заводских условиях. Были предложены и надежные способы герметизации конструкций на заводе. Но к этим рекомендациям ученых института не прислушались, в целях ускорения процесса решили закрывать внутренние полости коробчатых элементов непосредственно на монтаже. Вроде бы, с одной стороны упрощается технология, с другой — герметизируется весь элемент, от центра узла до центра узла.

Однако качество выполнения работ в условиях стройплощадки оказалось низким. Всего было реализовано около сотни

Мост через реку Ловать в районе Великих Лук. Раскосы главных ферм пролетного строения выполнены в виде сварных герметически замкнутых коробчатых элементов

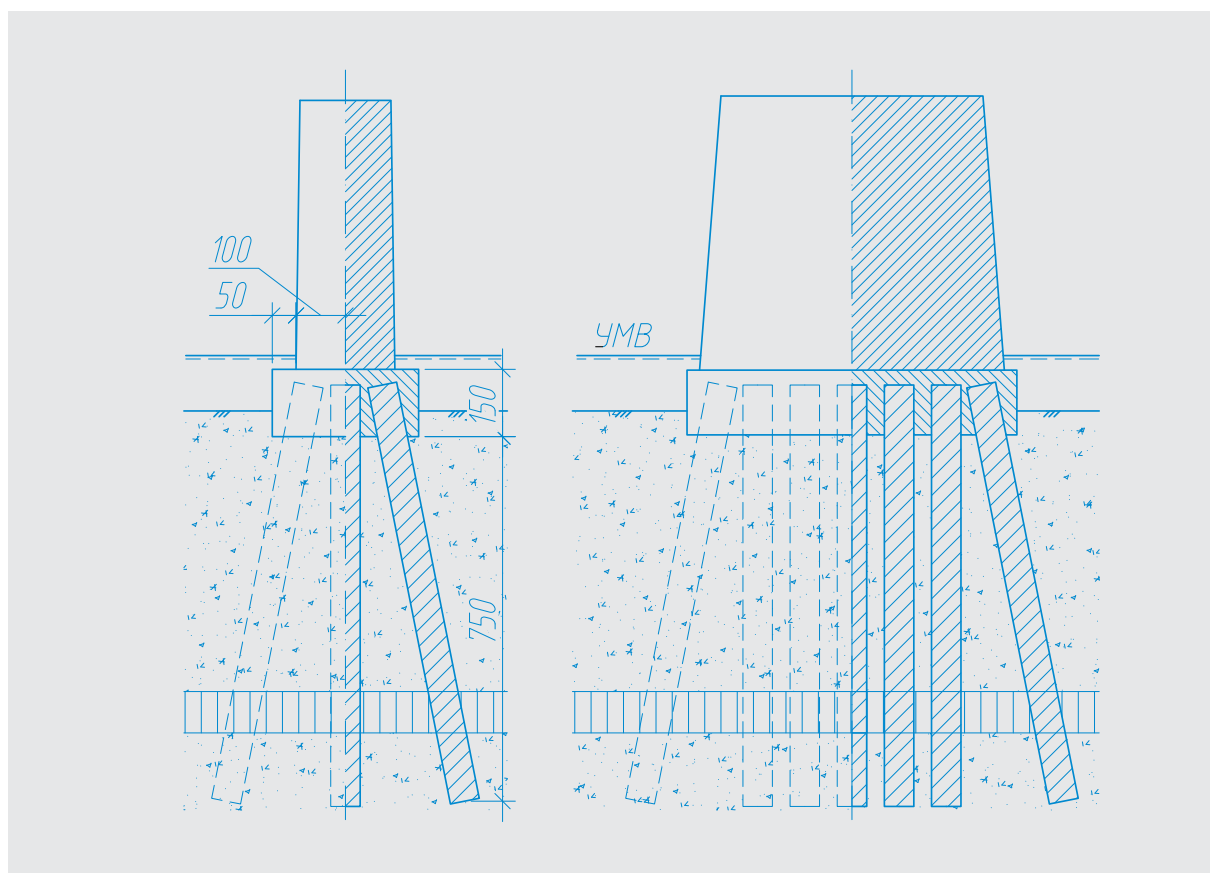
подобных проектов. Повторные обследования этих мостов проводились сотрудниками НИИ в основном в конце 1990-х годов и показали, что качество герметизации конструкций на монтаже во многих случаях было неудовлетворительным. Влага попадала внутрь, адсорбировалась, шел процесс коррозии. А доступ внутрь конструкции был невозможен.

До этого коробчатые элементы выполнялись с перфорацией определенных размеров в нижнем горизонтальном листе коробки, что позволяло контролировать состояние внутренних поверхностей и устранять коррозию. Конечно, трудоемкость эксплуатации пролетных строений при этом возрастала.

Было принято решение дальнейшие работы по развитию проекта типовых пролетных строений средних и больших пролетов с герметически замкнутыми элементами главных ферм не проводить. Хотя опыт Германии, где такой подход к конструкциям мостовых ферм сохранился до сих пор, доказывает, что успешное решение проблемы зависит от качества работ по герметизации. И в России недавно вернулись к этому способу, пока в единичном порядке, применив коробчатые элементы замкнутого сечения при сооружении уже упоминавшегося железнодорожного моста в Москве.

Крупным вкладом НИИ мостов в развитие технического прогресса в мостостроении явились работы по созданию глубоких фундаментов мостовых опор из железобетонных свай и оболочек, погружаемых в грунт вибраторами. Этот прогрессивный тип фундаментов, вытеснивший дорогостоящие опускные колодцы и кессоны, получил широкое распространение и признание во всем мире.

Схема опоры железнодорожного моста на сваях-оболочках диаметром 0,92 м через реку Медянку



Как уже отмечалось, разработка способа сооружения свайных фундаментов с помощью вибропогружателей начиналась в НИИ мостов в конце 1940-х — начале 1950-х годов под руководством Константина Георгиевича Протасова, который сразу оценил перспективность такого метода. Сотрудниками института в содружестве с группой ученых Ленгипротрансмоста были разработаны предложения по конструкции железобетонных свай-оболочек, создан низкочастотный вибратор-погружатель.

Первым в стране искусственным сооружением, где применили новые конструкции и технологию сооружения бескессонных фундаментов глубокого заложения, был небольшой мост через реку Медянку на Куйбышевской железной дороге, построенный в 1953 году.

Через год новый тип возведения фундаментов был опробован на строительстве большого железнодорожного моста длиной около 300 метров через реку Клязьму у города Коврова. Успешное строительство этих мостов доказало техническую состоятельность новых подходов к сооружению фундаментов опор и явилось основой для широкого распространения этого прогрессивного типа конструкций.

В последующие три года (1955–1957 гг.) в нашей стране было построено еще несколько мостов с опорами на оболочках. Опыт их возведения показал, что для погружения оболочек диаметром более 1 м мощность вибропогружателя ВП-1, разработанного в НИИ мостов Б.П.Татарниковым, недостаточна, а применение этого способа в глинистых грунтах сопряжено с большими трудностями.

Дальнейшее внедрение свай-оболочек шло при одновременном увеличении мощности вибропогружателей. Уже в 1957 году начали применяться вибропогружатели ВП-3 с возмущающей силой 44,2 т. В течение последующих трех лет возмущающая сила вибропогружателей была доведена уже до 250 т, а диаметр использованных оболочек достигал 6 метров. В этот период оболочки были применены при сооружении уже более 20 больших мостов. Среди них автодорожный мост через реку Урал, городской мост через реку Лиелупе на опорах из оболочек диаметром 1,6 м и многие другие автодорожные и железнодорожные мосты.

Использованием прогрессивного метода возведения опор мостов быстро заинтересовались в зарубежных странах. Особенно активное распространение он получил в Китайской Народной Республике, переживавшей в этот период эпоху бурного строительства транспортных коммуникаций. Широкому внедрению свайных оболочек в этой стране способствовали особо благоприятные для данного вида фундаментов грунтово-геологические условия мостовых переходов — однородные аллювиальные отложения в виде мощных слоев иловато-песчаных и песчаных грунтов.

Наиболее ярким примером стало строительство Уханьского железнодорожного и автодорожного моста через величайшую реку Азии — Янцзы. Ширина реки в зоне возведения мостового перехода составляет около 1 км, а глубина воды

Строительство уникального Уханьского двухъярусного моста через реку Янцзы в Китае велось с участием специалистов НИИ мостов рекордными темпами: мост был возведен на сваях-оболочках с использованием вибропогружателей всего за два года и запущен в эксплуатацию в два раза быстрее, чем планировалось — к 1 октября 1957 года, в честь 8-ой годовщины образования КНР



Возведение моста через Керченский пролив с применением метода погружения свай оболочек большого диаметра, разработанного НИИ мостов в 50-е годы

колеблется от 20 м до 40 м в период половодья, причем высокий уровень воды держится около 9 месяцев. Толщина песчаных и иловато-песчаных наносов на дне реки варьируется от нескольких метров в правобережной части реки до 15–20 м в левобережной. Под песчаными наносами залегают скальные грунты, которые под всем ложем реки имеют синклимальную структуру с круто падающими (до 75°) слоями известняков, мергелей и углистых сланцев.

Многие зарубежные фирмы неоднократно проектировали мост через Янцзы, но ни один из этих проектов так и не был осуществлен. Главным препятствием всегда являлся вопрос устройства фундаментов опор. Единственно возможным решением во всех предложенных проектах считали кессонные фундаменты, однако большая глубина опускания и наклонное расположение скальных пород вызывали большие технические трудности.

Устройство фундаментов на сваях-оболочках, основанное на разработках специалистов НИИ мостов и других отечественных проектных организаций, было предложено Китаю для этого моста в июле 1954 года, затем получило одобрение властей КНР, и в сентябре 1955 года начались работы по сооружению опор моста. Они проводились с участием и под руководством советских специалистов и позволили успешно преодолеть все трудности. При этом строительство всего комплекса Уханьского двухъярусного мостового перехода, где на нижнем ярусе была проложена двухпутная железнодорожная линия, а на верхнем — автомобильная трасса с пешеходными тротуарами, было завершено к 1 октября 1957 года, на два года раньше, чем планировалось первоначально.

**На стр. 46–47:
Уханьский двухъярусный девяти-пролетный мост через реку Янцзы сооружен в 1955–1957 гг. с использованием для опор свай-оболочек и вибропогружателей. Мост признан объектом культуры**





Новый метод сооружения опор Уханьского моста получил большой резонанс среди специалистов не только в Китае, но и в других странах. За два года строительство моста посетили более 110 различных делегаций общей численностью 45 тыс. человек. На сооружении моста через Янцзы были усовершенствованы конструкции вибропогружателей, отработаны технологические процессы погружения оболочек, извлечения грунта и заделки оболочек в скальные породы.

Интересно, что за 59 лет эксплуатации опоры Уханьского моста благополучно выдержали удары различной силы более 70 судов. Сегодня каждые сутки через мост проезжают 296 поездов и свыше 100 тысяч автомобилей.

Успех стройки дал толчок широкому внедрению этого метода на возведении многих других мостов в Китае. При этом стройки велись ускоренными темпами, например, мост через реку Хуанхэ длиной 2890 м был построен за 12 месяцев, а через реку Чжанхэ длиной 569 м — за 9 месяцев.

За короткий промежуток времени железобетонные сборные оболочки диаметрами 0,4; 0,55; 1,55 и 3,6 м с использованием вибропогружателей прочно вошли в практику строительства мостов, вытеснив полностью кессонные фундаменты. Свайные фундаменты, несмотря на необходимость освоения новой техники, оказались в 2 раза дешевле, чем фундаменты из кессонов.

За разработку и внедрение в строительство бескессонных фундаментов глубокого заложения из сборного железобетона Б.П. Татарникову и Л.И. Васильеву, осуществившим эти работы в НИИ мостов, в апреле 1962 года вместе с рядом специалистов из других проектных и строительных организаций была присуждена Ленинская премия.

Наконец, еще одним направлением поиска прогрессивных решений при возведении искусственных сооружений в первые десятилетия деятельности НИИ мостов стали исследования по надвижке пролетных строений с использованием антифрикционных материалов. Появление таких материалов как фторопласт, нафтлен, металлофторопластовая лента позволило разработать технологию безкатковой надвижки пролетных строений на опоры мостов и эстакад. Исследования по этому направлению в НИИ мостов осуществлялись по инициативе и под руководством Г.А. Пассека.

Технология первоначально тщательно отрабатывалась на полигоне для экспериментальных исследований НИИ мостов на станции Предпортовая. Там были сооружены две модели пролетных строений длиной 33 метра, в масштабе 1 к 2 точно копирующие пролеты длиной 66 метров. На одной из моделей последовательно испытывали различные варианты продольной надвижки. Были осуществлены всесторонние исследования свойств фрикционных материалов, разработаны конструкции накаточных устройств и технология производства работ. После отработки технологии на модели ее стали внедрять на различных мостах.

Впервые в отечественной практике бескатковая надвижка была применена в 1967 году Мостостроем-5 при техническом



Опытный образец цельносварного пролетного строения, разработанный НИИ мостов

руководстве НИИ мостов на строительстве виадука через овраг Лорупе на автодороге Псков — Рига. Впоследствии эта технология стала применяться очень широко при строительстве как железнодорожных, так и автодорожных мостов. Использование бескатковой надвижки при строительстве и реконструкции мостов дало значительный экономический эффект, привело к существенному уменьшению металлоемкости и стоимости накаточных путей, снижению трудоемкости и сроков монтажа.

Первые десятилетия с момента создания для НИИ мостов стали периодом активного поиска прогрессивных методов сварки металлоконструкций, разработки и реализации новых проектов пролетных строений металлических и железобетонных мостов, настойчивой отработки серийного производства эффективных пролетных конструкций и технологий строительства. Именно в этот период в тесном сотрудничестве с другими проектными, строительными организациями и заводами транспортной отрасли закладывалась прочная база знаний и опыта, обеспечившая существенный производственный и технологический рост индустрии мостостроения в нашей стране.

Пора зрелости НИИ мостов: главные испытания

Глава III

Спустя четверть века с момента начала своей деятельности коллектив НИИ мостов получил заслуженное признание в отечественном мостостроении и стал одним из ведущих научных и исследовательских центров транспортной отрасли. К этому времени сформировалась группа ведущих специалистов института, которая получала постоянное пополнение из числа выпускников ЛИИЖТа и других вузов. Новички быстро осваивали под руководством опытных наставников профессиональные нюансы работы по развитию важнейших составляющих транспортной системы страны. Этому способствовало и то, что многие еще студентами начинали сотрудничать с НИИ, участвовать в его проектах.

В этот период в основном завершилось организационное оформление двух основных направлений работы института, одно из которых было нацелено на испытания и совершенствование конструкций мостов и других искусственных сооружений на дорогах, а другое сконцентрировалось на повышении надежности и контроле качества возводимых и уже действующих объектов, направлении, получившем название неразрушающего контроля. Работа этого направления подробно представлена во втором разделе книги (главы 7–10).

Отдел испытаний мостов и конструкций, существующий в НИИ и поныне, не сразу получил свое сегодняшнее название, но практически с первых лет работы института доказал свою необходимость. В 1970–1980 гг. костяк отдела во главе с Владимиром Николаевичем Савельевым составляли сотрудники, пришедшие в стены института с момента его основания и немного позже: Е. Ф. Мухачев, П. Н. Лучкин, Н. П. Самохина, В. В. Масленников, И. Н. Патрикеев, Е. П. Патрикеева, Е. М. Панин, Р. Г. Хусид. Испытательную лабораторию возглавлял Ю. Б. Шапиро, который впоследствии возглавил и сам отдел. Большой вклад в успешное развитие тематики отдела впоследствии внесли в то время еще только начинавшие работу молодые сотрудники В. В. Кондратов, ставший в 1992 году директором НИИ, Ю. П. Миролюбов, возглавивший отдел в 1990-х, В. В. Фролов, И. Г. Становая, А. Н. Жуков.

В составе отдела успешно работала группа расчета мостов под руководством Михаила Александровича Шварца. В 1970-е годы М. А. Шварцем и В. А. Цирулевым была разработана методика расчета бесстыкового пути на мостах. Через 30 лет разработанный Владимиром Антоновичем Цирулевым на этой основе практический метод расчета бесстыкового пути был применен для расчета схем укладки пути на мостах новой железнодорожной линии Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис».

С приходом в группу Александра Михайловича Уздина развернулись работы по исследованию и обеспечению

Панин Евгений Михайлович и Кондратов Валерий Владимирович осматривают стенд для экспериментального исследования продольного взаимодействия рельсового пути и протетного строения



сейсмостойкости мостов, связанные со строительством Байкало-Амурской магистрали и искусственных сооружений в Средней Азии. В настоящее время А. М. Уздин является одним из ведущих специалистов страны в области сейсмостойкого строительства.

Тематика работ отдела, в котором трудились более 30 человек, была очень обширной. Ведущие сотрудники активно занимались развитием диагностики мостовых сооружений: разработкой методик и нормативных документов в области применения новых технологий и типов конструкций в мостостроении; разработкой новых методов и приборов диагностики напряженно-деформированного состояния металлических и железобетонных конструкций пролетных строений железнодорожных мостов.

В 1980-е годы сотрудники отдела испытания мостов и конструкций выполнили значительный объем работ по оценке технического состояния и совершенствованию конструкций сварных и болтосварных сплошностенчатых пролетных строений под железную дорогу. В 1980 году в болтосварном пролетном строении (типовой проект Ленгипротрансмоста № 821), установленном на мосту через реку Ключевку Восточно-Сибирской железной дороги, сотрудниками НИИ мостов были обнаружены многочисленные усталостные трещины, расположенные в стенках главных балок по концам приварки вертикальных ребер жесткости.

В последующие 4 года по заданию МПС сотрудниками мостоиспытательной лаборатории НИИ мостов было обследовано несколько десятков подобных мостовых конструкций, расположенных на сети железных дорог СССР, в которых были обнаружены аналогичные усталостные повреждения. Результаты обследования были доложены руководству Главного управления пути МПС. В результате на основании распоряжения МПС в 1985 году был составлен координационный план по разработке новых сварных сплошностенчатых пролетных строений, стойких против усталостных повреждений. В работе по созданию новых конструкций пролетных строений кроме НИИ мостов принимали участие сотрудники Института электросварки им. Е. О. Патона,

Система тензометрического контроля мостовых и инженерных сооружений (СТКМ-ИС)



ЦНИИСа, ВНИИЖТа. Руководителем работ был назначен заведующий мостоиспытательной лабораторией НИИ мостов Ю. Б. Шапиро.

На основе проведенных комплексных исследований были откорректированы типовые проекты сплошнотенчатых и решетчатых болтосварных пролетных строений под железную дорогу, изготовлены и испытаны опытные цельносварные и болтосварные пролетные строения новой конструкции, изданы «Указания по осмотру и усилению эксплуатируемых сварных пролетных строений под железную дорогу».

Вследствие изменения политической и экономической ситуации в стране в начале 1990-х годов, результаты многолетних исследований оказались востребованы проектными институтами только через 15–20 лет.

Сотрудниками отдела по проектам Е. Ф. Мухачева был разработан и изготовлен не один десяток приборов, измерительных датчиков и приспособлений для совершенствования методов контроля напряженно-деформированного состояния элементов пролетных строений и опор мостов; измерения перемещений; получения параметров, позволяющих определять динамические характеристики элементов и пролетных строений в целом. Были спроектированы и изготовлены тензометрические прогибомеры, накладные датчики, тензометрические консоли, позволяющие измерять перемещения до 1 мм (для бетонных конструкций), блоки контроля и записи необходимых параметров.

Лаборатория отдела была оснащена тензометрическими комплексами, автомобилем ГАЗ-66, вагоном-лабораторией, что позволяло доставлять испытательное оборудование до любого объекта, вплоть до Дальневосточного региона.

Позднее, в 1990-е годы ведущим научным сотрудником отдела Е. Ф. Мухачевым и другими были разработаны технические условия для проектирования и изготовления нового поколения тензометрических приборов для возможности мобильного использования их при испытаниях искусственных сооружений железных дорог России.

В 1998 году на основе этих предложений была изготовлена первая опытная модель Системы тензометрического контроля мостовых и инженерных сооружений (СТКМ-ИС). Ее производство освоило Санкт-Петербургское предприятие НПП «Промтрансавтоматика», занятое разработкой и изготовлением современного электронного оборудования.

Сегодня отдел испытаний мостов и конструкций и испытательная лаборатория оснащены системами тензометрического контроля СТКМ-ИС и Геркулес (новое поколение приборов, позволяющих измерять напряжения, деформации, ускорения, перемещения) и другим необходимым оборудованием для выполнения всего комплекса работ по диагностике искусственных сооружений на железных и автомобильных дорогах страны и за рубежом. В этой главе и в дальнейшем в книге представлены в различной форме данные измерений при испытаниях сооружений, полученные с помощью перечисленного диагностического оборудования.



**ЮРИЙ ПАВЛОВИЧ
СПОДАРЕВ**

директор НИИ мостов
в 1989–1992 гг.

—

Я стал директором НИИ мостов в период перестройки, в смутное весьма время. Налоги нам предписали как любой коммерческой организации. Я пошел в налоговую доказывать несправедливость такого подхода для учреждения, работающего при вузе, а мне заявили: «А вы что-нибудь вносите в общий фонд?» Мы не успели. «Вот и платите, как все», — заявил мне инспектор. А это означало в то время поставить НИИ на грань разорения. Я был первым директором НИИ, избранным на альтернативной основе. Избрали также совет трудового коллектива (СТК), который пытался мной управлять и требовать повысить зарплаты, поднять командировочные. А где эти деньги взять? Словом, возник конфликт. И преодолеть его удалось только после роспуска СТК



Пролетное строение моста с безбалластным мостовым полотном на строящейся линии Лосево — Каменогорск. 2015 г.

Общий вид моста через реку Бузан. Приемочные испытания проведены НИИ мостов в 2004–2005 гг.



В 1960–1970 годы и позже в НИИ мостов получило развитие направление, связанное с повышением надежности и долговечности опор эксплуатируемых мостов. Эти работы велись отделом бетонных и железобетонных искусственных сооружений НИИ, упраздненным гораздо позднее, в 1990-е. В отделе железобетонных конструкций была организована лаборатория опор, костяк коллектива составляли научные сотрудники Д.И.Васильев, А.М.Немзер, С.С.Ткаченко, в дальнейшем — А.В.Ненашев, Р.Г.Полодовский, В.С.Коган, В.Г.Грушев, А.Х.Астрахан. Отделом продолжительное время руководил Александр Леонтьевич Брик, в 1979 году ставший заместителем директора института.

В 1960 годы в лаборатории опор института проводились исследования по трем проблемным темам. Первая из них была посвящена исследованиям по повышению долговечности и надежности мостовых опор. Были разработаны предложения по классификации опор; по районированию и установлению границ зоны сурового климата, которые были учтены при составлении соответствующих документов, регламентирующих строительство. Также в содружестве с кафедрой «Строительное производство» ЛИИЖТа исследовалась целесообразность применения естественного природного камня для облицовки опор и были предложены рекомендации по организации разработки камня и его эффективному использованию.

Вторая тема была связана с определением грузоподъемности пролетных строений железнодорожных мостов из обычного железобетона. Были проведены массовые обследования находящихся в длительной эксплуатации в различных климатических условиях железобетонных пролетных

Финляндский железнодорожный мост в Санкт-Петербурге



строений на 5 железных дорогах; в 1967–1968 гг. проведены экспериментальные исследования влияния повреждений на грузоподъемность пролетных строений; была также выполнена классификация ряда применявшихся типовых проектов и сделан анализ грузоподъемности пролетных строений из обычного железобетона, находящихся в эксплуатации.

В НИИ мостов в 1970–1980 годах были разработаны основополагающие нормативные документы МПС — Руководства по определению грузоподъемности железобетонных и металлических пролетных строений, а также Указания по определению условий пропуска поездов, на основании которых методом классификации определяется грузоподъемность мостовых сооружений. Эти документы в дальнейшем пересматривались и дополнялись с учетом ввода в действие новых норм проектирования, поездных нагрузок, результатов новых исследований. Последний раз эти документы переработаны институтом по заказу ОАО «РЖД» в 2015 году.

Наконец, третья важнейшая тема объединяла исследования, связанные с укладкой безбалластного мостового полотна на железобетонных плитах. По результатам проведенных исследований была разработана конструкция безбалластного мостового полотна для массового применения на металлических мостах.

Первое опытное безбалластное мостовое полотно из железобетонных плит конструкции НИИ мостов было уложено на путепроводе через Земледельческую улицу в Ленинграде на Октябрьской железной дороге. Затем такая конструкция стала все шире применяться на мостах Московской, Прибалтийской и других железных дорог.

На стр. 56–57:
Мост через реку Дубису в районе Лидуvenя — самый высокий (42 м) железнодорожный мост в Литве. Его длина — 599 м. НИИ мостов в 2006 году проводил испытания этого искусственного сооружения







Сплотка локомотивов на мосту через реку Дубису во время статических испытаний

Первым большим мостом, где уложили путь на железобетонных плитах, стал мост через Амур у Комсомольска-на-Амуре, который был торжественно сдан в эксплуатацию в сентябре 1975 года. Впоследствии постоянно велись работы по совершенствованию узлов прикрепления железобетонных плит к балкам проезжей части для повышения срока службы конструкции.

В 1986–1987 гг. при строительстве нового Финляндского железнодорожного моста через Неву НИИ мостов был привлечен к ремонту разводного пролетного строения, поврежденного проходящим судном. На основании заключения мостоиспытательной лаборатории НИИ мостов русловая часть разводного пролетного строения была демонтирована и заменена на вновь изготовленную конструкцию, которая была приварена на месте к оставшейся противовесной части по технологии, разработанной лабораторией сварки института. После ремонта разводного пролетного строения мостоиспытательная лаборатория НИИ мостов провела приемочные испытания нового Финляндского моста при сдаче его в постоянную эксплуатацию.

Финляндский был первым большим железнодорожным мостом, на котором безбалластное мостовое полотно на железобетонных плитах было уложено на новый тип прокладного слоя — дискретные бетонные опоры в металлических обоймах. Конструкция и технология укладки данного типа прокладного слоя были разработаны сотрудником института Е.М.Паниным.

Здесь необходимо обратить внимание на два важных направления в деятельности НИИ мостов того периода, связанных с разработкой аналитической информационной системы АСУ ИССО и внедрением в мостостроение сварных гибких стержневых упоров, объединяющих железобетонную плиту проезжей части с главными балками пролетного строения.

В 1989–1994 гг. по заказу Главного управления пути МПС России НИИ мостов совместно с НИИЖТом (сейчас СГУПС) разработал аналитическую информационную систему АСУ ИССО (версия dos), включавшую в себя банк данных искусственных сооружений всей сети железных дорог России

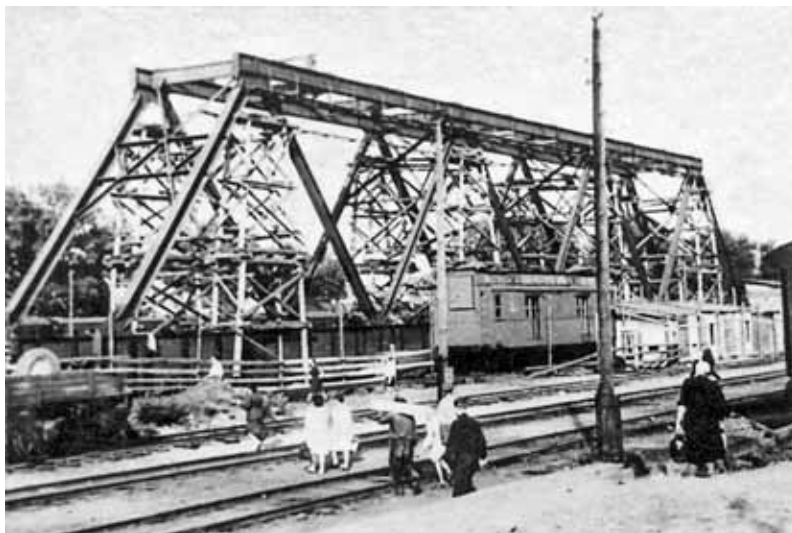


Заведующий лабораторией сварки Шишкин Василий Юлианович и научный сотрудник Кауган Владимир в цехе у сварочного автомата типа АДФ-2

Заведующий лабораторией сварки Шишкин Василий Юлианович



**Сборка первого цельносварного
моста через реку Болву около
Брянска**



и некоторые программы прикладного характера, в частности, программы расчета балльной оценки сооружений и пропуска поездных нагрузок по мостам. Руководителем работы являлся зам. директора института А.Л.Брик, ответственным исполнителем сначала была А.М.Седова, позднее, с 1992 года — И.Г.Становая. В 1994–98 гг. система АСУ ИССО была внедрена для практического применения на Октябрьской, Московской, Северной, Приволжской, Куйбышевской, Северо-Кавказской, Юго-Восточной и Забайкальской железных дорогах. В 1999–2000 гг. совместно с СГУПС система АСУ ИССО была переведена в формат win и включена в общесетевой программный комплекс путевого хозяйства АСУ ПХ.

Устройство соединений на гибких стержневых упорах отличалось от прежних конструктивных вариантов простотой, малой трудоемкостью и более высокой надежностью. Распределенные по длине главной балки гибкие упоры обеспечивают более равномерную передачу усилия на нее с проезжей части.

Для внедрения соединений на гибких упорах в институте с 1998 года был выполнен большой объем работ по испытаниям на прочность и выносливость моделей узлов соединения железобетонных плит с металлическими конструкциями.

Оценка несущей способности стержневого упора по бетону позволила уточнить методику расчета сталежелезобетонных конструкций на прочность и выносливость.

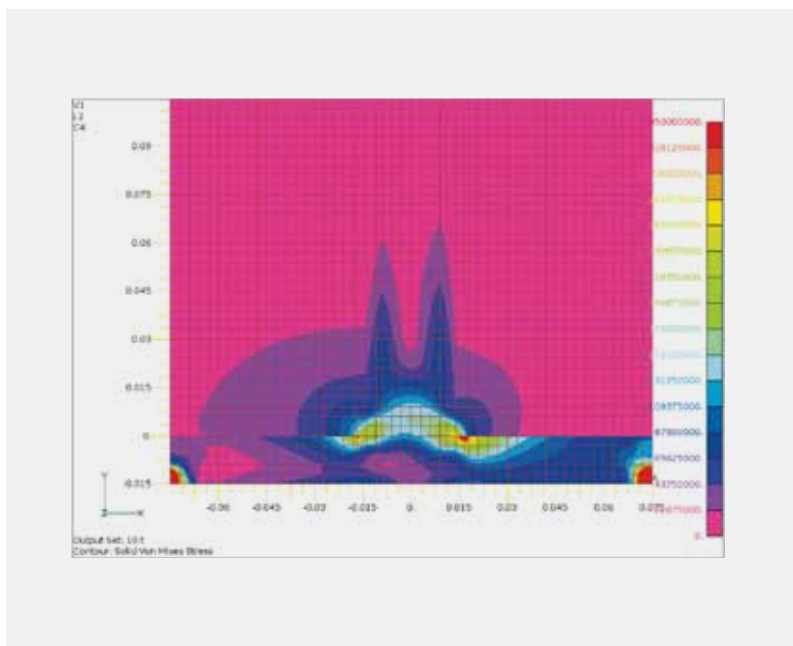
Полученные результаты прошли апробацию при заводском изготовлении и монтаже сталежелезобетонных пролетных строений моста через реку Москву в Лужниках в 1998–2002 годах.

Второе направление развития технологии гибких упоров велось НИИ мостов на основе использования хорошо известного способа приварки арматурных стержней к закладным деталям автоматической сваркой под флюсом.

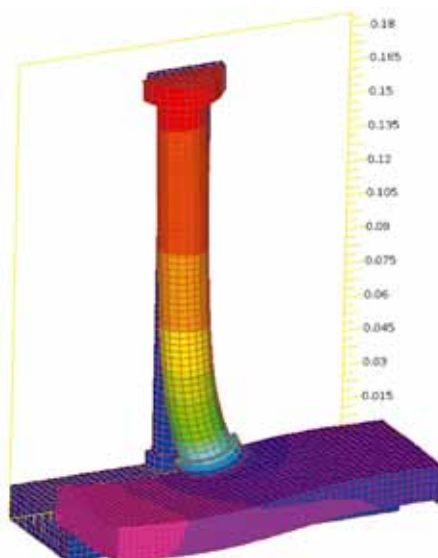
Использование арматурной стали для гибких упоров, воспринимающих усилия сдвига в сталежелезобетонных пролетных строениях, представляло значительный интерес в связи с тем, что стоимость упоров из арматурных стержней значительно ниже стоимости зарубежных расходных материалов.



Стальная конструкция, изготовленная сварщиками компании SWUK Steel Decking Ltd (Великобритания) с 30-летним опытом работы с упорами



Конечно-элементная модель упора в бетоне





Исследование сопротивления усталости пояса с гибкими упорами. Разрушение образца № 9 по зоне несплавления между телом упора и кольцевым валиком

Деформация и усталостные трещины в основаниях упоров после динамических испытаний



Пуск железнодорожного моста
через реку Лену в Усть-Куте в 1975 г.
Фото Михаила Москвина

Результаты исследований, выполненных в 2001–2002 гг. в рамках работ по поиску и подбору наиболее оптимальной арматуры, способной обеспечить надежное соединение с мостовым металлопрокатом, к сожалению, широкого внедрения в мостостроительной практике не нашли.

В этот период коллектив отдела сварки НИИ мостов, возглавляемый В.С.Агеевым (С.В.Морозов, М.П.Шурыгина, В.М.Олеков, В.И.Криворотов и Г.Н.Ростовых) совместно с ОАО «ЦНИИС», корпорацией «Трансстрой» и ОАО «Гипротранс-мост» подготовил и выпустил два нормативных документа:

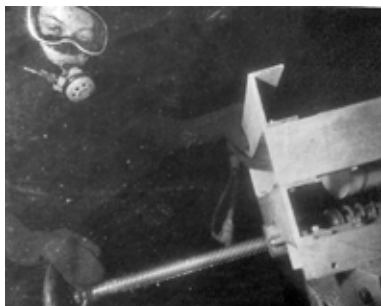
1) Технология устройства упоров в виде круглых стержней с головкой из импортных материалов в конструкциях мостов: СТП 015–2001;

2) Технология устройства упоров в виде круглых стержней с головкой из отечественных материалов в конструкциях мостов: СТП 016–2002.

Работы по укреплению и повышению надежности мостовых опор в НИИ мостов получили продолжение в конце 1970-х годов, когда для обоснования оценки состояния опор была усовершенствована методика обследования их подводной части с помощью телевизионных установок и подводного фотографирования. Была также разработана установка для выбуривания под водой образцов бетона для исследования его физико-механических характеристик. На основе экспериментов и расчетов были предложены прогрессивные технологические решения и материалы для ремонта опор.

Проведение подводных обследований опор и разработка предложений по повышению их надежности во многом опиралась на деятельность созданной в НИИ в конце 1970-х годов водолазной группы под руководством инженера-гидротехника и водолазного специалиста В.С.Кагана. Группа входила в состав отдела бетонных и железобетонных искусственных сооружений НИИ мостов.

Водолазная группа имела прекрасное оснащение для того времени: отечественное и японское водолазное снаряжение, подводную телевизионную установку, герметичную камеру для подводного фотографирования, эхолот. Группа была оснащена автотранспортной техникой (автомобиль ЗИЛ со



Обследование подводной части опор моста. Фото из архива водолазной группы НИИ мостов



специализированным прицепом-кунгом для выполнения водолазных работ, прицепом для катера-лодки) и катером для работы водолазов у опор мостов.

Коллектив водолазной группы и привлеченные к работе по данной тематике сотрудники НИИ мостов занимались обследованием и испытанием опор мостов Октябрьской железной дороги и подводной части гидротехнических сооружений, разработкой руководящих документов для работников отделов искусственных сооружений, служб пути, управлений железных дорог и дистанций пути, отвечающих за безопасную эксплуатацию искусственных сооружений, для ремонтно-обследовательских водолазных станций МПС, выполняющих обследование подводной части опор мостов.

В работе водолазной группы НИИ мостов в качестве специалистов-водолазов в разное время принимали участие В.С. Каган, С.А. Апраксин, Е.А. Шкаренко, О.Поликарпов, Е.Федорович.

Разработкой руководящих документов, связанных с эксплуатацией подводной части железнодорожных мостов, занимались В.С. Каган, В.П. Кузьмин, Г.С. Карапетова, Н.В. Тимофеева, А.М. Уздин, А.Л. Брик, М.Ю. Цибарова.

Главной задачей обследования и испытания опор мостов являлось выявление их действительного состояния и прогнозирование возможности дальнейшей безопасной эксплуатации. Полученные результаты легли в основу разработки методик и технических средств оценки состояния подводной части опор эксплуатируемых мостов, вошли в нормативные документы, утвержденные Главным управлением пути МПС. Среди них:

- инструкция по определению прочности бетона подводной части опор мостов;
- инструкция по оценке необходимости ремонта подводной части опор мостов;
- руководство по содержанию подводной части опор эксплуатируемых железнодорожных мостов.

Рекомендации водолазной группы и отдела бетонных и железобетонных искусственных сооружений института были использованы при обследовании опор эксплуатируемых мостов Октябрьской железной дороги, в частности, через Волгу у Твери, а также ряда автодорожных мостов, например, через реку Нарову между Нарвой и Ивангородом.

Метод оценки надежности подводной части опор был апробирован при расчете 23 опор одиннадцати эксплуатируемых мостов Октябрьской железной дороги (например, через реку Тулому, канал Онда-ГЭС, через реки Сясь и Оять). Объективность и сопоставимость вероятностных оценок надежности позволили формализовать решения по оценке состояния опор мостов в рамках автоматизированной системы содержания искусственных сооружений на сети железных дорог и на этой основе назначать очередность ремонта мостов.

Водолазная группа прекратила свое существование в 1997 году в связи с трудностями в дальнейшем финансировании этого направления и реорганизацией НИИ мостов.

Работа института по совершенствованию мостовых опор выполнялась совместно с ЦНИИС, другими проектными, конструкторскими и строительными организациями при создании нового типа столбчатых опор для применения в условиях вечной мерзлоты, при сооружении мостов на Байкало-Амурской магистрали.

Участие в строительстве БАМа открыло для многих сотрудников НИИ мостов новые направления научных поисков и технологических разработок. Специальные исследования, выполненные вместе с ЦНИИС, Новосибирским и Московским институтами инженеров транспорта, проектными учреждениями и мостовыми заводами, позволили создать надежные для эксплуатации в суровых климатических условиях конструкции металлических и железобетонных пролетных строений.

Болтосварные пролетные строения «северного» исполнения впервые были применены при возведении моста через реку Лену у города Усть-Кут. Сотрудники института были активно задействованы при сооружении и приемке в эксплуатацию самого крупного мостового перехода БАМа — моста через Амур у Комсомольска-на-Амуре.

В процессе строительства БАМа и в последующие годы институт осуществлял систематические полевые наблюдения за состоянием мостов и других искусственных сооружений. Полученные материалы использовались для внесения изменений в проекты и технологию строительства.

Одним из примеров таких работ могут служить проведенные в сентябре 2006 года обследование и испытания мостов на 4 км подъезда Нерюнгри — Угольная и на участках 2054 км, 2055 км, 2258 км пути Лена Вост. — Тында.

Основной целью проведенных обследований и испытаний пролетных строений мостов являлось установление их фактической грузоподъемности и разработка рекомендаций по установлению очередности ремонта и усиления эксплуатируемых сталежелезобетонных пролетных строений.

В 2007 году работы сотрудников института по обследованию и испытаниям мостов на БАМе были значительно расширены — они были проведены уже на 22 мостах участка железной дороги между станциями Хани и Тында, а количество проверяемых пролетных строений достигло 45. Был увеличен и объем работ, включавших полномасштабное обследование сталежелезобетонных пролетных строений, их статические и динамические испытания.

Полученная в результате обследования и испытаний мостов БАМа научно-техническая продукция института (данные о состоянии конструкций, результаты оценки несущей способности сталежелезобетонных пролетных строений, решения по их ремонту и усилению) позволила затем обоснованно планировать ремонтно-восстановительные работы, решать вопросы по безопасному пропуску поездов с установленными скоростями, а также достичь экономии средств за счет продления сроков эксплуатации существующих пролетных строений.



**ЭДУАРД СТЕПАНОВИЧ
КАРАПЕТОВ**

к. т. н., профессор кафедры «Мосты»
ПГУПС:

—
В период строительства
БАМА мы тесно
сотрудничали с НИИ
мостов в разработке
конструктивных решений
по строительству
столбчатых опор.
Работники НИИ
В. Г. Грушев, А. В. Ненашев,
Р. Г. Болотовский
обеспечивали наши
научные исследования
результатами полевых
испытаний с БАМа.
Доцент нашей кафедры
Василий Иванович
Ярохно активно
участвовал в разработке
Руководств по оценке
грузоподъемности
металлических, а также —
железобетонных мостов.
Подготовленные в 1970-е
годы, эти Руководства
с последующими
изменениями до сих пор
применяются на железной
дороге

Испытания пролетного строения моста на 2055 км участка Лена Вост. — Тында



Проблема возведения на БАМе мостов в условиях сочетания вечной мерзлоты с высокой сейсмичностью вызвала необходимость ускоренного развития сейсмостойкого мостостроения. В НИИ мостов было открыто соответствующее направление, руководителем которого был Александр Михайлович Уздин. Под его началом из молодых сотрудников сложился квалифицированный коллектив, были разработаны методики расчета мостов при сейсмических воздействиях, а также способы сейсмозащиты и сейсмоизоляции инженерных сооружений. Они были использованы в практике проектирования и возведения мостов в зонах с высокой сейсмичностью, в частности, при строительстве железной дороги Адлер — Альпика-Сервис, о которой пойдет речь в одной из следующих глав этой книги.

Что же касается участия института в сооружении и эксплуатации Байкало-Амурской магистрали, то за успешное решение комплекса научно-технических проблем строительства БАМа НИИ мостов был удостоен двух престижных Дипломов — Государственного комитета по науке и технике и Всесоюзного Центрального Совета профессиональных союзов (ВЦСПС).

Еще в 1950-е годы в НИИ мостов проводились исследования воздействия подвижного состава на железнодорожные мосты. В 1957 г. инженером Р.З.Маниловой было опубликовано сообщение «О новых поездных нагрузках и их воздействии на железнодорожные мосты». Это исследование явилось одним из первых этапов проводимой в последующем НИИ мостов большой комплексной работы по усилению железнодорожных мостов.

По заданию МПС ГУ в 1981 г. Ю.Г.Козьминым, Р.З.Маниловой, И.В.Рупасовой были впервые разработаны и утверждены «Указания по определению условий пропуска нагрузок по железнодорожным мостам». При участии Р.З.Маниловой в 1983 г. разработана «Инструкция по проектированию и установке полимерных опорных частей мостов» ВСН 86–83. В институте постоянно проводились работы по анализу состояния мостов старых норм постройки. По заданию ЦД МПС подбирались маршруты следования тяжелых транспортеров по железнодорожным мостам.

На стр. 66–67:
Вид совмещенного моста через Волгу около Ульяновска со стороны Чишмы







В 1986 году разработаны технические мероприятия по эксплуатации металлических мостов для обеспечения пропуска грузовых поездов повышенного веса с подвижным составом нового типа. Проведено исследование, как влияет повышение осевых нагрузок вагонов на усталостную прочность старых пролетных строений. Разработан комплекс мероприятий, обеспечивающих надежную работу мостов при повышении осевых нагрузок от подвижного состава.

Через 15 лет НИИ мостов продолжил указанные исследования по заказу Департамента пути и сооружений МПС. Был проведен комплекс испытаний стальных образцов, вырезанных из элементов пролетных строений, которые заменили на новые после 70–90 лет эксплуатации на магистралях разной грузонапряженности. Исследовались химический состав и структура металла, в том числе в зонах заклепочных отверстий, долговечность основного металла и образцов с концентраторами напряжений в виде отверстий от удаленных заклепок.

Был выполнен анализ грузоподъемности элементов главных ферм и проезжей части пролетных строений норм проектирования 1884–1932 гг., который показал, что прочность стальных пролетных строений, спроектированных по нормам 1907–1932 гг. и не имеющих существенных дефектов, достаточна для пропуска новых типов подвижного состава с осевыми нагрузками до 27 тс и погонными до 9 тс/м включительно. При этом испытания на выносливость подтвердили ранее полученные данные о том, что необходимо проводить мероприятия по усилению отдельных узлов указанных пролетных строений с целью повышения их долговечности или планировать замену таких конструкций на новые при вводе в обращение более тяжелых поездных нагрузок.

В 2014–16 гг. полученные результаты были использованы НИИ мостов при разработке предложений и мероприятий по подготовке мостов на сети железных дорог страны для пропуска подвижного состава с осевыми нагрузками до 27 тс и погонными до 9 тс/м пути. Для подтверждения результатов проведенных ранее исследований сотрудники отдела испытаний мостов и конструкций по договору НИИ мостов с ОАО

Измерение прочности бетона при помощи электронного измерителя прочности бетона ИПС-МГ4

Определение толщины лакокрасочного покрытия стойки СЗ-3 правой фермы пролетного строения на мосту через Волгу около Ульяновска

«РЖД» в 2014 году провели испытания нескольких эксплуатируемых мостов (спроектированных по разным нормам) на линии Ковдор — Мурманск при воздействии тяжеловесных поездов, сформированных из полувагонов с осевым давлением 27 тс. Результаты экспериментальных исследований подтвердили, что мосты, спроектированные по нормам XX века, имеют достаточную прочность для пропуска указанного подвижного состава.

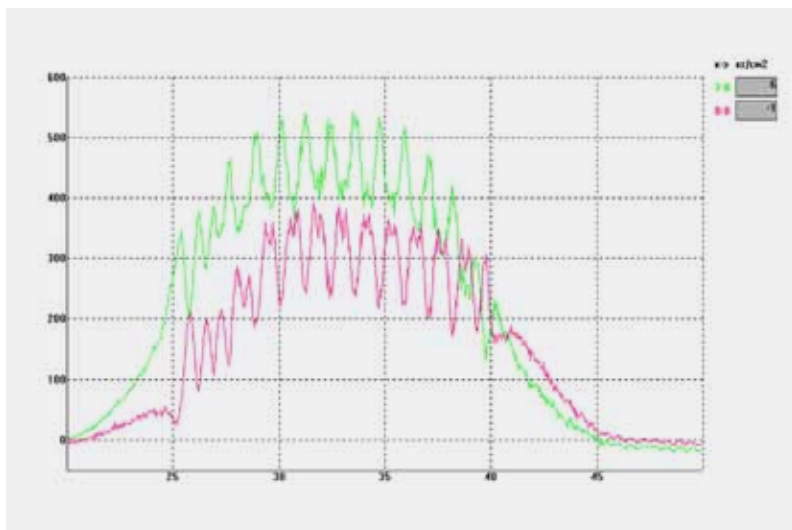
В 2004 г. В.В.Кондратовым и И.В.Рупасовой разработана «Инструкция по оценке грузоподъемности металлических пролетных строений по результатам испытаний, в том числе неизвестных лет постройки», в которой были использованы разработки А.М.Немзера. Через 10 лет основные положения Инструкции были использованы при разработке новой главы подготовленного в 2015 году к переизданию «Руководства по определению грузоподъемности металлических пролетных строений железнодорожных мостов».

Ежегодно сотрудники института проводят большой объем полевых исследований по оценке фактической работы мостов, их готовности к пропуску увеличивающегося грузопотока, изменения скоростного режима движения, других условий эксплуатации. Научный анализ полученных данных позволяет точнее определять главные направления развития мостостроения, пути совершенствования норм и правил проектирования, строительства и эксплуатации мостов.

Одним из основных направлений в тематике работ НИИ мостов всегда было и остается проведение обследования и испытаний объектов транспортной инфраструктуры после их возведения, реконструкции или ремонта. При этом особое место занимают работы на так называемых внеклассных мостах — мостовых переходах через большие реки и другие преграды в сложных рельефных и геологических условиях, где, как правило, применяются индивидуальные проекты и конструкции. Длина таких мостов превышает 300–500 метров, а размер отдельного пролетного строения может составлять более 150 метров.

Только в 2000-е годы институт принимал участие в работах на многих таких мостах, в том числе в 2005 году через реку Иртыш (длиной 910 м) на участке Свердловской железной дороги Тюмень–Нижевартовск, через рукав Волги реку Бузан (727 м) на участке Астрахань — Аксарайская Приволжской железной дороги, через реку Волгу (801 м) на линии Ярославль — Данилов Северной железной дороги. В 2006–2008 гг. проводилось обследование моста через реку Волгу (2111 м) около Ульяновска на 896 км линии Инза — Чишмы Куйбышевской железной дороги, в 2007 году — через реку Каму (986 м) на 1149 км четного пути участка Агрыз — Янаул Горьковской железной дороги, в 2008 году — через реку Оку (580 м) на участке Москва — Ожерелье Московской железной дороги и через реку Волгу (1710 м) на участке Саратов — Урбах Приволжской железной дороги.

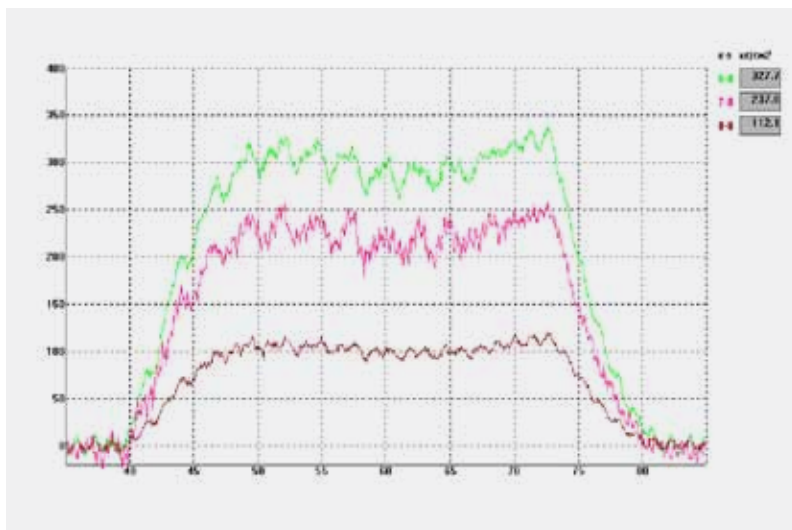
Выделим также проведенные в 2010 году обследования и испытания моста через реку Дон (756 м) на



Динамические испытания пролетного строения испытательной нагрузкой на мосту через Волгу около Ульяновска

Тензометрические измерения напряжений в поясах продольных балок проезжей части пролетного строения

Тензограммы изменения напряжений в раскосах Н9-В10 главных ферм пролетного строения



участке Лихая — Волгоград Приволжской железной дороги и в 2011 году на мосту через Волгу (1091 м) на участке Канаш — Агрыз Горьковской железной дороги.

На примере одного из перечисленных выше мостов подробнее рассмотрим задачи и характер проводимых сотрудниками института работ. В целом они являются типовыми, хотя на каждом таком внеклассном сооружении есть свои индивидуальные особенности, требующие разработки особых подходов при проведении обследования и испытаний.

Мост через Волгу у Ульяновска на линии Инза — Чишмы имеет свою уникальную историю. Его первоначальный вариант был спроектирован Николаем Аполлоновичем Белелюбским и построен в 1913–1916 гг. как крупнейший в ту пору железнодорожный переход через великую русскую реку. Тогда мост считался одним из самых больших в Европе, а его строительство продолжалось несмотря на все трудности, связанные с бушевавшей Первой мировой войной. В октябре 1916 года, сто лет назад, мост был сдан в эксплуатацию.

В 1952–1958 гг. была проведена реконструкция моста, связанная со строительством Куйбышевской ГЭС и разливом одноименного водохранилища. Тогда появилась автомобильная составляющая моста.

В 1983 году на мосту произошла авария в результате столкновения пассажирского теплохода с пролетным строением длиной 159 метров. На мосту в это время проходил грузовой поезд, произошел его сход, многие элементы пролетного строения получили повреждения от ударов грузовых вагонов. Непосредственно после аварии представители нескольких проектных институтов с участием сотрудников НИИ мостов А.Н.Лазарева и Ю.Б.Шапиро провели обследование поврежденного пролетного строения и подготовили проект его усиления. После ремонта поврежденного пролетного строения по мосту было открыто движение поездов с ограничением скорости до 15 км/ч.

Руководство МПС потребовало увеличить скорость движения поездов по мосту, вследствие чего НИИ мостов было поручено провести испытания усиленного пролетного строения. Летом 1985 года сотрудники мостоиспытательной лаборатории НИИ мостов Ю.Б.Шапиро, Е.Ф.Мухачев, В.В.Кондратов, Ю.П.Миролюбов, Ю.П.Сподарев провели эти испытания. На основе экспериментальной оценки грузоподъемности мостовой конструкции было подготовлено заключение о возможности пропуска по мосту грузовых поездов со скоростью до 60 км/ч.

В 2003–2010 гг. был проведен капитальный ремонт моста. Он включал, прежде всего, полную замену всех дореволюционных пролетных строений, ремонт тела опор и устоев с подводным и надводным инъектированием цементного раствора в кладку опор и устройством железобетонной рубашки усиления. Во время ремонта автомобильное движение по мосту не прерывалось.

Фактически на старом месте у Ульяновска возводился новый железнодорожный мостовой переход через реку Волгу,



который был построен по проекту, разработанному филиалом «Гипротранспуть» ОАО «Росжелдорпроект». Сотрудникам НИИ мостов в соответствии с заключенным договором необходимо было провести обследование конструкций, контрольные измерения и инструментальные съемки, статические и динамические испытания пролетных строений. Целью работ было получение данных о готовности конструкций моста к безотказной работе, а также статических и динамических характеристик для оценки работы пролетных строений в период эксплуатации.

В ходе обследования было проверено:

- состояние верхнего строения пути;
- состояние безбалластного мостового полотна;
- наличие, комплектность и состояние соединительных элементов и связей;
- наличие (полнота установки) и состояние болтовых соединений;
- наличие местных искривлений основных и второстепенных элементов;
- наличие и состояние ограждений.

Были проведены контрольные измерения и инструментальные съемки для проверки генеральных размеров конструкций и сечений элементов. По результатам обследования моста была составлена ведомость дефектов, которые необходимо было устранить до пуска моста в эксплуатацию. При этом дефектная ведомость включала 116 отдельных позиций, что свидетельствовало как о большом числе недоработок строителей и отделочников, так и об особой тщательности проведенного осмотра.

Монтаж первой очереди автодорожного моста через реку Енисей в Красноярске

Вместе с тем по результатам обследования был сделан вывод, что обнаруженные дефекты не препятствуют пропуску расчетных нагрузок по мосту с допустимой скоростью движения 40 км/ч. Для обеспечения долговечности моста и повышения скорости движения было предписано провести конкретные работы по устранению выявленных дефектов.

Значительную часть работ на мосту составляли контрольные измерения и инструментальные съемки. Испытания проводились с целью определения действительного напряженного состояния основных элементов и прогибов пролетных строений под действием временной нагрузки и их сравнение с расчетными величинами. В качестве испытательной нагрузки применялся тепловоз 2ТЭ10М с десятью груженными полувагонами.

Напряжения в элементах пролетных строений, полученные при статических испытаниях, не превысили расчетных значений от испытательной нагрузки, что свидетельствовало о соответствии работы конструкции принятой расчетной схеме.

Результаты проведенных статических и динамических испытаний показали, что по своим техническим характеристикам замененные пролетные строения железнодорожного моста через Волгу в районе Ульяновска обеспечивают пропуск обращающихся и перспективных нагрузок.

Оценка состояния внеклассных мостов занимала значительный объем в работах института последних лет, но этим деятельность отдела испытаний мостов и конструкций далеко не исчерпывалась. О ряде крупных проектов, реализованных в последний период, речь пойдет в следующих главах.

Подъемно-переходной мост железнодорожной паромной переправы в г. Балтийск



Но здесь хотя бы перечислим некоторые из работ, в которых были задействованы многие сотрудники этого отдела и всего института.

Так, в 2000 году по заказу МПС была разработана усовершенствованная конструкция прокладного слоя при укладке плит безбалластного мостового полотна на обычных и скоростных железнодорожных линиях. В 2001 году также по заказу МПС были подготовлены «Технические указания по устройству и конструкции мостового полотна на железнодорожных мостах», а в 2003 году (заказчиком выступило уже ОАО «РЖД») — «Методика оценки грузоподъемности сталежелезобетонных пролетных строений эксплуатируемых железнодорожных мостов». Годом позже были разработаны методические указания по диагностике пролетных строений эксплуатируемых мостов по результатам испытаний и программное обеспечение обработки данных испытаний мостов. Также в 2004 году институт по заказу ОАО «Трансмост» участвовал в разработке Специальных технических условий проектирования мостового перехода через пролив Невельского между материком и островом Сахалин — проекта, который остается в числе перспективных для реализации уже многие годы.

В 2006 году был выполнен заказ Инжинирингового центра «Ямал» — разработана сметная документация на ввод в эксплуатацию мостовых переходов железнодорожной линии Обская-Паюта (п-ов Ямал). Тогда же институт принял участие в разработке стыка уравнильного для обеспечения работы бесстыкового пути на мостах при скоростях 300 км/час (по заказу ВНИИЖТ). Этот год был насыщен работами по проведению обследования и испытания мостов, в том числе

Испытания подъемно-переходного моста железнодорожной паромной переправы Кавказ — Крым





Демонтированное пролетное строение моста через реку Волгу в г. Зеленодольск проектировки Н. А. Белелюбского

через реку Которосль на участке Ростов Ярославль, через реку Тысью на 237 км участка Рязань — Кустаревка Московской железной дороги, через реку Лаву на 1235 км участка Москва — Калининград Калининградской железной дороги. Была проведена оценка технического состояния и испытания подъемно-переходного моста в г. Усть-Луга, обследование городского арочного трехпролетного железобетонного моста через реку Терек по заказу МУ «Управление по строительству АМС г. Владикавказа».

В этот период НИИ мостов активно сотрудничал с железнодорожными и другими организациями стран Балтии. В 2004 году были проведены обследование и испытания однопролетного однопутного моста на 176 км участка Елгава-Крустпилс. В 2006 году по заказу ГАО «Латвияс Дзлзцельш» были выполнены оценка технического состояния и испытания железнодорожного моста через реку Венту на 154 км участка Елгава — Лиепая, обследование и испытания железнодорожного моста через реку Резекне участка пути Резекне I — Резекне II.

В 2007 году по заказу АО «Эстонские железные дороги» была проведена оценка технического состояния металлического моста на 418 км участка пути Тапа — Тарту. А в 2010 году по заказу строительной компании AS «MERKO ENITUS» сотрудниками НИИ мостов было выполнено исследование технического состояния железнодорожного путепровода на автомобильной дороге E20 Tallinn — Narva перед началом строительства тоннеля и проведено испытание пролетного строения путепровода под обращающейся нагрузкой. Выполнялись и другие заказы латвийских и эстонских организаций.

Петербургский акцент НИИ мостов

Глава IV

Вовсе не случайно одним из символов Петербурга является силуэт разведенного Дворцового моста. Для большинства горожан и гостей города он, прежде всего, служит напоминанием о романтической поре петербургских белых ночей. Но для тех, кто профессионально связан со строительством и эксплуатацией мостов, этот силуэт скорее является наглядным свидетельством того, какую колоссальную роль играют мосты в повседневной жизни города на Неве, расположенного на островах в дельте широкой реки.

Первый мост появился в городе вскоре после его основания в 1703 году, соединив Заячий остров с только что заложенной там Петропавловской крепостью и Городовой остров (ныне Петроградская сторона), где началось строительство жилых домов, в том числе — первого деревянного дома для основателя Петербурга царя Петра I. Этот мост, многократно затем перестраивавшийся, и сегодня ведет в Иоанновские ворота Петропавловской крепости и также носит название Иоанновский. Именно с него началась летопись возведения петербургских мостов.

Сегодня их в городе около 600, а общая длина петербургских мостов достигает 16 километров. На примере их возведения можно изучать историю мостостроения трех последних столетий. Берега Невы, ее рукавов, многочисленных малых рек и каналов соединили мосты из самых разных материалов — дерева, чугуна, стали, камня, железобетона и даже из алюминия.

В петербургских мостах заложены лучшие достижения отечественной и мировой инженерной мысли, воплощены поиски знаменитых архитекторов и художников. Например, мало кому из неспециалистов известно, что один из самых красивых невских мостов — Троицкий — построен по проекту французского инженера А.Г.Эйфеля, что роднит этот мост со знаменитой башней в Париже. А, скажем, ажурные перила Благовещенского моста были спроектированы выдающимся русским архитектором и живописцем А.П.Брюлловым.

История распорядилась так, что Благовещенский мост стал первым постоянно действующим мостом через Неву, соединив в 1850 году Васильевский остров и центральную часть города. И именно этот мост первым подвергся кардинальной реконструкции в 1936–1938 гг., когда из-за возросших транспортных нагрузок чугунные конструкции были заменены на стальные, после чего пролетные строения моста стали легче в четыре раза. При этом впервые в отечественной практике все стальные конструкции были собраны с помощью электросварки, что сделало этот мост, носивший в советские годы имя Лейтенанта Шмидта, одним из крупнейших сварных мостов в мире.



Благовещенский мост — первый постоянно действующий мост через Неву. Построен в 1850 г. При его реконструкции в 1936–1937 гг. впервые были применены металлические пролетные строения со сварными заводскими соединениями



Иоанновский (до 1887 г. — Петровский) мост. Построен на месте первого наплавного моста Санкт-Петербурга, соединившего острова Заячий и Городовой (ныне Петроградская сторона)



На стр. 78–79: Дворцовый мост — открыточный символ и важнейший транспортный нерв Санкт-Петербурга. Впервые открыт для движения 23 декабря 1916 года

Предвоенная реконструкция этого моста проводилась по проекту и под руководством академика Г. П. Передерия, учеником и соратником которого в эти годы уже являлся будущий создатель НИИ мостов К. Г. Протасов. Тем самым закладывались и продолжались затем традиции участия специалистов НИИ в судьбе практически всех петербургских мостов.

В течение многих лет сотрудники института занимались исследованиями и испытаниями самых крупных невских мостов, в частности, таких как мосты Александра Невского, Петра Великого (Большеохтинский), Володарский, Кантемировский, Марьинский.

Вот некоторые эпизоды выполнения сотрудниками института работ на мостах через Неву. На мосту Александра Невского во время разводки в 1982 году обрушился противовес левого крыла разводного пролета. Под руководством Ю. Б. Шапиро были проведены работы по детальному обследованию всего моста, обнаружены усталостные трещины протяженностью около 1 метра в поперечной балке. Испытание правой части разводного пролетного строения в процессе разводки выявило ошибки в проектировании, что позволило разработать рекомендации по усилению мостовой конструкции. Опытные работы и оказание научно-технической помощи по выполнению монтажной сварки на мосту А. Невского были выполнены под руководством В. Ю. Шишкина. Испытания моста после восстановления и усиления конструкции показали эффективность принятых мер.

В 1986 году во время испытаний нового Марьинского моста вертикальный прогиб пролетного строения превысил расчетную величину. Испытания были прекращены, и проектировщикам пришлось изменить схему моста, чтобы выполнить требования норм по обеспечению вертикальной жесткости мостовой конструкции.







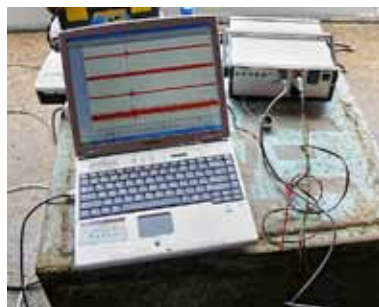
Измерение положения подвижных опорных частей Лазаревского моста



Проверка прочности бетона опор Лазаревского моста прибором ОНИКС-2,5



Акселерометр для измерения колебаний пролетного строения



Измерительная система Геркулес при проведении испытаний

В 1990 году во время реконструкции Володарского моста на основании решения о постройке нового разводного металлического моста старое пролетное строение было демонтировано. Проект демонтажа был разработан СКБ Главмостостроя. Проектом была предусмотрена перевозка на плаву старого железобетонного пролетного строения весом 3000 тонн. Для этого на понтонах были собраны металлические подмости, и эта система была подведена под пролетное строение. Затем вода из понтонов была выкачена, пролетное строение поднято, отбуксировано вверх по Неве и сдвинуто на берег. Во время подъема и буксировки пролетного строения мостопыпытательной лабораторией НИИ мостов был организован постоянный контроль за всеми элементами конструкций с помощью более 100 датчиков, которые позволяли следить за возникающими напряжениями в опасных местах. Перевозка прошла успешно, а в обследовании и испытании нового пролетного строения лаборатория также принимала участие.

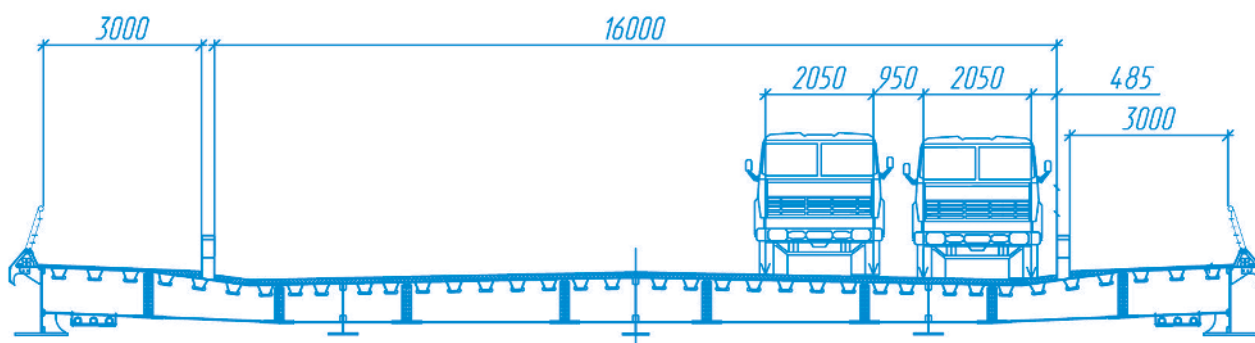
В 1997 году под руководством А.Л. Брига была выполнена работа «Оценка коррозионных повреждений бетона и напряженной арматуры стационарных пролетных строений моста им. Александра Невского». В 2000 году проведено обследование этого моста, обследование технического состояния его опорных частей. Результаты были использованы при разработке проекта ремонта и усиления стационарных железобетонных пролетных строений моста.

В середине 1990-х годов сотрудниками института были проведены испытания стационарных и разводного пролетных строений после капитального ремонта Большеохтинского моста им. Петра Великого.

При реконструкции Троицкого моста заключение специалистов НИИ было учтено при решении вопроса о необходимости замены стальных пролетных строений. По результатам тщательных исследований состояния металлических конструкций удалось доказать, что пролетные строения вполне

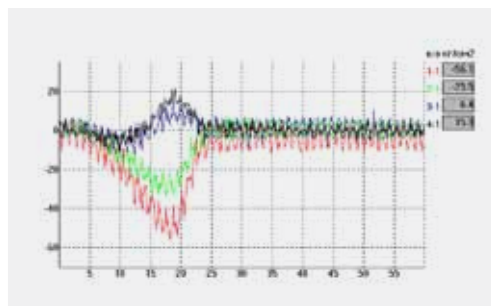
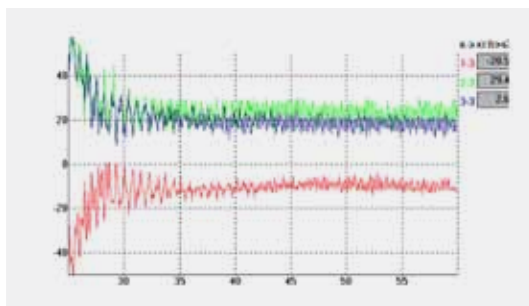
Установка автомобилей на пролетном строении при испытаниях Лазаревского моста

Схема расположения испытательной нагрузки поперек оси моста





Проведение динамических испытаний Лазаревского моста с использованием порожка



пригодны для дальнейшей эксплуатации, и это позволило существенно снизить стоимость и сроки реконструкции моста.

Опыт работы с мостами, уже давно вписавшимися в транспортную инфраструктуру и архитектурный облик Санкт-Петербурга, специалисты НИИ мостов постоянно используют при введении в строй новых мостовых переходов. Примером такой работы могут служить специальное обследование и испытания Лазаревского моста, соединяющего Крестовский и Петроградский острова.

После недавней реконструкции этого моста, построенного в 1947–1949 гг., он превратился из трамвайно-пешеходного и состоящего из 11 пролетов с металлическими балочными конструкциями на деревянных и деревометаллических опорах в однопролетный вантовый мост, по которому открыто четырехполосное автомобильное движение. Реконструированный, а по сути — новый мост с уникальным архитектурным обликом, был сдан в эксплуатацию 23 мая 2009 года.

Но этому событию предшествовали всестороннее обследование и испытания конструкций моста с целью проверки обеспеченности его безотказной работы и надежности эксплуатационных качеств конструкций. Необходимо было также получить первичные данные испытаний для последующей сравнительной оценки технического состояния моста в процессе его эксплуатации. В соответствии с договором сотрудникам НИИ мостов предстояло определить путем испытаний действительное напряженное состояние основных элементов

Тензограммы измерения напряжений в элементах пролетного строения Лазаревского моста

На стр. 84–85:
Современный вид Лазаревский мост
приобрел в 2009 году

и прогибов пролетного строения под действием автомобильной нагрузки и сравнить их с расчетными величинами, а также получить первичные статические и динамические характеристики для сравнительной оценки с данными работы пролетного строения в период эксплуатации.

В ходе обследования Лазаревского моста перед вводом его в эксплуатацию сотрудниками НИИ мостов был проведен широкий комплекс работ по осмотру и измерению продольных профилей главных балок моста, продольного и поперечных профилей проезжей части и тротуаров, габаритов проезжей части. Была также проведена проверка расстояний между торцами главных (продольных) балок и шкафной стенкой опоры № 1 и проверка правильности положения подвижных опорных частей моста.

Затем с помощью измерений неразрушающими методами были произведены проверки прочности бетона опор моста, величин моментов закручивания высокопрочных болтов и качества лакокрасочного покрытия металлических конструкций.

Результаты измерений показали, что все проверенные параметры соответствуют проектным и отвечают необходимым требованиям. Так, например, прочность бетона В30 при всех проведенных измерениях превышала необходимую гарантированную прочность для данного класса бетона, установленную на уровне 38,5 МПа (получена в диапазоне 39,9–53,7 МПа).

Важнейшим элементом проверки готовности моста к эксплуатации является проведение статических и динамических испытаний с измерением прогибов и напряжений. Для этого предварительно определяется схема испытаний,

Так выглядел Лазаревский мост до реконструкции, служа для пропуска трамваев и пешеходов







производится закрепление на выбранных местах приспособлений, тензодатчиков и приборов, размечается положение испытательной нагрузки, проверяется работа измерительных систем. Производится также определение расчетных величин напряжений и прогибов в местах их измерений от испытательной нагрузки при различных схемах загрузки.

При проведении статических испытаний полнота информации о работе пролетного строения обеспечивалась за счет установки временной нагрузки по различным схемам загрузки для создания наибольших прогибов, изгибающих моментов и усилий в элементах пролетных конструкций.

Все полученные данные измерений сводятся в общую таблицу, где сравниваются с расчетными величинами. Как показал анализ всех полученных данных при проведении статических испытаний, значения конструктивных коэффициентов для наиболее нагруженных элементов моста находятся в диапазоне 0,828–1,058, что говорит о работе моста в соответствии с расчетной схемой.

Для проведения динамических испытаний временную нагрузку (груженые КАМАЗы) пропускали по мосту с различной скоростью как беспрепятственно, так и через порожек высотой 4 см. В момент прохода по мосту испытательной нагрузки замерялись прогибы и колебания пролетного строения.

В результате проведенных измерений было установлено, что полученные значения динамических коэффициентов по тензограммам напряжений при испытаниях моста для пролетного строения в различных сечениях не превышают нормативной величины.

В отчете НИИ мостов о обследовании и испытаниях Лазаревского моста было обращено внимание на тот факт, что в ряде случаев полученные результаты измерений отличаются от среднестатистических, но необходимо учитывать, что сама конструкция моста уникальна, и данных по испытаниям аналогичных конструкций накоплено еще недостаточно.

Однако в целом сделан вывод о том, что пролетное строение и опоры моста выполнены согласно проекту с учетом согласованных изменений. По своим техническим характеристикам мост обеспечивает пропуск проектных нагрузок.

Результаты обследования и испытаний Лазаревского моста перед вводом его в эксплуатацию обеспечил коллектив сотрудников Отдела испытаний мостов и конструкций НИИ мостов во главе с заведующим отделом С. А. Клюкиным. В проведении расчетов, измерений и других работах на мосту приняли участие зам. заведующего отделом М. А. Мухина, ведущий научный сотрудник, к. т. н. В. М. Олеков, научные сотрудники А. И. Орешкин, Н. М. Малахова, Д. Н. Степанов, инженер А. С. Дудик и другие специалисты.

После устранения ряда отмеченных сотрудниками института недостатков и завершения всех работ по благоустройству Лазаревский мост был принят в эксплуатацию. Специалисты отмечают современные динамические технологические решения этого вантового моста, и в то же время — очень выразительный архитектурный облик. Не случайно этот мост стал

Для города, в котором НИИ мостов родился и уже семь десятилетий успешно выполняет свое основное предназначение, институт остается одним из важнейших научных, исследовательских и практических учреждений, обеспечивающих надежное и оперативное решение самых актуальных задач по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга



Испытания железнодорожного моста через Обводный канал после реконструкции

излюбленным местом натуральных съемок кинематографистов и тем самым расширил галерею питерских мостов, известных далеко за пределами города по увиденным фильмам.

Понятно, что, несмотря на железнодорожную специализацию, сотрудники НИИ мостов постоянно получают в Санкт-Петербурге заказы на проведение различных работ и по объектам других отраслей, включая автодорожные мосты, эстакады и иные разнообразные искусственные сооружения. Так, например, в 2007 году институт занимался оказанием технической поддержки при строительстве транспортной развязки на пересечении КАД с Пулковским шоссе, в 2008 году обеспечил обследование клепаных металлоконструкций мостового крана грузоподъемностью 80/10 т в цехе № 7 ОАО «Балтийский завод», в этом же году произвел оценку технического состояния и испытания металла разводного пролетного строения Дворцового моста на усталостную прочность.

Большой объем работ был выполнен НИИ мостов в 2006-м, а затем в 2008 году на Володарском мосту через Неву. Сначала сотрудниками института были проведены оценка технического состояния, и режимов нагруженности стационарных пролетных строений Володарского моста с целью выявления причин образования усталостных трещин в узлах прикрепления диагоналей поперечных связей главных балок. Установление причин появления указанных дефектов позволило рекомендовать способ ремонта узлов прикрепления связей.

Конечно, в пределах Санкт-Петербурга институт выполняет и значительную часть работ на находящихся в черте города железнодорожных мостах, магистралях и подъездных путях, начиная с самого большого Финляндского моста через Неву. В последние годы приходилось, в частности, заниматься оценкой технического состояния и приемочными испытаниями железнодорожных мостов («Литеры А, Б, Е и Г») через Обводный канал на Московском направлении Октябрьской железной дороги – филиале ОАО «РЖД» и там же – совмещенного моста («Литер Е»), обеспечивать научно-техническое сопровождение реконструкции железнодорожных мостов через Обводный канал на Московском направлении Октябрьской железной дороги.

Олимпийский экзамен НИИ мостов

Глава V

Уже сейчас очевидно, что возведение многочисленных спортивных сооружений и сложных инженерных объектов для проведения Зимних Олимпийских игр в Сочи в 2014 году войдет в историю как одна из крупнейших и комплексныхстроек России первой четверти XXI века. Впервые Международный Олимпийский комитет принял решение о проведении Олимпиады там, где все основные объекты для организации спортивных состязаний и их обеспечения необходимой инфраструктурой были представлены к моменту голосования членов МОК в июле 2007 года только в эскизных проектах. Многие из них вовсе были бы не реализованы, если победу присудили бы конкурентам Сочи. Но выбор был сделан в пользу главного южного курорта России, и с этой минуты начался ответственный отсчет олимпийскихстроек.

Помимо спортивных сооружений основной объем олимпийского строительства приходился на транспортную инфраструктуру. Предстояло коренным образом модернизировать дорожную сеть города-курорта, построив новые магистрали, мосты, эстакады и крупные транспортные развязки. Но ключевым инфраструктурным объектом, обеспечивающим успешное проведение Олимпийских игр 2014 года в Сочи, призвана была стать новая совмещенная (автомобильная и железная) дорога Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис». Ее возведение от Адлера вдоль реки Мзымта к горным поселкам Красная Поляна и Эстосадок, в увязке с железнодорожной веткой от Адлера к аэропорту Сочи сразу обозначило перед проектировщиками и строителями ряд уникальных задач.

Главная особенность трассы состояла в том, что ее предстояло возвести в сложных топографических и инженерно-геологических условиях. Дорога длиной менее 50 км, тем не менее, должна была пересечь ряд температурно-влажностных зон (от Черноморского побережья до горных районов Кавказа). На стадии проектирования и строительства необходимо было также учесть переменное по силе и направлению ветровое воздействие на трассу, проложенную в ущелье реки Мзымта, и высокую сейсмичность этой зоны с оценкой в 9–10 баллов.

Важно подчеркнуть, что значение дороги с самого начала выходило за границы чисто олимпийского проекта с последующим обслуживанием приезжающих на отдых на горноклиматическом курорте. Сразу приходилось учитывать то обстоятельство, что в перспективе данная магистраль может быть продолжена в направлении Кавказских Минеральных вод для создания единой транспортной сети между крупнейшими курортами России и организации дополнительного транспортного выхода в зону Сочи через Кавказский хребет. Поэтому трассу строить нужно было надежно, на века.

Значение строительства дороги Адлер — Альпика-Сервис с самого начала выходило за границы чисто олимпийского проекта. В перспективе данная магистраль может быть продолжена в направлении Кавказских Минеральных вод для создания единой транспортной сети между крупнейшими курортами России и организации дополнительного транспортного выхода в зону Сочи через Кавказский хребет



Участок эстакады 2 съезда 2 с железобетонными неразрезными пролетными строениями на встроенных ригелях на подходе к мосту через реку Мзымту. Сотрудники НИИ мостов на обследовании эстакады. Слева направо: Д. Н. Степанов, И. В. Рупасова, В. В. Кондратов, М. А. Мухина, А. С. Дудик

Сложнейшей задачей возведения железной дороги Адлер – Альпика-Сервис стала необходимость построить большое число мостовых сооружений, которые составляют более 25 % общей длины трассы протяженностью 48,2 км. При этом, поскольку железнодорожная линия проходит по узкой долине реки Мзымта, основная часть мостовых сооружений (более 90 %) расположена на криволинейных участках с радиусом 600 м и более. Горный характер трассы обуславливает также преимущественное наличие затяжных уклонов величиной до 40 %.

Перед проектировщиками стояла задача разработать унифицированные пролетные строения мостов, чтобы обеспечить хорошие технико-экономические показатели конструкций, комфортность движения поездов на больших скоростях и возможность монтажа этих конструкций в горных условиях.

С учетом небольшого времени, остававшегося до начала Олимпиады, все работы предстояло выполнить в предельно сжатые сроки. По заданию ОАО «Российские железные дороги» проектную документацию и рабочие чертежи строительства железнодорожных и автомобильных мостов было поручено разработать ОАО «Институт Гипростроймост» совместно с ОАО «Мосгипротранс», ОАО «Росжелдорпроект», ОАО «Сибгипротранс» и «Сибгипротранспуть» (филиал ОАО «Росжелдорпроект»).

НИИ мостов принял участие в этом проекте на нескольких стадиях, начиная с разработки в 2008 году «Специальных технических условий на проектирование мостовых сооружений под нагрузку С11 по объекту «Совмещенная (автомобильная







Измерение натяжения высокопрочных болтов пролетного строения моста на ПК 219 линии Адлер – Альпика-Сервис

Подготовка измерительного оборудования при проведении испытаний на ПК 219 линии Адлер – Альпика-Сервис



и железная) дорога Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис», и затем вплоть до завершения строительства в 2013 году, в качестве исполнителя работ на стадии обследования и испытания 38 мостов железнодорожной трассы.

Проектирование совмещенной автомобильной и железнодорожной трассы Адлер — Альпика-Сервис началось сразу после принятия Международным Олимпийским комитетом решения о проведении Игр в Сочи, хотя предпроектные работы осуществлялись и ранее.

Как вспоминал о начале проектных работ генеральный директор ОАО «Институт Гипростроймост» Андрей Витальевич Бобриков (Журнал «РЖД-партнер» №6 (178), март 2010 г.), «...в 2008 году ОАО «Институт Гипростроймост» совместно с ОАО «Мосгипротранс» выполнило анализ плана и профиля проектируемой железной дороги, изучило другие особенности, влияющие на принятие проектных решений конструкции мостовых сооружений. Собственно, на этой предпроектной стадии

специалистами института были предварительно назначены отверстия и схемы всех железнодорожных мостов. В дальнейшем данные решения нашли свое подтверждение в материалах проекта и рабочей документации с некоторыми уточнениями на основании материалов инженерных изысканий. Сейчас можно говорить только об одном решении, принятом ОАО «Институт Гипростроймост» при выстраивании идеологии проектирования мостов железнодорожной линии, которое было изменено впоследствии — это ориентир на двухпутную железнодорожную линию на всем ее протяжении. Проектирование начиналось из расчета пиковых нагрузок в 31 тыс. пассажиров в час, что неизбежно требовало проектировать линию двухпутной. Впоследствии прогнозные размеры пассажиропотока в пиковые часы были снижены до 8,5 тыс. пассажиров в час, было принято решение проектировать линию однопутной с двухпутными вставками на расчетные скорости движения 160 км/ч».

Поскольку ОАО «Институт Гипростроймост» уже имел немалый опыт проектирования мостов на Северном Кавказе, его специалисты предложили на проектируемой трассе в качестве основного типа мостов выбрать металлические пролетные строения, с возможностью их членения на блоки для обеспечения транспортировки и монтажа в сложных горных условиях. Анализ существующих типовых проектов железнодорожных пролетных строений показал, что современных проектных решений, удовлетворяющих особенностям проектируемой линии, нет. Поэтому необходимо было, по предложению проектировщиков этого института, разработать индивидуальные конструкции металлических пролетных строений с ездой на балласте под один и два железнодорожных пути расчетными пролетами 18–110 м с унификацией их по основным параметрам.

Одновременно с этим предложением был сделан важный вывод о возможности снизить класс нагрузки на проектируемые мосты в связи со специализацией проектируемой линии для пассажирского движения и ее расположением на значительных продольных уклонах, что даже в перспективе препятствует организации на ней грузового движения. Такие условия позволяли снизить класс нагрузки для мостов проектируемой линии до С11, что заведомо обеспечивало снижение массы проектируемых пролетных строений и общей стоимости проекта. Эти предложения были в 2008 году поддержаны генеральным проектировщиком и заказчиком проекта — ОАО «Российские железные дороги».

Именно в этот период в работу над олимпийской трассой включился НИИ мостов. По инициативе и совместно с ОАО «Институт Гипростроймост» НИИ мостов перед началом проектирования был разработан нормативный документ, утвержденный Министерством регионального развития РФ, — «Специальные технические условия на проектирование мостовых сооружений под нагрузку С11 по объекту «Совмещенная (автомобильная и железная) дорога Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис». Раздел «Унифицированные

За период проведения XXII Зимних Олимпийских игр (с 7 по 23 февраля 2014 года) пригородными электропоездами ОАО «РЖД» по «олимпийским» маршрутам в Сочи было перевезено около 3 млн 518 тыс. пассажиров. Значительная их доля пришлось на дорогу Адлер — Альпика-Сервис, почти 50 км которой «Ласточки» пролетали за 30 минут, доставляя пассажиров к местам соревнований, по признанию многих, кто посетил Олимпиаду, самым быстрым и удобным способом

конструкции железнодорожных пролетных строений» (СТУ). СТУ содержали требования к проектированию мостовых сооружений, отражающие специфику трассы и нормативно закрепляющие прогрессивные конструктивные и технологические решения, успешно внедренные в практику строительства железнодорожных мостов в последние годы.

С учетом архитектурных требований к искусственным сооружениям совмещенной дороги и указанных выше особенностей строительства трассы выполненным проектом было закреплено применение индивидуальных конструкций пролетных строений железнодорожных мостов. При этом все пролетные строения имеют единые технические решения ездового полотна, унифицированы по двенадцати длинам пролетов и количеству путей, располагаемых на них. При проектировании железнодорожных мостов применены единые типы опор, опорных частей, деформационных швов, смотровых приспособлений, систем гидроизоляции и антикоррозионной защиты сооружений.

Проектом было предусмотрено строительство 38 мостовых сооружений, в конструкции которых применены монолитные железобетонные пролетные строения с ездой на балласте индивидуальной проектировки ОАО «Трансмост» с 18-ю типами неразрезных пролетных строений и 399 металлических пролетных строений двенадцати типоразмеров, запроектированных ОАО «Институт Гипростроймост» как унифицированные конструкции.

Всего на возведении мостов было задействовано 5 мостостроительных организаций, причем в горной части дороги, с 14-го по 46-й км трассы основные работы на сооружении 22 железнодорожных мостов выполняли строители, представлявшие группу компаний СК «Мост».

О масштабах уникального строительства говорят такие факты: при возведении всех мостов смонтировано более 100 тыс. тонн металлоконструкций, уложено 300 тыс. кубометров бетона. Самый протяженный на трассе железнодорожный мост длиной 2,5 км строился рядом с вантовым автодорожным мостом в условиях постоянно действующего оползня. Строителям пришлось решать задачу защиты этих мостов с помощью возведения подпорных стен. При возведении опор мостов и подпорных стен на стройке одновременно использовались до 30 мощных буровых установок, а счет других механизмов и транспортных средств шел на многие сотни. Общая численность строителей всех объектов трассы превышала 12 тыс. человек.

При строительстве всех искусственных сооружений на совмещенной дороге Адлер — Альпика-Сервис принимались особые меры для предотвращения опасного сейсмического воздействия на них. В первую очередь, они касались укрепления тоннелей и мостовых переходов.

Для гашения перемещений, возникающих при сейсмическом воздействии, и для равномерного распределения горизонтальной сейсмической нагрузки между всеми опорами путепроводов и мостов в створе каждой опоры между балками

Перед обследованием моста на ПК 219.
Слева направо: Д. Н. Степанов, В. В. Кондратов, М. Ю. Завизион, И. В. Рупасова, М. С. Сластников, А. С. Дудик



пролетного строения и упорным узлом на опоре устанавливались демпфирующие устройства, имеющие упругую составляющую, т.е. возвращающие пролетное строение в исходное положение. Для этого на всех опорах устанавливались всесторонне подвижные шарово-сегментные опорные части. Водонепроницаемые деформационные швы балочного типа призваны компенсировать температурные перемещения на промежуточных опорах, температурные и сейсмические перемещения на устоях. Кроме деформационных швов устанавливались шок-трансммиттеры, объединяющие разрезные пролетные строения в неразрезное при землетрясении.

Уникальность возведения дороги Адлер — Альпика-Сервис состояла еще и в том, что все сложнейшие работы на трассе необходимо было завершить в 2013 году. А поскольку строительство дороги было начато в 2008-м, то от утверждения проектов до окончательной даты сдачи дороги в эксплуатацию нужно было уложиться всего в несколько лет. Хотя все, кто имел отношение к возведению трассы, утверждают, что с самого начала счет времени шел на дни и часы.

В этом крайне напряженном ритме пришлось работать и сотрудникам НИИ мостов, когда перед ними была поставлена задача оценить состояние и техническую готовность всех мостовых сооружений к эксплуатации. В соответствии с Программой обследования и испытания железнодорожных мостовых сооружений на участке ст. Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис», утвержденной в июле 2011 года, необходимо было обследовать все законченные строительством мосты и трубы и испытать все мостовые сооружения с впервые примененными конструкциями. Но поскольку СНиП 3.06.07–86 жестко не регламентирует объем испытаний при установке на мосту нескольких однотипных пролетных строений, было решено в полном объеме испытывать одно типовое пролетное строение, а остальные подвергать менее детальным испытаниям.

В результате для испытаний были выбраны пять наиболее типичных неразрезных железобетонных пролетных строений железнодорожного моста через реку Мзымту и эстакад и одно железобетонное неразрезное пролетное строение на

встроенных ригелях, а также 25 металлических пролетных строений унифицированной серии — по одному каждого типоразмера, примененного впервые в конструкции мостов на этой трассе. С учетом расположения мостов в криволинейных участках пути и асимметричным их нагружением вертикальной временной нагрузкой было решено подвергать испытаниям однотипные пролетные строения, расположенные в прямолинейном и криволинейном участках пути, для определения пограничных значений напряженно-деформированного состояния мостовых конструкций.

Работы по Программе обследования и испытания железнодорожных мостовых сооружений на олимпийской трассе выполнялись сотрудниками четырех организаций — НИИ мостов, НИЦ МСП, СГУПС и ЦНИИС. При этом основной объем работ (обследование и испытания 32 из 38 объектов) был выполнен совместно НИИ мостов и НИЦ МСП. Работы выполнялись в несколько этапов и начинались с тщательного ознакомления с технической документацией проектов. Затем проводилось обследование искусственных сооружений, которое включало:

- осмотр конструкций мостов и эстакад;
- контрольные измерения и инструментальные съемки (профиль главных ферм или балок пролетных строений, профиль рельсового пути, контроль натяжения высокопрочных болтов, измерение прочности бетона);
- составление дефектных ведомостей по каждому сооружению.

Вторым основным направлением работ, производимых НИИ мостов на олимпийской трассе, были испытания мостовых сооружений и эстакад. Они производились с целью оценки соответствия напряженно-деформированного состояния элементов мостовых конструкций при воздействии на них испытательной нагрузки тем расчетным значениям, которые ранее были получены при нагружении моделей испытываемых пролетных строений.

Основными задачами испытаний мостов были:

- оценка соотношения измеренных и расчетных значений напряжений в основных элементах пролетных строений от испытательной нагрузки;
- определение соотношений измеренных и расчетных значений прогибов пролетных строений от испытательной нагрузки;
- определение величин динамического коэффициента.

За полтора года сотрудниками института был выполнен значительный объем работ на мостах и эстакадах линии Адлер — «Альпика-Сервис». При этом характер работ был однотипным на всех объектах. Поэтому остановимся лишь на трех примерах, раскрывающих содержание проведенных обследований и испытаний.

Обследование моста, находящегося на завершающем участке трассы, всего в 3 км от вокзального комплекса «Альпика-Сервис» (пикет 456+20), производилось как предпусковое перед обкаткой моста, сооружение которого было завершено



Общий вид моста на пикете
456 + 20, железная дорога
Адлер — Альпика-Сервис



Измерение толщины
лакокрасочного покрытия

Д. Н. Степанов и А. С. Дудик
проверяют качество натяжения
высокопрочных болтов



в 2012 году. Проектная документация на пролетные строения была разработана ОАО «Институт Гипростроймост», функции Генерального подрядчика по строительству моста выполнял ООО УК «Трансюжстрой», а непосредственно строительство моста производилось КТФ Мостоотряд-46.

Схема моста: $5 \times 33,6$ м. Полная длина этого моста составила 174 м. Мост расположен на кривой радиусом $R = 600$ м и на продольном уклоне 18‰. Пролетные строения цельно-металлические, разрезные, с ездой поверху на балласте индивидуальной проектировки под два железнодорожных пути. На момент проведения обследования этого моста, которое

проводилось с 5-го по 16 ноября 2012 года, строительно-монтажные работы по сооружению основных конструкций были завершены, за исключением устройства верхнего строения пути и окраски пролетных строений.

Сравнительным изучением проектной и исполнительной документации было установлено, что рабочая документация в целом соответствует требованиям к данному проекту. Отступление от проекта в части устройства гидроизоляции балластного корыта были согласованы Заказчиком и инвестором в установленном порядке.

При обследовании конструкций моста были проведены контрольные измерения прочности бетона опор, толщины окрасочного слоя пролетных строений, величины натяжения высокопрочных болтов и расстояний между торцами пролетных строений.

Обнаруженные недоделки, дефекты и повреждения оценивались с целью определения степени их влияния на несущую способность и эксплуатационные качества отдельных элементов и конструкции в целом.

По результатам обследования моста была составлена ведомость дефектов. Перечень замечаний по данному мосту оказался весьма внушительным и содержал свыше 100 пунктов. Все установленные дефекты были подтверждены фотоматериалами и конкретными описаниями выявленных недостатков. В основном они касались начальной коррозии на различных участках металлических конструкций, следов протечек в узлах крепления и по резиновому компенсатору, по соединительным болтам в деформационных швах, а также наличия трещин, сколов, пор и каверн в бетоне на отдельных участках опор и подферменников. От взоров проверяющих не ускользнуло отсутствие болтов и гаек на отдельных креплениях, наличие более коротких, чем это требовалось, болтов в узлах креплений служебных проходов, отсутствие зачистки отдельных сварных швов и герметизации деформационных швов над некоторыми опорами.

Был предъявлен и целый ряд других замечаний, свидетельствовавших, что обследование проводилось очень тщательно. Однако в общих выводах обследования было отмечено, что опоры и пролетные строения моста выполнены в основном в соответствии с проектом, с учетом согласованных изменений и в соответствии с требованиями СНиП 3.06.04-91 и нормативными документами ОАО «РЖД».

Исполнителям проекта было указано, что устройство верхнего строения пути должно быть завершено в соответствии с проектом до проведения обкатки моста. А все выявленные дефекты и недоделки должны быть устранены до сдачи объекта в эксплуатацию.

Отметим, что все мосты и эстакады олимпийской трассы прошли подобные обследования сотрудниками НИИ мостов, и только после этого производилась обкатка и испытания всех искусственных сооружений на дороге.

Для представления того, как проводились эти работы, мы решили выбрать самый протяженный стальной мост

М. Ю. Завизион проверяет готовность оборудования перед испытанием моста



Тензодатчик на продольном ребре ортотропной плиты в панели пролетного строения

Система тензометрического контроля мостовых и инженерных сооружений «СТКМ-ИС»

Тензодатчик на верхнем поясе фермы пролетного строения

На стр. 100–101

Общий вид участка железнодорожного моста на ПК 293+78 линии Адлер — Альпика-Сервис



совмещенной дороги «Адлер — Альпика-Сервис» длиной более 2500 метров и железобетонный мост с эстакадами в Адлере.

Мост на ПК 293 расположен примерно в середине железнодорожной трассы и возводился, как уже отмечалось, в тесной близости с вантовым мостом на автомобильной дороге в условиях действующего оползня, что существенно осложняло строительные работы.

Строительство моста из-за его масштабов проводилось сразу несколькими организациями: СК «Мостотрест» (опоры №№ 1–25), СМП (СК «Мост») (опоры №№ 26–45), СпецМост и СМП (СК «Мост») (опоры №№ 46–55) и СМП (СК «Мост») (опоры №№ 55–58).

Мост расположен на кривых радиусами $R=1600$ м и $R=2000$ м и на продольном уклоне от $-3,0\%$ до $-9,8\%$. Мост составлен из пролетных строений разной длины. Его схема: $3 \times 33,6 + 66,0 + 16 \times 33,6 + 66,0 + 8 \times 33,6 + 66,0 + 4 \times 33,6 + 23,0 + 2 \times 110,0 + 5 \times 33,6 + 23,0 + 2 \times 88,0 + 6 \times 33,6 + 3 \times 88,0 + 55,0 + 2 \times 33,6$.

На этом мосту, как и на всех остальных, первично производилась обкатка всех пролетных строений испытательной нагрузкой для сравнения результатов натурных измерений прогибов с расчетными значениями. Затем, в соответствии с Программой обследования и испытания железнодорожных мостовых сооружений на участке ст. Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис», были проведены испытания пролетных строений длиной 88 метров и 110 метров. Все работы по обкатке и испытаниям были проведены в апреле 2013 года.

Испытаниям пролетных строений статической и динамической нагрузкой предшествовали монтаж и закрепление измерительной аппаратуры и приспособлений, наклейка тензорезисторов и установка прогибомеров, проверка работы подготовленных к обкатке и испытаниям мостов измерительных систем.

Измерение прогибов пролетных строений после их обкатки осуществлялось при статическом нагружении каждого пролетного строения временной нагрузкой. При обкатке выдержка испытательной нагрузки на каждом пролетном





строении составляла 5 минут с последующей разгрузкой, паузой, повторным загрузением пролетного строения и новым измерением прогибов. В результате обкатки всех пролетных строений моста появилась возможность сопоставить данные статических испытаний с расчетными значениями.

Расчеты напряженно-деформированного состояния всех мостовых конструкций были выполнены методом конечных элементов с использованием программного комплекса MIDAS/CIVIL.

Как показали результаты обкатки, на всех пролетных строениях данного моста прогибы от испытательной нагрузки не превысили расчетных величин. В целом это свидетельствовало, что работа мостовых конструкций соответствует проектным решениям.

Такой вывод после статических испытаний позволял приступить к испытаниям динамическим, когда по мосту пропущался испытательный поезд с различными скоростями — 20, 40, 60 км/ч.

По результатам проведенных измерений было установлено, что уровень напряжений в элементах пролетных строений соответствует расчетным значениям и существенно ниже расчетного сопротивления стали, что говорит о достаточном запасе прочности конструкции.

После обработки всей информации, полученной в ходе обкатки и испытаний моста на ПК293, были сделаны выводы, что величины конструктивных коэффициентов по всем измеренным параметрам не превышают 1, что свидетельствует о соответствии работы пролетных строений принятым расчетным схемам.

**И. В. Рупасова и М. А. Мухина
во время испытаний пролетного
строения моста на ПК 293**





А. С. Дудик устанавливает индуктивные датчики для измерения напряженного состояния пролетного строения эстакады



Измерительное оборудование, установленное на стержневом амортизаторе

Результаты обкатки моста и испытаний пролетных строений показали, что по своим техническим характеристикам мост обеспечивает пропуск расчетной нагрузки.

Железобетонный мост через реку Мзымту с эстакадой 2 съезд 2 участка железной дороги Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» расположены недалеко от аэропорта. Строительство моста и эстакады производилось филиалами ОАО «Мостотрест» СТФ «Мостоотряд-99» и ЯТФ «Мостоотряд-6» по заказу ДКРС — Сочи филиала ОАО «РЖД». Подготовку проектной документации по объекту осуществлял проектный институт ОАО «Трансмост».

В плане эстакада 2 съезда 2 расположена на сложной кривой, состоящей из прямых, переходных кривых и круговых кривых с радиусом до 600 м. Мост является продолжением эстакады. Мост состоит из двух неразрезных однопутных пролетных строений, каждое из которых находится на кривой $R=600$ м. В продольном профиле мост расположен на уклоне 8%. Пролетные строения моста и эстакады выполнены из монолитного железобетона. Пролетные строения преднапряженные, индивидуальной проектировки, с ездой поверху на балласте. Эстакада разбита на участки с неразрезными пролетными строениями с длиной пролета до 24 м. При подготовке к обследованию была изучена вся техническая документация, предоставленная ОАО «Трансмост».

Пролетные строения эстакады и моста также, как и другие искусственные сооружения, рассчитаны для эксплуатации в районах с расчетной сейсмичностью площадки строительства до 9 баллов включительно. Система сейсмозащиты включала в себя стержневые амортизаторы



с фрикционно-подвижными соединениями, выполнявшими одновременно функцию опорных частей. Вследствие этого особенность приемочных испытаний конструкций моста и эстакады заключалась в проверке работоспособности стержневых амортизаторов воспринимать тормозные нагрузки от подвижного состава. Напряженно-деформированное состояние элементов стержневых амортизаторов фиксировалось с помощью индуктивных и тензометрических датчиков.

Результаты проведенных испытаний также показали, что характер напряженно-деформированного состояния пролетных строений и стержневых амортизаторов соответствует расчетным параметрам.

Проведенные обкатка моста и эстакады и испытания пролетных строений подтвердили, что по своим техническим характеристикам искусственные сооружения обеспечивают пропуск расчетной нагрузки.

В течение пяти лет (2008–2013 гг.) работы, связанные с расчетом и обоснованием схем укладки бесстыкового пути на мостах и эстакадах линии Адлер — «Альпика-Сервис», обследованием и испытаниями этих объектов, были одним из важнейших направлений деятельности НИИ мостов в сотрудничестве с рядом других крупнейших проектных организаций железнодорожного транспорта, с ведущими строительными организациями транспортной отрасли.

Эксплуатация построенной железной дороги Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» началась 1 ноября 2013 года, когда по ней проследовал первый электропоезд «Ласточка», созданный по заказу ОАО «РЖД» компанией «Siemens». Этот день для коллектива НИИ мостов, как и для

При возведении всех 38 мостов на железной дороге Адлер — Альпика-Сервис смонтировано более 100 тыс. тонн металлоконструкций, уложено 300 тыс. кубометров бетона. При возведении опор мостов и подпорных стен на стройке одновременно использовались до 30 мощных буровых установок, а счет других механизмов и транспортных средств шел на многие сотни. Общая численность строителей всех объектов трассы превышала 12 тыс. человек

десятков других организаций, принявших участие в проектировании, возведении и испытаниях уникальной трассы перед пуском ее в эксплуатацию, стал рубежом достижения высочайших показателей профессионального и ответственного отношения к делу особой важности. Высококачественная дорога, прекрасно вписанная в горный пейзаж, оказалась одним из самых необходимых и престижных объектов Белой Олимпиады в Сочи, обеспечив надежное и безопасное транспортное обслуживание участников и гостей Игр.

За период проведения XXII Зимних Олимпийских игр (с 7 по 23 февраля 2014 года) пригородными электропоездами ОАО «РЖД» по «олимпийским» маршрутам в Сочи было перевезено около 3 млн 518 тыс. пассажиров. Значительная их доля пришлась на дорогу Адлер — Альпика-Сервис, почти 50 км которой «Ласточки» пролетали за 30 минут, доставляя пассажиров к местам соревнований, по признанию многих, кто посетил Олимпиаду, самым быстрым и удобным способом.

Дорога и сегодня продолжает работать, обеспечивая круглогодичное функционирование одного из самых благоустроенных и престижных горных курортов России и всей Европы. Все возведенные на ней искусственные сооружения за период эксплуатации доказали свою надежность и полную приспособленность к сложным горно-климатическим условиям трассы.

**Электропоезд «Ласточка»
у перрона вокзала станции
«Альпика-Сервис» во время одного
из пробных рейсов в 2013 году**



Надежный эффект новизны

Глава VI

На протяжении всей своей истории НИИ мостов занимался постоянным поиском и исследованием материалов, способных повысить прочность и долговечность пролетных строений мостов и других искусственных сооружений на железных и автомобильных дорогах.

В главе 2 уже рассказывалось о том, как разворачивались в институте работы по снижению металлоемкости мостовых конструкций за счет испытания и последующего применения низколегированных сталей повышенной и высокой прочности. Исследования различных марок стали для строительства мостов продолжаются и поныне, но в поле зрения сотрудников НИИ мостов всегда находились и другие материалы, которые могли бы эффективно использоваться в пролетных строениях.

Так, в течение 10 лет (1960–1969 гг.) сотрудники института проводили комплексные исследования по применению в мостах алюминиевых сплавов отечественного производства. Было установлено, что использование таких сплавов имеет ряд существенных преимуществ перед стальными конструкциями: у них втрое меньший объемный вес; более высокая коррозионная стойкость (алюминиевые сплавы не нуждаются в окраске); они легче обретают необходимые, самые сложные формы конструкций под воздействием прессы и сгибания; не имеют порога хладноломкости и потому могут применяться в самых суровых климатических условиях. К недостаткам алюминиевых сплавов были отнесены высокая стоимость (в 4–5 раз выше, чем у сталей), повышенная коррозия при контакте с другими материалами, низкий модуль продольной упругости, по которому они в три раза уступают сталям.

Однако исследования НИИ мостов показали, что в ряде случаев использование алюминиевых сплавов в мостовых конструкциях может быть экономически оправданным. К таким сферам применения были отнесены: сборно-разборные мостовые конструкции для строительства мостов в особых условиях; конструкции монтажных кранов для строительства мостов; разводных пролетов городских мостов; проезжей части в мостах с большими пролетами (ортотропные плиты, балочная клетка и др.); несущие конструкции мостов, сооружаемых в суровых климатических условиях и в отдаленных районах страны.

В результате исследований для сварных конструкций мостов был рекомендован, в частности, термически неупрочняемый сплав марки АМг-61, для клепаных конструкций — термически упрочняемые сплавы марок Д1-Т и Д16-Т (дуралюмины средней и повышенной прочности).

Для проверки надежности соединения элементов из алюминиевых сплавов использовались сварка, холодные заклепки малого диаметра, высокопрочные болты. Изучалась



**АНАТОЛИЙ ГЕОРГИЕВИЧ
ДОИЛЬНИЦЫН**

д. т. н., профессор,
в 1983–1989 годах —
директор НИИ мостов:

Прочность и выносливость
алюминиевых сплавов,
технология изготовления
конструкций были
проверены НИИ мостов
при участии ЦНИИС, МИИТ
и Ярославского мостового
завода. На основании
результатов теоретических
исследований,
лабораторных работ,
изготовления и испытания
опытных конструкций
справедливо утверждать,
что у нас в стране
была подготовлена
необходимая научно-
техническая база для
массового применения
(при благоприятных
условиях) алюминиевых
сплавов в качестве
материала мостовых
конструкций

статическая и вибрационная прочность элементов и узлов мостовых конструкций. Велся тщательный поиск самых рациональных конструктивных форм пролетных строений и опор, позволяющих наиболее эффективно использовать алюминиевые сплавы. При этом особое внимание было уделено разработке на опытных моделях (пролетные строения разных видов и монтажные консольные краны) технологии изготовления конструкций как с помощью сварки аргонодуговым способом, так и с применением холодных заклепок и стальных болтов.

Всесторонние испытания опытных конструкций из алюминиевых сплавов, в том числе в натуральных условиях, подтвердили их высокую надежность. Испытания проводились с участием ЦНИИС, МИИТ и Ярославского мостового завода. По их результатам было разработано и утверждено МПС и Минтрансстроем несколько нормативных документов:

1. Технические указания по проектированию алюминиевых конструкций железнодорожных мостов (ВСН 76-68).
2. Технические указания по изготовлению алюминиевых конструкций (ВСН 152-68).

В результате проведенных НИИ мостов исследований, как отмечал руководитель работ в институте по этому направлению доктор технических наук Анатолий Георгиевич Доильницын, «в стране была подготовлена необходимая научно-техническая база для массового применения (при благоприятных условиях) алюминиевых сплавов в качестве материала мостовых конструкций». (Сборник «Повышение надежности железнодорожных и городских мостов». ПГУПС. СПб. 1998. С. 23)

Выполнением научных исследований по этой тематике занимались также ведущие научные сотрудники НИИ мостов Н.И. Новожилова, Ю.П. Сатаев, С.В. Чижевский и другие.

Бурное развитие новых технологий и материалов в XXI веке существенно расширило диапазон работ НИИ мостов в исследованиях возможностей применения новинок при возведении мостов и других искусственных сооружений при строительстве дорог. Остановимся лишь на некоторых темах выполненных за последние годы исследований.

Увеличение скоростей и плотности движения на железнодорожных магистралях и автострадах продиктовало необходимость повысить безопасность пешеходов при пересечении дорог. В соответствии с планом НИОКР МПС РФ в конце 1990-х годов НИИ мостов совместно с НПП «АпАТЭК» (г. Москва) приступил к исследованиям и разработке конструктивных элементов пешеходных мостов, изготовленных из композиционных материалов с использованием метода пултрузии. В 2001 году были разработаны технология изготовления и методика расчета элементов пешеходных мостов из композиционных материалов, что позволило выпустить «Временные технические условия на проектирование и технологию изготовления элементов пешеходных мостов из композиционных материалов».

Первые лабораторные испытания фрагмента пешеходного пролетного строения ($l_p = 6,0$ м) из композитных материалов

были проведены на экспериментальной базе НИИ мостов. Подробно изучалось состояние фрагмента пролетного строения при статических и динамических нагрузках. Результаты испытания показали его достаточную прочность, жесткость и устойчивость.

Затем испытания фрагментов и первых образцов пролетных строений и лестничных сходов для пешеходных мостов из композитных материалов успешно проводились на площадке завода — изготовителя ООО НПП «АпАТЭК-Дубна».

В частности, в июне 2005 года там проводились стендовые испытания, целью которых являлось обоснование возможности монтажа и постоянной эксплуатации пешеходных сходов и пролетных строений пешеходного моста у остановочной платформы (О.П.) Косино Московской железной дороги.

Для проведения статических испытаний лестничный марш пешеходного схода был установлен на опоры с разницей высотных отметок начала и конца лестничного марша, равных проектным. Лестничный марш загружался вертикальной равномерно распределенной нагрузкой. Максимальная нагрузка на одну ступень не должна была превышать 632 кгс.

Загружение лестничного марша производилось постепенно, металлокомпозитными накладками весом по 33 кг. Отсчеты по приборам снимались на каждом из этапов, предусмотренных схемой загрузки.

В процессе испытаний определялись прогибы косоуров и ступеней, а также напряжения в элементах конструкции лестничного схода. Определение напряжений в элементах лестничного марша производилось тензорезисторами базой 20 мм с использованием системы тензометрического контроля мостовых и инженерных сооружений СТКМ-ИС. Жесткость лестничного марша определялась на основании деформаций его элементов, измерения которых проводились индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм и нивелиром SETL DSZ3.

Стендовые испытания лестничного марша пешеходного схода, изготовленного из пултрузионных стеклопластиковых профилей «АпАТЭК» марки СППС, показали достаточную прочность и жесткость его конструктивных элементов. Лестничный марш выдержал временную вертикальную равномерно распределенную нагрузку, равную 400 кгс/м² без разрушения.

Затем были проведены статические и динамические испытания пешеходного пролетного строения из композитных материалов. При статических испытаниях пролетное строение также загружалось металлокомпозитными накладками. Вес накладок передавался на настил пролетного строения через многослойную фанеру, уложенную по всему настилу.

В процессе статических испытаний определялись прогибы ферм пролетного строения (боковой и центральной), прогибы поперечных балок и напряжения в элементах пролетного строения. На каждой ступени нагружения производилось снятие отсчетов по приборам и проведение измерений прогибов элементов.

На железных и автомобильных дорогах России за последние годы сооружено несколько десятков пешеходных мостов из композитных материалов. За период их эксплуатации и наблюдения за конструкциями дефектов и повреждений, влияющих на несущую способность пешеходных мостов, не обнаружено. Сооружение таких мостов из композитных материалов доказало свою экономическую эффективность за счет перевозки и монтажа конструкции пролетного строения меньшего веса и короткого периода монтажа

**Испытание лестничного марша
на первом этапе загрузки**

На первом этапе нагружения конструкции прогибы от испытательной нагрузки оказались больше, чем при повторном нагружении. Происходило, по-видимому, обмятие отверстий в болтовых соединениях узлов конструкции пролетного строения. При втором этапе нагружения пролетное строение работало практически в упругой стадии.

Динамические испытания пешеходного пролетного строения из композитных материалов проводились с целью определения основных динамических характеристик пролетного строения – частот, периодов и форм собственных колебаний, характеристик затухания колебаний.

При динамических испытаниях пролетного строения возбуждение собственных колебаний конструкции производилось посредством ходьбы и бега пешеходов (6 человек) и сбрасывания на нее груза весом 66 кг.

На месте падения груза была устроена подушка из мешков с древесными опилками. Это было специально сделано для предохранения испытываемой конструкции от механических повреждений, а главное – с целью предотвращения подпрыгивания груза после удара, чтобы не усложнять процесс затухания колебаний и не вносить в виброграмму дополнительных гармоник.

Затем, когда бы произведен монтаж пешеходного моста из композитных материалов, было также проведено обследование смонтированных конструкций.

После устранения обнаруженных при обследовании моста дефектов НИИ мостов рекомендовал ввести в постоянную эксплуатацию пешеходный мост у О.П. Косино через главные пути направления Москва – Рязань Московской железной дороги.

Отметим, что еще годом ранее, в июне 2004-го, НИИ мостов были проведены статические и динамические испытания опытного пешеходного пролетного строения из композитных материалов для пешеходного перехода через железную дорогу в Москве у посадочной платформы Чертаново.

По результатам проведенных испытаний НИИ мостов рекомендовал произвести монтаж опытных пролетных строений ($2 \times 13,0 \text{ м} + 15,0 \text{ м}$) на пешеходном переходе через электрифицированную железную дорогу в Москве у посадочной платформы Чертаново.

В Чертаново, как и на О.П.Косино Московской железной дороги, в качестве композитного материала были использованы пултрузионные стеклопластиковые профили «АпАТЭК» марки СППС. Результаты проведенных испытаний конструкции статической и динамической нагрузкой также показали хорошую работу пешеходных пролетных строений из этого материала.

Вместе с тем, поскольку в нормативных документах нет данных о поведении этого материала при длительных статических нагрузках на конструкцию, было решено провести соответствующие испытания.

Для оценки характера деформаций и перемещений элементов пролетного строения из композитного материала в зависимости от реальных климатических условий фрагмент пешеходного пролетного строения длиной 6,5 м был установлен на территории экспериментальной базы НИИ мостов. При статических испытаниях модель загружалась вертикальной равномерно распределенной нагрузкой — пакетами из железнодорожных железобетонных шпал, рельсами, ящиками со щебнем, металлическими грузами. Перед проведением испытаний все грузы были взвешены.

Испытательная нагрузка передавалась через деревянные прокладки, уложенные на настил на поперечные швеллеры модели пролетного строения.

При статических испытаниях модели пролетного строения измерялись:

- вертикальные перемещения каждого нижнего узла ферм;
- вертикальные перемещения опор конструкции (осадки опор);



Расположение тензорезисторов на косоурах лестничного марша



Нагружение пролетного строения испытательной нагрузкой

Результаты проведенных НИИ мостов исследований и испытаний различных элементов пешеходных пролетных строений из композитных материалов показали, что уровень напряжений в них от нормативной нагрузки в 2–3 раза меньше расчетного сопротивления материала; деформации от нормативной нагрузки меньше допустимых; частоты колебаний всех испытанных пролетных строений находятся вне запрещаемых диапазонов, что свидетельствует о достаточной жесткости конструкции

— прогибы в середине пролета каждой поперечной балки;
— изменение расстояний между верхними поясами ферм в узлах (схождение поясов).

Точки для нивелирования модели пролетного строения располагались в узлах нижних поясов ферм, а также на концах и в серединах пролетов поперечных балок.

Прогибы ферм модели пролетного строения и поперечных балок определялись по нивелиру, схождение верхних поясов ферм — по индикаторам часового типа, а деформации элементов — по показаниям компаратора.

За нулевые отсчеты по приборам были приняты значения, полученные перед загрузкой фрагмента пролетного строения. В дальнейшем информация о прогибах фрагмента пролетного строения и деформациях его элементов снималась по приборам каждый месяц в течение года.

Наблюдения за фрагментом пролетного строения продолжались и после снятия с него испытательной нагрузки. Это было предпринято для выяснения возможностей пултрузионных стеклопластиковых профилей «АпАТЭК» марки СППС восстанавливать свои исходные свойства. Способность данного материала возвращаться в исходное состояние через определенное время после снятия с него испытательной нагрузки была зафиксирована ранее, при проведении испытаний стеклопластиковых профилей на вибрационную нагрузку. После снятия с образцов испытательной нагрузки их остаточные прогибы через некоторое время практически уменьшались до нуля.

В целом, по результатам проведенных НИИ мостов исследований и испытаний различных элементов пешеходных пролетных строений из композитных материалов было установлено, что уровень напряжений в них от нормативной нагрузки в 2–3 раза меньше расчетного сопротивления материала;



деформации от нормативной нагрузки меньше допускаемых; частоты колебаний всех испытанных пролетных строений находятся вне запрещаемых диапазонов, что свидетельствует о достаточной жесткости конструкции.

На железных и автомобильных дорогах было сооружено несколько десятков таких конструкций. За период их эксплуатации и наблюдения за конструкциями из композитных материалов дефектов и повреждений, влияющих на несущую способность пешеходных мостов, не обнаружено.

Сооружение пешеходных мостов из композитных материалов доказало свою экономическую эффективность за счет перевозки и монтажа конструкции пролетного строения меньшего веса и короткого периода монтажа.

Еще одно принципиально важное направление исследований НИИ мостов в работе с композитными и полимерными материалами, а также с металлическими гофрированными конструкциями связано с их применением при сооружении водопропускных труб под насыпями железных и автомобильных дорог. Исследования и испытания новых материалов помогли найти способы усиления традиционных железобетонных труб, использовавшихся при водопропуске под насыпями дорог.

Динамические испытания посредством ходьбы пешеходов по пролетному строению

Общий вид пешеходного моста у О. П. Косино Московской ж. д.

В частности, в 2006 году сотрудниками НИИ мостов М.А.Мухиной, В.М.Олековым, Е.В.Жаровым были проведены исследования напряженного состояния гофрированных элементов при удлинении водопропускной трубы при реконструкции участка Карымская – Забайкальск Забайкальской железной дороги. Реконструкция предусматривала ремонт существующей старой водопропускной трубы и ее удлинение с верховой стороны гофроконструкциями.

Несущая конструкция новой водопропускной трубы была выполнена из сборных металлических гофрированных элементов заводского изготовления. Для повышения несущей способности гофрированной трубы она заключена в бетонную обойму.

Сотрудниками НИИ мостов было проведено исследование напряженно-деформированного состояния гофрированных элементов трубы в процессе ее засыпки, а также измерено давление грунта насыпи на конструкцию трубы при возведении земляного полотна. Для этого в насыпь на разной высоте было установлено 8 датчиков давления. Каждый из датчиков укладывался на песчаную подушку и засыпался сверху слоем песка. Кабели от датчиков, защищенные металлопластиковыми трубками, были выведены на откос старой насыпи для подключения к измерительной аппаратуре.

Для определения напряженно-деформированного состояния гофрированной конструкции трубы при возведении земляного полотна в трех сечениях были установлены измерительные марки. Измерение деформаций производилось электронным компаратором – измерителем деформаций искусственных сооружений ЭКИС.

Загрузка фрагмента пешеходного пролетного строения статической нагрузкой





Измерение деформаций нижних поясов ферм компаратором НИИ мостов

Для контроля напряжений в гофрированных элементах было наклеено восемь тензодатчиков. Значения напряжений от тензодатчиков фиксировались системой тензометрического контроля СТКМ-ИС.

Накопление в ходе многих подобных исследований большого объема аналитической информации позволило в 2007 году разработать в НИИ мостов «Технические условия по применению металлических гофрированных конструкций». В их разработке приняли участие В.В.Кондратов, И.Г.Становая, А.М.Уздин, И.В.Рупасова.

«Технические условия...» распространяются на проектирование и постройку металлических гофрированных конструкций (МГК) отечественной и импортной поставки на железных и автомобильных дорогах, включая дороги промышленных и сельскохозяйственных предприятий, а также на дорогах и улицах городов и поселков при сооружении водопропускных труб, транспортных путепроводов, мостов и галерей.

Существенным этапом в продолжении этих работ стало проведение в 2009 году испытаний статическим нагружением железобетонных труб в грунте, усиленных металлическими гофрированными трубами и различными типами полимерных и композитных труб, в частности, трубами компании НОВАС и спиральновитыми полиэтиленовыми трубами.

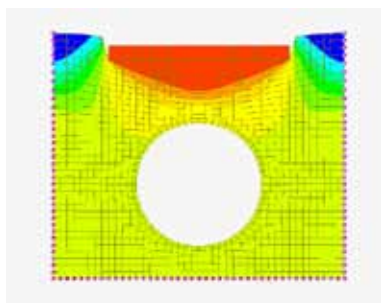
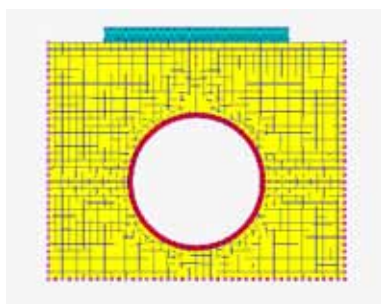
Для проведения испытаний на прочность труб при поперечном вертикальном давлении в грунте использовался испытательный стенд, разработанный и изготовленный в НИИ мостов. Перед проведением испытаний в ряде железобетонных труб были созданы трещины, и такие трубы считались «ослабленными».

После центрированной установки труб усиления в железобетонные трубы межтрубное пространство заполнялось песчано-цементной смесью. После установки и закрепления на стенде на уплотненной песчаной подушке образцы труб засыпались песком. Нагружение каждого образца производилось до величины вертикальной деформации трубы примерно 5 % относительно ее диаметра.

Отдельно испытывались также прочностные характеристики труб усиления.

Испытание трубы НОВАС
на поперечное сжатие

Испытание трубы НОВАС на про-
дольное сжатие на машине ИПС-500



Расчетная и деформированная схе-
мы трубы, работающей совместно
с грунтом в условиях эксперимента

Как показали испытания, прочностные характеристики и экспериментальная оценка совместной работы железобетонных водопропускных труб, усиленных металлическими гофрированными конструкциями и различными вариантами полимерных и композитных труб, позволяют применять испытанные конструкции для повышения надежности и увеличения срока эксплуатации водопропускных труб.

При этом наибольшей несущей способностью и жесткостью обладают металлические гофрированные трубы и трубы НОВАС.

При испытаниях в грунте металлическая гофрированная труба выдержала нагрузку, равную 170 тс, без разрушения. Максимальная измеренная поперечная деформация трубы при нагрузке 124 тс составила 35,63 мм (4,7%). Испытания труб НОВАС диаметром DA 960 мм, с толщиной стенок 36 мм и 54 мм показали, что они выдержали нагрузку, равную 152 тс, без разрушения; деформации от максимальной нагрузки в вертикальной плоскости составили 42,52 мм (4,43%) и 31,43 мм (3,27%), соответственно.

Результаты испытаний железобетонных труб в грунте, усиленных металлическими гофрированными трубами и трубами НОВАС, можно считать достаточно близкими. Поэтому, как отмечалось в заключении НИИ мостов, выбор между



Пешеходный мост у остановочной платформы Чертаново в Москве. Первый мост из композитных материалов производства ООО НПП «АпАТЭК-Дубна»



данными типами труб усиления должен производиться после технико-экономического обоснования.

Испытания труб НОВАС в НИИ мостов проводились также в связи с реализацией другого проекта. Его целью было определение прочностных характеристик труб НОВАС для использования их в качестве водопропускных несущих конструкций под железнодорожными насыпями, когда в процессе монтажа трубы будут продавливаться насыпь с помощью бурошнекового оборудования.

В данном случае трубы испытывались на прочность при поперечном вертикальном давлении и при сжатии в осевом (продольном) направлении.

Одновременно с практическими испытаниями труб НОВАС на испытательном стенде НИИ мостов были выполнены расчетные исследования напряженно-деформированного состояния труб, работающих совместно с грунтом железнодорожных насыпей и воспринимающих нагрузку от собственного веса грунта насыпи, а также временную нагрузку от подвижного состава класса С14. В последующем результаты расчетов были сопоставлены с данными, полученными в ходе испытаний труб на стендах.

Проведенные испытания и расчеты для трубы DA 960 мм, работающей совместно с грунтом в условиях испытательного стенда, показали, что перемещения и нормальные напряжения в трех точках сечения трубы вполне удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.

Выполненная работа позволила в последующем на основе численного моделирования проанализировать напряженно-деформированное состояние в грунте различных типов труб

Старая каменная труба отверстием 5,33 м

Новая гофрированная труба отверстием 5,85 м

Измерение деформаций гофрированных элементов электронным компаратором

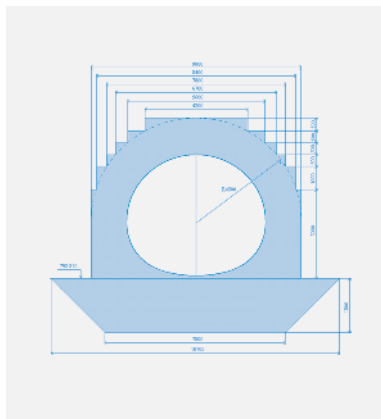


Схема бетонобетонной кладки вокруг гофрированной конструкции трубы

Как показали испытания, проведенные НИИ мостов, прочностные характеристики и экспериментальная оценка совместной работы железобетонных водопропускных труб, усиленных металлическими гофрированными конструкциями и различными вариантами полимерных и композитных труб, позволяют применять испытанные конструкции для повышения надежности и увеличения срока эксплуатации водопропускных труб, устанавливаемых на автомобильных и железных дорогах

НОВАС и подготовить Руководство по их применению на железных дорогах Российской Федерации.

Необходимо добавить, что эти исследования проводились большим составом сотрудников НИИ мостов, в том числе В.М.Олековым, М.А.Мухиной, Д.Н.Степановым, А.И.Орешкиным, А.С.Дудик, Е.И.Румянцевым и другими.

И еще об одном уникальном проекте необходимо упомянуть в этой главе. В период с декабря 2009 г. по октябрь 2010 г. НИИ мостов были выполнены работы по полномасштабным испытаниям моделей песчаных свай в геотекстильной оболочке. Их целью было определение прочностных и деформационных свойств песчаной сваи из среднезернистого песка.

Для проведения испытаний был разработан проект и изготовлен испытательный стенд, состоявший из силовой рамы испытательной машины ПМ-150 и стальной цилиндрической оболочки.

Песчаные сваи испытывались в различных грунтах (в суглинке и торфе) на равномерное вертикальное сжатие и боковое давление. Испытательная нагрузка от четырех домкратов передавалась на песчаную сваю и окружающий ее грунт через жесткий штамп.

Величина максимальной испытательной нагрузки, передающаяся на грунт основания (на штамп), воспроизводила вес насыпи высотой 10 м и временную железнодорожную нагрузку. Нагрузка 140 тс выдерживалась постоянной в течение длительного времени (57 суток в суглинке и 49 — в торфе), необходимого для стабилизации осадки основания.

Данные, полученные по результатам крупномасштабных испытаний в НИИ мостов, были использованы для разработки СТО организации МосГеоЦентр по применению песчано-текстильных свай для усиления слабых оснований автодорог. В 2014 г. был разработан ОДМ по заказу ФДА «Росавтодор» на «Применение песчано-текстильных свай для усиления слабых оснований автодорог».

Конечно, в одной главе невозможно рассказать обо всех исследованиях материалов, проводимых в НИИ мостов с целью повышения прочности и долговечности пролетных строений и других искусственных сооружений на железных и автомобильных дорогах. Эти работы продолжают постоянно, поскольку все стремительнее развивается разработка материалов, обеспечивающих технологический прогресс в мостостроении, надежность и эффективность возведения искусственных сооружений на дорогах.

История о том, как призвали ультразвук на службу неразрушающего контроля объектов транспорта и промышленности

Глава VII

Физические основы одной из важнейших на сегодня областей науки и техники — неразрушающего контроля (НК) твердых сред заложены в историческом масштабе совсем недавно, лишь в конце XIX — начале XX веков. В 1895 году профессор W.K. Röntgen (Германия, Вюрцбург) открывает X-лучи и на их основе — метод рентгенографии (РГ), а в 1928 году профессор С.Я. Соколов (СССР, Ленинград) — метод ультразвуковой дефектоскопии (УЗД).

В 1947–1950 гг. на кафедре «Физика» ЛИИЖТа и в лаборатории контроля (зав. лабораторией И.Л. Перлис) НИИ мостов при ЛИИЖТе разворачиваются работы по освоению методов рентгено-, а затем — гаммаграфирования. Последний широко используется в период с 1949-го по 1959 год при обследовании эксплуатируемых и строительстве новых сварных пролетных строений железнодорожных мостов.

В 1951–1953 гг. в НИИ мостов при ЛИИЖТе факультативно анализируются потенциальные возможности и перспективность применения методов УЗД вместо или в дополнение к методам гаммаграфирования (рук. лаборатории контроля И.Л. Перлис, ст. научн. сотр. Ю.Д. Гузевич); студент ЛЭТИ им. Ульянова-Ленина (Ленинград) Б.Е. Михалев в рамках дипломного проекта обосновывает необходимость создания специализированного ультразвукового дефектоскопа УЗД-НИИМ-1 для контроля сварных соединений. Впоследствии «УЗД-НИИМ-...» на долгие годы станет брендом НИИ мостов в области неразрушающего контроля.

Необходимость включения в планы работ МПС СССР и НИИ мостов при ЛИИЖТе на 1953 год исследований в области УЗД обуславливалась деятельностью института по внедрению сварки вместо клепки в мостостроении. Основным «козырем» противников применения сварки в мостостроении являлась высокая вероятность возникновения в швах опасных дефектов в виде трещин и тонких непроваров при отсутствии надежных неразрушающих методов их выявления.

Исследования были развернуты в НИИ мостов в то время, когда принципиальная возможность ультразвукового контроля сварных соединений еще требовала подтверждения. Например, в 1953 году в газете «Правда» была опубликована статья, в которой, в частности, говорилось: *«УЗД, к сожалению, нельзя применить для контроля сварных швов из-за сложной структуры металла шва».*

В результате обширных экспериментальных исследований на образцах сварных соединений, имеющих реальные дефекты, с использованием специально разработанного макета портативного УЗ-дефектоскопа УЗД-НИИМ-1 и рентгеновского аппарата фирмы Seifert выбирается частота УЗ-колебаний, определяются необходимые углы призм наклонных искателей,



Вильгельм Конрад Рентген (1845–1923) — немецкий физик. Первый в истории физики лауреат Нобелевской премии (1901 год).



Сергей Яковлевич Соколов (1897–1957) — советский физик, основатель ультразвуковой дефектоскопии.



**Ультразвуковой дефектоскоп
УЗД-НИИМ-1**

Сотрудники НИИ мостов А. К. Гурвич, В. Г. Грушев и будущий директор института А. Г. Доильницын (слева направо)



В дефектоскопах серии УЗД-НИИМ-2, -3, -5 впервые в мировой практике введены электронный глубиномер, электронная лупа, звуковой и световой индикаторы обнаружения дефекта, линия задержки развертки типа А на время распространения у. з. колебаний в призме искателя

**Ультразвуковой дефектоскоп
УЗД-НИИМ-2 (1955 г.)**



параметры сканирования и временной селекции полезных сигналов, условная чувствительность и способ ее настройки по эталону из оргстекла для УЗ-контроля сварных стыковых соединений толщиной 10–40 мм, типичных для мостостроения.

Летом 1953 г. на Кременчугском мостовом заводе состоялось опытное внедрение разработанного и изготовленного в институте первого портативного дефектоскопа УЗД-НИИМ-1 с соответствующей Технологической инструкцией при контроле стыковых сварных соединений пролетных строений для строящегося моста в г. Химки Московской области.

Положительный Акт о результатах опытного внедрения открыл «зеленый свет» для развертывания научно-исследовательских работ в области УЗД в НИИ мостов и в ЛИИЖТе. Разделить результаты работ между этими организациями невозможно, ибо в сфере неразрушающего контроля исследовательский и учебный институты составляли и продолжают составлять единое целое.

В 1954–1956 гг. группой «Ультразвуковая дефектоскопия» Лаборатории контроля НИИ мостов при ЛИИЖТе (руководитель группы А. К. Гурвич, ст. техник В. Г. Грушев и А. С. Кукли) обосновываются функциональная схема, принципы построения и создаются специализированные дефектоскопы УЗД-НИИМ-2, УЗД-НИИМ-3, УЗД-НИИМ-5.

В этих дефектоскопах впервые в мировой практике введены электронный глубиномер, электронная лупа, звуковой и световой индикаторы обнаружения дефекта, линия задержки развертки типа А на время распространения у. з. колебаний в призме искателя.

Синтезированная в институте функциональная схема дефектоскопа становится «классической»: на ее базе в 1959–1999 гг. разрабатываются и выпускаются промышленностью более 5 тыс. дефектоскопов типа УЗД-59 (завод «Трансвязь», ст. Основа, Харьков), УЗД-60ИМ («Ленэнергоремонт», Ленинград), ДУК-11ИМ, ДУК-13ИМ и РЕЛЬС-6 (ВНИИНК и ПО «Волна», Кишинев). Эта схема и по настоящее время является «скелетом» при разработке микропроцессорных у. з. дефектоскопов общего назначения.

Основные этапы развития работ по НК в НИИ мостов — ЛИИЖТе — ПГУПС



ГРИГОРИЙ ЯКОВЛЕВИЧ ДЫМКИН

д.т. н., профессор, зам. директора НИИ мостов и дефектоскопии, руководитель НК-Центра, зав. кафедрой «Методы и приборы неразрушающего контроля»

ПГУПС:

—
Для меня, пришедшего в 1972 году по распределению на работу в отдел ультразвуковой дефектоскопии НИИ мостов ЛИИЖТа, тесная связь научных и учебных коллективов кажется вполне естественной. Последующее юридическое разделение организаций практически не повлияло на характер и содержание этого сотрудничества. Польза от такой кооперации очевидна для обеих сторон:

ЛИИЖТ — ПГУПС

НИИ мостов

1953 создание группы «Ультразвуковая дефектоскопия» в НИИ мостов при ЛИИЖТе

1956 преобразование группы в Лабораторию ультразвуковой дефектоскопии НИИ мостов при ЛИИЖТе

1970 преобразование Лаборатории ультразвуковой дефектоскопии в Отдел ультразвуковой дефектоскопии на ж.-д. транспорте (с лабораториями) НИИ мостов ЛИИЖТа

1972 ввод в действие лабораторного корпуса НИИ мостов ЛИИЖТа на ст. Предпортовая площадью 1300 кв.м для развития работ в области ультразвуковой дефектоскопии

1967 открытие в ЛИИЖТе Учебной лаборатории «Транспортная дефектоскопия» ЛИИЖТа для подготовки и повышения квалификации операторов (дефектоскопистов) ультразвукового контроля

1974 первый прием абитуриентов на специализацию «Методы и приборы НК» Электротехнического факультета ЛИИЖТа

1977 открытие в ЛИИЖТе первой в СССР выпускающей базовой кафедры «Методы и приборы НК» при ЭТФ и НИИ мостов ЛИИЖТа (зав. каф., к.т.н. А.К. Гурвич — 1977-1996 гг.)

1979 выпуск первых инженеров по специализации «Методы и приборы НК»

1984 открытие в ЛИИЖТе специфальтета послевузовской переподготовки инженеров по специальности «Физические методы НК»

1988 начало строительства Учебно-лабораторного корпуса НК площадью 1200 кв. м ЛИИЖТа на ст. Предпортовая

- 1990** создание Национального аттестационного комитета СССР по НК (НАК НК) со штаб-квартирой в ПГУПС и Аттестационного центра «ПУТЬ» при ПГУПС
- 1997** создание Отраслевого учебно-методического и аттестационного центра по НК и диагностике технических объектов (НК-Центра), как филиала НИИ мостов ПГУПС
- 1999** утверждение:
НИИ МОСТОВ — головной организацией по координации и экспертизе работ в области создания методов, средств и технологий НК в путевом и вагонном хозяйстве МПС РФ
НК-ЦЕНТРА — головной организацией по созданию и методическому руководству единой системой подготовки и сертификации персонала и аккредитации лабораторий НК на ж.д. транспорте
- 2000** преобразование НИИ мостов в НИИ мостов и дефектоскопии МПС России
- 2005** открытие новых лабораторий по технологиям НК ответственных объектов, оснащенных современным оборудованием и образцами объектов
- 2000** открытие в ПГУПС подготовки инженеров по специальности 190200 «Приборы и методы контроля качества и диагностики»
- 2006** первый выпуск инженеров по специальности 200102 «Приборы и методы контроля качества и диагностики»
- 2006** при кафедре МПНК открыт Экзаменационный центр по сертификации персонала в области НК технических объектов железнодорожного транспорта (рег. № РОСС. RU.0001.03Н300.Ц-027)
- 2015** при кафедре МПНК открыт Экзаменационный центр Уполномоченной квалификационной организации по сертификации персонала в области НК (рег. № РОСС. RU.0001.03Н300.ЭЦ-027)
- кафедра «Методы и приборы разрушающего контроля» ПГУПС (ЛИИЖТа), которая создавалась как базовая кафедра при НИИ мостов, ведет подготовку и переподготовку специалистов с высшим образованием в области неразрушающего контроля, курсы повышения квалификации дефектоскопистов. Преподаватели кафедры, участвующие в научных исследованиях НИИ мостов, обеспечивают актуальность и высокий уровень обучения;
- подразделения НИИ мостов, направлением деятельности которых является неразрушающий контроль, в основном укомплектованы выпускниками ПГУПС, а участие сотрудников НИИ мостов в педагогической деятельности ПГУПС укрепляет связь института с предприятиями промышленности и транспорта — потребителями работ и услуг НИИ мостов



Руководитель лаборатории ультразвуковой дефектоскопии НИИ мостов А. К. Гурвич и старший лаборант Л. И. Кузьмина

В 1956–1957 гг. разрабатываются и утверждаются «Правила контроля сварных соединений при изготовлении пролетных строений железнодорожных мостов», в которых метод УЗД вводится для окончательной оценки качества не только стыковых, но и тавровых соединений (работу выполняли А. К. Гурвич, И. Л. Перлис).

Таким образом, благодаря работам НИИ мостов мостостроение явилось первой отраслью, применившей УЗД для окончательной оценки качества сварных соединений металлоконструкций.

Примечательно, что подготовка аппаратуры к контролю согласно «Правил контроля...» предусматривала лишь проверку чувствительности по «эталону из оргстекла» («эмбрион» стандартного образца СО-1 по ГОСТ 14782). Понятия «основные параметры контроля», способы измерения угла ввода луча, проверки точности глубиномера, оценки ширины основного лепестка диаграммы направленности и ... многие другие используемые сейчас параметры еще не «родились».

В 1958–1969 гг. сотрудниками лаборатории ультразвуковой дефектоскопии, созданной на базе группы (рук. лаборатории А. К. Гурвич, ст. лаборант Л. И. Кузьмина) вводится понятие «основные параметры контроля, как параметры, обуславливающие достоверность результатов НК» с разделением их на параметры метода и параметры аппаратуры.

По результатам исследований обосновывается перечень основных параметров ультразвукового контроля, разрабатываются теоретические основы эталонирования основных параметров, принципы построения и конструкции стандартных образцов (СО-1, СО-2, СО-3, СО-2Р, СО-3Р, СО-4).

В 1965 году Координационным Советом по сварке СССР утверждается общесоюзное «Временное положение о применении УЗД для контроля качества сварных соединений», разработанное НИИ мостов ЛИИЖТа (А. К. Гурвич, Л. И. Кузьмина) в содружестве со специалистами ЦНИИТМаш (И. Н. Ермолов, В. Г. Щербинский), ИЭС им. Е. О. Патона (В. А. Цечаль), УО ОРГЭС (А. З. Райхман).

«Временное положение...» оказалось первым в мировой практике нормативным документом, в котором фигурируют



Ультразвуковые дефектоскопы ДУК-11ИМ, ДУК-13ИМ

«Временное положение о применении ультразвуковой дефектоскопии для контроля качества сварных соединений»





Ультразвуковой дефектоскоп
УД-13УР В1П1 («Рельс-6»)

«Временное положение о применении УЗД для контроля качества сварных соединений» оказалось первым в мировой практике нормативным документом, в котором фигурируют понятия «основные параметры контроля», их перечень применительно к УЗД, методики и эталоны для их проверки

понятия «основные параметры контроля», их перечень применительно к УЗД, методики и эталоны для их проверки.

На основе «Временного положения...» впоследствии создаются первый государственный стандарт ГОСТ 14782-69 и стандарты СЭВ (СТ СЭВ 2857, РС 4099) на УЗ-контроль сварных соединений.

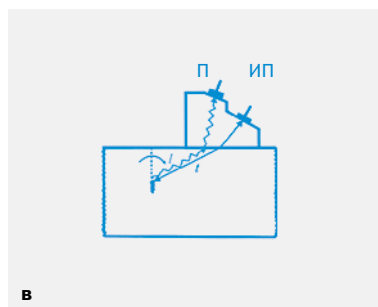
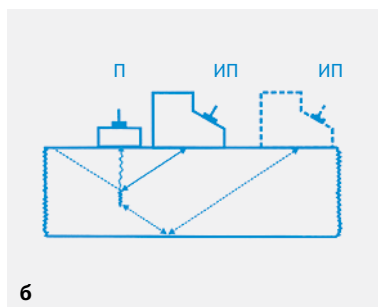
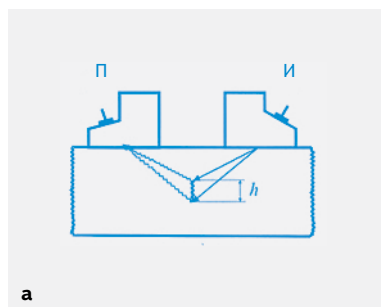
Естественно, при разработке методик УЗД особое место отводится теоретико-экспериментальным исследованиям измеряемых характеристик и признаков выявленных дефектов с целью их идентификации по классам с учетом их потенциальной опасности. Обосновываются факторы, определяющие надежность НК, как надежность комплекса «дефектоскоп — оператор — среда», эвристическая модель процесса НК объектов, интегральный критерий эффективности и расчетные формулы для оценки технической эффективности при формировании систем НК объектов различной категории. Дифференцируются и конкретизируются понятия «условная ширина» и «условная высота» дефекта, способы и погрешности измерения линейных и угловых условных размеров дефектов; вводятся шесть признаков дефектов, базирующихся на условных линейных и угловых размерах дефектов, легко определяемых в практике контроля. Кроме того, прорабатываются методы распознавания образа дефектов с использованием дифрагированных на них упругих волн: дельта-метод (совместно с НИКИМТ, А. К. Гурвич, В. М. Григорьев), «усеченный» дельта-метод (А. К. Гурвич, Е. Л. Федорова) и «еще раз усеченный» — Ktl — метод (С. Р. Цомук), отличающийся от других высокой информативностью и эргономичностью. Как результат — создается методология с алгоритмом распознавания вида выявленных дефектов (А. К. Гурвич, Г. Я. Дымкин, А. Л. Фрадков).

В институте исследуется специфика и создаются методики УЗД сварных соединений из алюминиевых сплавов (А. П. Смирнова) и соединений из меди с использованием искателя с термостабильной системой угла ввода луча; сварных соединений аустенитного класса многопараметровым способом (совместно с НИКИМТ, В. В. Гребенников); стыковых соединений пакетов листов (А. К. Гурвич, Л. И. Кузьмина); тавровых соединений с полным проваром корня шва (А. С. Кукли) и с технологическим непроваром некоторой допустимой ширины.

На протяжении ряда лет разрабатываются важнейшие технологии УЗК стыковых сварных соединений большой протяженности методом продольно-поперечного сканирования (А. К. Гурвич, Л. И. Кузьмина, А. С. Кукли) с использованием,

Стандартные образцы
СО-1, СО-2, СО-3





в частности, устройства типа «РУППС» (А.А.Марков); сварных стыков рельсов в рельсосварочных предприятиях и в пути (Л.И.Кузьмина). Разрабатывается и вводится в действие ОСТ 32.100-87 «Ультразвуковой контроль сварных соединений в мостах, вагонах и локомотивах» (А.К.Гурвич, В.Н.Коншина, Л.И.Кузьмина, А.С.Кукли, Е.Л.Федорова).

С первых лет работы института в области НК прорабатывается теория и принципы автоматизированного у.з. контроля сварных соединений, создаются действующие макеты и образцы установок для автоматизированного контроля швов с регистрацией ультразвукограмм при сканировании способами продольного и поперечно-продольного перемещения искателя, способом качающегося луча и способом бегающего луча (А.К.Гурвич).

В установках для автоматизированного у.з. контроля стыковых соединений листов практически неограниченной протяженности предусматривается два режима: «поиск дефектов» при повышенных (поисковой) чувствительности и шаге продольного сканирования с автоматическим переходом при поступлении первого эхо-сигнала от возможного дефекта во второй режим — режим «оценки» при уменьшенных шаге сканирования и чувствительности контроля (Г.А.Круг). Однако применение этих установок при изготовлении сварных металлоконструкций ограничивалось большой трудоемкостью на подготовительные к контролю и завершающие контроль операции. Очевидно, это и привело к формированию в НИИ мостов нового самостоятельного направления «Объективизация результатов ручного у.з. контроля» (А.К.Гурвич), принятого IX-ой Всесоюзной научно-технической конференцией по у.з. дефектоскопии сварных металлоконструкций (Ленинград, 1979 г.) как основного, наряду с автоматизацией, направления развития технологий у.з. контроля сварных швов в условиях производства и эксплуатации металлоконструкций.

В конце 1970-х — начале 1980-х годов институтом на базе ВНИИНКа создаются первые в мировой практике образцы приставок типа СД-22 и ПОИСК-19 к дефектоскопу и дефектоскоп УДСЗ-2, позволяющие впервые регистрировать документы трех видов при ручном УЗ-контроле стыковых сварных швов (Г.С.Пасси).

Результаты исследований и разработок положены в основу созданного НИИ мостов совместно с ЦНИИТМаш, НИИХИММаш, ЦНИИ КМ «Прометей», ИЭС им. Е.О.Патона ГОСТ 14782-69 (76, 86) на УЗ-контроль сварных соединений

Методы распознавания образа дефекта:

а дельта-метод (1978–1985 гг.);

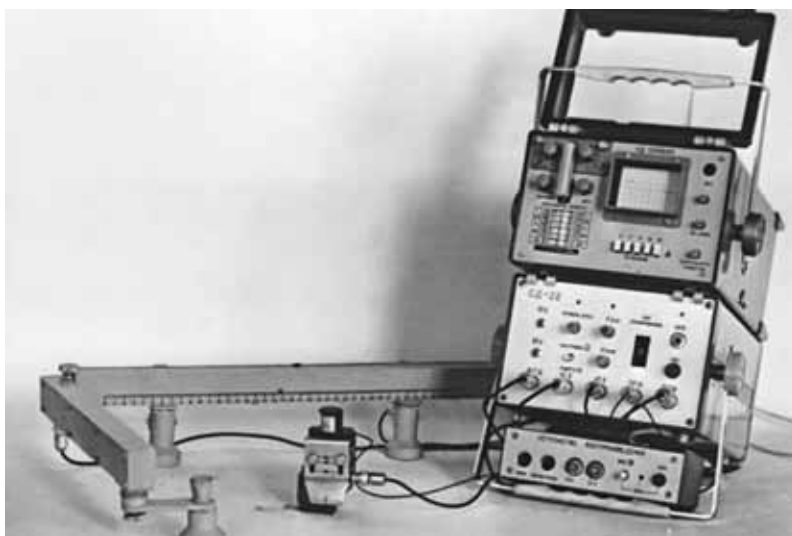
б «усеченный» дельта-метод (1984–1986 гг.);

в Ktl — метод (1980–1998 гг.)



К методологии УЗД тавровых сварных соединений с непроваром (дефектоскоп УДМ-1М, образец с пропилами разной ширины, специализированный отдельный преобразователь)

Оборудование регистрации результатов ручного УЗК



Дефектоскоп УДСЗ-2



и используются в многочисленных технологических инструкциях на УЗ-контроль сварных соединений.

Не менее значительное место в работах НИИ мостов с 1960 года отводится развитию теории методов и принципам построения средств УЗД рельсов при их производстве, эксплуатации, восстановлении и сварке.

Создаются терминология зеркально-теневого метода (ЗТМ) контроля (А.К.Гурвич), теоретические основы акустического тракта ЗТМ (В.П.Лохов) и эхо-метода (Л.И.Кузьмина) контроля рельсов, дается полное объяснение физики трансформации донного сигнала трещинами (В.П.Лохов), обосновываются параметры и измеряемые характеристики дефектов при ЗТМ (А.К.Гурвич), способы обнаружения трещин в стенках болтовых отверстий в рельсах с использованием «ультразвуковых калибров», работающих по зеркально-теневого (А.К.Гурвич) или эхо-методу (А.Н.Гичев). На базе комплекса теоретико-экспериментальных исследований получены схемы прозвучивания рельсов при их сплошном контроле в пути с использованием ПЭП, а на металлургических комбинатах — с использованием ЭМАП (А.К.Гурвич, Г.А.Круг, Л.И.Кузьмина).

На базе результатов исследований НИИ мостов ЛИИЖТа разрабатывается и вводится в действие первый в мире стандарт на УЗ-контроль рельсов ГОСТ-18576-73 (80, 85).

ГОСТ 14782





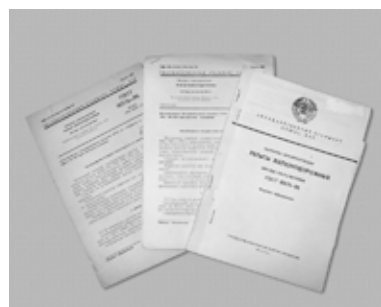
ВНИИНК и ПО «Волна» в 1964–1994 гг. при непосредственном участии специалистов НИИ мостов создали и выпустили последовательно серию многофункциональных УЗ-дефектоскопов типа УЗД-НИИМ-6М, РЕЛЬС-5, ПОИСК-2, ПОИСК-2М, ПОИСК-10Э и др. общим числом более 20 тыс. шт., не имеющих аналогов за рубежом. Например, дефектоскоп УЗД-НИИМ-6М (1967) стал первым в мировой практике ультразвуковым дефектоскопом, работающим по эхо- и зеркально-теневому методам для сплошного ультразвукового контроля двух нитей рельсового пути.

НИИ мостов и ВНИИНК с 1967 г. совместно разрабатывают и вводят в эксплуатацию первые УЗ-вагоны — дефектоскопы с регистрацией результатов сначала на киноплёнке, затем — на специальной бумажной ленте и далее — в аппаратно-программном комплексе «САРОС» на базе персонального компьютера (Н. Ю. Сыч, Г. А. Круг, В. Ю. Лохматый).

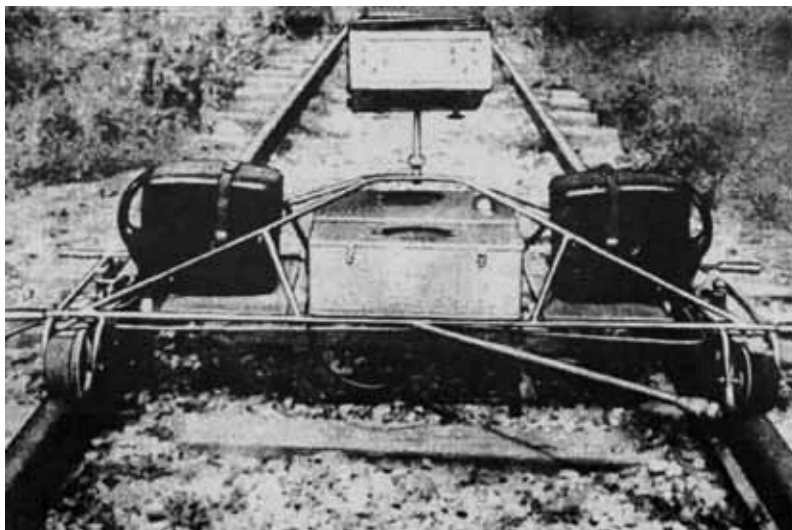
В 1969–1971 гг. в НИИ мостов экспериментально доказывается возможность выявления в рельсах дефектов, расположенных на расстояниях в несколько метров от искателя, размеры которых во много раз меньше длины волны (А. К. Гурвич, С. В. Емельянов, Г. Я. Дымкин). Впоследствии проводится теоретическое обоснование «низкочастотного» эхо-метода контроля рельсов (Г. Я. Дымкин), разрабатывается и выпускается партия специализированных дефектоскопов типа ПОИСК-4 и ПОИСК-14 для контроля рельсов с пошаговым сканированием.

А. К. Гурвич, Г. А. Круг, В. П. Лохов, В. А. Ястребов и др. на испытаниях бесконтактного УЗ рельсового дефектоскопа

ГОСТ 18576



Дефектоскоп УЗД-НИИМ-6М

Дефектоскоп УК-20 ПР
ПОИСК-4

Испытания дефектоскопа
«ПОИСК-4» (А. К. Гурвич,
В. П. Лохов, А. В. Максимов и др.)

С начала 1990-х важное место в работах НИИ мостов занимает развитие и совершенствование систем неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава. Институтом выполнены исследования методов, разработка средств и технологий, широкое внедрение УЗ-контроля элементов колесных пар и сварных соединений конструкций вагонов



В 2000–2006 годах разрабатываются первый микропроцессорный регистратор УР-3Р результатов сплошного контроля рельсов в пути съёмными дефектоскопами типа РДМ-2 (С.Р.Цомук, В.А.Бамунэр, И.З.Этинген), методики и технологии УЗ-контроля стыков алюминотермитной сварки рельсов (А.К.Гурвич, С.В.Николаев, И.З.Этинген), участков рельсов с механическими повреждениями поверхности катания рельсов и стрелочных переводов (И.З.Этинген, С.А.Рождественский). При этом трансформируется и организация неразрушающего контроля рельсов: классификатор дефектов в рельсах по 44 типам дополняется классификатором дефектов по 360 типоразмерам (А.К.Гурвич, А.А.Марков, И.З.Этинген, А.В.Давыдкин), обосновывается необходимость и создается методика перехода от детерминированных месячных норм сплошного контроля рельсов к изменяемым сменным нормам, обеспечивающим условия для надежного выявления дефектов в рельсах (А.К.Гурвич, И.З.Этинген, А.В.Давыдкин), формулируется технология УЗД рельсов мобильными средствами при максимально достигаемой стабильности акустического контакта искателей с рельсом (А.К.Гурвич), создается единый нормативный документ, определяющий требования к системе неразрушающего контроля рельсов и стрелочных переводов при их эксплуатации, сварке, восстановлении и ремонте (Г.Я.Дымкин, И.З.Этинген, С.А.Рождественский).

С начала 1990-х важное место в работах института занимает развитие и совершенствование систем неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава. Институтом выполнены исследования методов, разработка средств и технологий и широкое внедрение УЗ-контроля элементов колесных пар и сварных соединений конструкций вагонов. Развитая применяемая с 1952 г. методика дефектоскопии осей: при контроле автоматически учитываются присущие конкретной оси скорость распространения и затухания УЗ-колебаний, что существенно повышает достоверность и надежность контроля осей; отработана методика УЗД, разработан и широко внедрен дефектоскоп УДС1-22 для оперативного выявления дефектов в слое толщиной до 1,5 см под поверхностью катания ободьев колес и бандажей (Г.Я.Дымкин); созданы (Г.Я.Дымкин, С.Р.Цомук, А.В.Шевелев) технология и средства поиска дефектов в основном металле и наплавленном слое гребня колес; разработана методика УЗ-контроля дисков колес с использованием поверхностных волн. По результатам данных разработок НИКИМТ, фирмами РДМ и «ЗОНД» выпущено и внедрено на железных дорогах России и стран СНГ более 2300 специализированных дефектоскопов для УЗД элементов колесных пар УДС1-22, УДС2-32, устройств сканирования типа УСК, регистраторов результатов контроля УР-1 и УР-2 (В.А.Бамунэр, В.П.Лохов, С.Р.Цомук, И.З.Этинген).

Сотрудниками НИИ мостов также разработаны основные отраслевые нормативные документы, регламентирующие организацию применения и технологии НК в вагонном и пассажирском хозяйствах железнодорожного транспорта (Г.Я.Дымкин, В.П.Лохов, С.Р.Цомук, А.В.Шевелев).



Испытания регистратора УР-3Р с дефектоскопом РДМ-2 (И.З.Этинген)

Дефектоскоп УДС1-22



Испытания в депо опытного образца первого из серии устройств сканирования колес — УСК-3 (А. В. Шевелев)



В 2002 году разработана и экспериментально подтверждена технология механизированного УЗ-контроля осей без разборки буксового узла (Г.Я. Дымкин, В.П. Лохов); выпущены образцы дефектоскопа УДС2-52 «ЗОНД-2», реализующего эту технологию (С.Р. Цомук, А.Л. Дамаскин, В.А. Ястребов).

С 2002 года в НИИ мостов проводятся работы (Г.Я. Дымкин, С.А. Краснобрыжий, А.В. Шевелев) по созданию технологий и средств ультразвукового неразрушающего контроля остаточных напряжений в ободьях цельнокатаных колес повышенной твердости. Результатом выполненных работ стало создание совместно с ПГУПС (Д.В. Кособоков) и фирмой «Интротест» установки УКОН-01, реализующей автоматизированный ультразвуковой контроль распределения остаточных механических напряжений при ремонте и освидетельствовании бывших в эксплуатации цельнокатаных колес.

В 2007–2008 гг. разработана и введена в эксплуатацию на НТМК установка УКБ-1Д автоматизированного УЗ-контроля бандажей с производительностью до 60 шт. в час (Г.Я. Дымкин, А.В. Шевелев, Д.В. Кособоков, А.А. Шелухин).

В конце 2015 года в АО «ЕВРАЗ ЗСМК» была пущена в промышленную эксплуатацию автоматизированная установка ультразвукового приемочного контроля рельсов УКР-64Э (Г.Я. Дымкин, А.В. Шевелев, Д.В. Кособоков, А.А. Шелухин, И.З. Этинген, В.Н. Анисимов), разработанная и изготовленная совместно с ПГУПС и фирмами «РДМ», «Интротест». Установка интегрирована в линию НК рельсов производства компании NDT Technologies Inc. и позволяет производить контроль до 400 стометровых рельсов за смену (12 часов).

Важнейшим направлением деятельности НИИ мостов в области НК является разработка комплекса документов, формирующих нормативную базу применения методов НК продукции для железнодорожного транспорта на всех этапах жизненного цикла. Перечень основных разработанных документов представлен на стр. 131. Значительное место во внедрении результатов НИР и ОКР на железнодорожном



Группа разработчиков дефектоскопа УДС 2-32 на испытаниях в Кишиневе

транспорте с 1961 года отводилось обеспечению отрасли специалистами по НК. Подготовлено и повышена квалификация более 9000 человек по специализации «Методы и приборы НК», защищено 18 кандидатских и 4 докторских диссертации по специальности «Методы контроля и диагностика в машиностроении», опубликовано более 300 работ, в том числе более 20 монографий, справочников, учебных пособий, получено 67 авторских свидетельств и патентов на изобретения в области ультразвуковой дефектоскопии.

Важно, что лекции и практические занятия по всем специальным дисциплинам ведут, в основном, сотрудники, выполнившие ранее в ПГУПС дипломные проекты и /или диссертационные работы в области НК.

С первых дней развития научно-исследовательских работ в области УЗД в НИИ мостов уделялось серьезное внимание творческому содружеству с ведущими организациями страны, обмену опытом, поддержке начинающих специалистов в области УЗД, организации и проведению с интервалом 2-3 года Всесоюзных (Всероссийских), с международным участием, конференций по конкретным аспектам у.з. дефектоскопии металлопродукции.

С использованием средств, нормативных документов и технологий, разработанных институтом, на сети дорог и предприятиях железнодорожного транспорта у.з. контролю подвергнуто более 200 млн км рельсового пути, 60 млн сварных стыков рельсов в РСП и в пути, 20 млн колесных пар и деталей подвижного состава, 1 млн сварных соединений в мостах, локомотивах и вагонах; предотвращено около 2 млн потенциально возможных аварийных ситуаций из-за изломов рельсов, узлов и деталей подвижного состава по дефектам в них.

Результаты научных исследований и разработок НИИ мостов и Университета путей сообщения в области неразрушающего контроля в промышленности и на транспорте отмечены Дипломом I степени и многочисленными медалями ВДНХ СССР, знаками «За заслуги в стандартизации», «Почетный железнодорожник», «Лучший изобретатель железнодорожного транспорта» и удостоены премий Совета Министров СССР (1981 г.) и Правительства РФ (1994 г., 2008 г.).



Регистраторы результатов УЗД колес (УР-1) и осей (УР-2)

Установка УКОН-01



Основные ГОСТы и нормативные документы по НК, разработанные в НИИ мостов

С использованием средств, нормативных документов и технологий, разработанных НИИ мостов, на сети дорог и предприятиях железнодорожного транспорта у. з. контролю подвергнуто более 200 млн км рельсового пути, 60 млн сварных стыков рельсов в РСП и в пути, 20 млн колесных пар и деталей подвижного состава, 1 млн сварных соединений в мостах, локомотивах и вагонах; предотвращено около 2 млн потенциально возможных аварийных ситуаций

ГОСТ 14782–86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые

ГОСТ 18576–96 Контроль неразрушающий. Рельсы железнодорожные. Общие положения

ГОСТ 23049 Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Основные параметры и общие технические требования

ГОСТ Р 51685 Рельсы железнодорожные. Общие технические условия

ГОСТ 7370 Крестовины железнодорожные. Технические условия

ГОСТ Р 55724 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые

ГОСТ 33514–2015 Продукция железнодорожного назначения. Правила верификации методик неразрушающего контроля

РД 07.09–97 Руководство по комплексному ультразвуковому контролю колесных пар вагонов

ПРИКАЗ МПС РОССИИ № 2ЦЗ от 27.02.1997 «О совершенствовании системы контроля состояния рельсов средствами дефектоскопии»

РД 32.144–2000 Контроль неразрушающий приемочный. Колеса цельнокатаные, бандажи и оси колесных пар подвижного состава. Технические требования

ПОЛОЖЕНИЕ О СИСТЕМЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ РЕЛЬСОВ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СРЕДСТВ РЕЛЬСОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ОАО «РЖД»

СТО РЖД 1.11.003–2009 «Метод ультразвукового контроля сварных стыков рельсов»

СТО РЖД 1.11.004–2009 «Контроль неразрушающий. Рельсы железнодорожные. Общие технические требования к приемочному контролю»

СТО «РЖД» 1.11.006–2010 «Система неразрушающего контроля в ОАО «РЖД». Порядок разработки и ввода в эксплуатацию средств неразрушающего контроля»

СТО РЖД 1.11.007–2009 «Система неразрушающего контроля в ОАО «РЖД». Элементы стрелочных переводов. Технические требования к контролю»

СТО РЖД 11.009–2012 «Система неразрушающего контроля в ОАО «РЖД». Детали колесных пар локомотивов, моторвагонного и специального железнодорожного подвижного состава. Типовые методики ультразвукового контроля»

СТО «РЖД» 11.008–2014 «Система неразрушающего контроля в ОАО «РЖД». Основные положения»

ПР НК В1 «Правила по неразрушающему контролю вагонов, их деталей и составных частей при ремонте. Общие положения», с приложениями: «Положение по аттестации подразделений (лабораторий) неразрушающего контроля», «Положение о подготовке, повышении квалификации, периодической проверке знаний и сертификации персонала по неразрушающему контролю».

ПР НК В.2 «Правила неразрушающего контроля деталей и составных частей колесных пар вагонов при ремонте. Специальные требования»

ПР НК В.3 «Правила неразрушающего контроля литых деталей тележек грузовых вагонов при ремонте. Специальные требования»

ПР НК В.4 «Правила неразрушающего контроля деталей автосцепного устройства и тормозной рычажной передачи вагонов при ремонте. Специальные требования»

ПР НК В.5 «Правила неразрушающего контроля сварных соединений при ремонте вагонов. Специальные требования»

ИЗМЕНЕНИЯ К ПР НК В.2, ПР НК В.3, ПР НК В.4, ПР НК В.5

УЗД — эффективный контролер качества сварных мостов

Глава VIII

Мосты железнодорожные и автодорожные — наиболее характерные представители металлоконструкций, содержащих в себе узлы сложной конфигурации и сварные соединения различного вида, к качеству которых предъявляются особо жесткие требования.

Необходимость в методах и средствах НК в мостостроении проявилась в 1946 г. при развертывании исследований и разработок по внедрению сварки при восстановлении, изготовлении и монтаже металлических пролетных строений железнодорожных мостов. Использование сварки при восстановлении и скоростном строительстве мостов в военное время не имело соответствующей научной базы и привело к появлению массовых дефектов (главным образом в виде трещин), что вынудило Министерство путей сообщения в 1946 году прекратить изготовление сварных мостов.

Действующими в 1945–1952 гг. техническими условиями на изготовление пролетных строений не оговаривались ни типы и размеры недопустимых внутренних дефектов в сварных соединениях, ни методы их контроля. В нормативных документах 1953–1998 гг. размеры и взаимное расположение недопустимых одиночных пор и шлаковых включений поэтапно корректировалось, в то время как любые трещины, непровары и несплавления, скопления и цепочки пор и шлаковых включений с первых дней были отнесены к виду «недопустимые».

Первым методом НК стыковых швов элементов мостов, естественно, был метод рентгенографирования. Отработка его методики выполнялась в специализированной лаборатории НИИ мостов при ЛИИЖТ (1947–1951 гг.) с использованием аппарата фирмы «Зайферт».

В 1953 г. вышли «Временные правила контроля качества сварных швов при заводском изготовлении пролетных строений со сплошной стенкой и клепано-сварных пролетных строений ж.д. мостов», предусматривающие обязательное просвечивание рентгеновским или гамма-излучением 20 % длины каждого шва 1 категории. Использовались отечественные рентгеновские аппараты РУП-2, РУП-2С, РУП-1 и радионуклидные источники. При этом выявление трещин и несплавлений, как показал опыт, не гарантировалось. Контроль стыковых швов II, III категорий и угловых швов из-за высокой стоимости и трудоемкости методов просвечивания в указанном документе не предусматривался. Этим определяется развертывание в НИИ мостов в 1949–1953 гг. исследований возможности УЗК сварных соединений металлоконструкций с разработкой специализированного дефектоскопа.

В 1957 г. по результатам исследований разрабатываются и утверждаются «Правила контроля качества сварных

Проведение УЗК стыковых швов на мостовом заводе дефектоскопом ДУК-66ПМ



Дефектоскоп УЗД-НИИМ-3

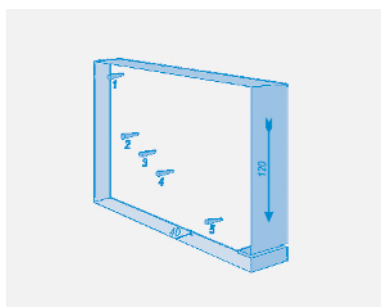
соединений при заводском изготовлении пролетных строений железнодорожных мостов», где в качестве самостоятельного метода НК не только стыковых, но и тавровых соединений впервые вводится ультразвуковая дефектоскопия. УЗК, а затем рентгенографическому контролю подвергается 100 % длины швов I категории; швы II и III категорий проверяются только ультразвуковым методом в объеме соответственно 30 % длины каждого шва и каждый третий шов по указанию ОТК.

Для контроля используется специализированный ультразвуковой дефектоскоп УЗД-НИИМ-2, впервые оснащенный электронным глубиномером с непосредственным отсчетом координат выявленных дефектов, электронной лупой для контроля соединений по слоям, вспомогательными звуковым и световым индикаторами обнаружения дефектов. Впоследствии, на базе УЗД-НИИМ-2, разрабатываются и выпускаются промышленностью дефектоскопы УЗД-НИИМ-3, УЗД-59ИМ, УЗД-60ИМ, ДУК-11ИМ, ДУК-13ИМ и др.

В те времена еще не были введены понятия «основные параметры контроля», «измеряемые характеристики дефектов», «угол ввода луча» (за угол ввода принимался угол, рассчитываемый по выражению Снеллиуса); отсутствовали единые методы настройки чувствительности, проверки мертвой зоны, расчета шага сканирования. Способы «поперечно-продольного сканирования» и «продольно-поперечного сканирования» были лишь различными названиями одного и того же способа, а не различными способами сканирования; в дефектоскопах отсутствовал аттенюатор, проградуированный в децибелах. Поэтому настройка дефектоскопа сводилась лишь к настройке чувствительности по отверстию «30» в «эталоне» из органического стекла толщиной 18 мм, в котором на глубине 5, 25, 30, 35 и 45 мм были выполнены отверстия диаметром 0,5 мм.

При выявлении дефекта его «протяженность» и «высота» оценивалась (как это теперь ясно) квази-относительным способом — «...по крайним положениям щупа, при которых величина импульса от данного дефекта равна половине своей максимальной величины...», о конфигурации дефекта судили по изменениям амплитуды эхо-сигнала от него при продольном

«Эталон» из оргстекла для настройки чувствительности УЗК — прародитель стандартного образца СО-1 по ГОСТ 14782



и вращательном сканировании. Достоверность оценки качества соединения в целом по результатам УЗК согласно «Правилам контроля...», длительное время подтверждаемая последующим рентгенографированием, была достаточной, чтобы с 1959 г. мостовые заводы применяли метод рентгенографирования только для контроля качества участков, не поддающихся ультразвуковой дефектоскопии, и участков, результаты УЗК которых требовали уточнения.

Необходимо отметить, что разработка нормативной документации разного уровня по контролю мостовых конструкций на основе многочисленных теоретических и экспериментальных исследований с самого начала была одним из основных направлений работ отдела УЗД НИИ мостов. Специалисты института являются, в частности, авторами или соавторами следующих документов, нашедших в разные годы широкое использование в мостостроении:

— Временные правила контроля качества сварных швов при заводском изготовлении пролетных строений со сплошной стенкой и клепано-сварных пролетных строений ж.д. мостов;

— Правила контроля качества сварных соединений при заводском изготовлении пролетных строений железнодорожных мостов;

— Инструкция по ультразвуковому контролю сварных и заклепочных соединений в конструкциях ж.д. транспорта;

— ОСТ 32 100–87. Ультразвуковой контроль швов сварных соединений мостов, локомотивов и вагонов;

— Методические указания по проведению ультразвукового контроля качества сварных соединений элементов металлоконструкций с учетом специфики транспортного строительства;

— Пособие по ультразвуковому контролю сварных соединений (Приложение к СНИП III-18-75);

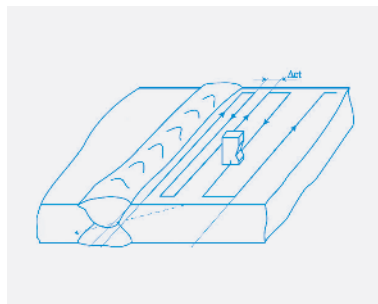
— СТО-ГК «Трансстрой» 005–2007. Стальные конструкции мостов. Технология монтажной сварки;

— СТО-ГК «Трансстрой» 012–2007. Стальные конструкции мостов. Заводское изготовление.

В процессе разработки этих и других нормативных документов сотрудниками отдела УЗД проводились теоретические и экспериментальные исследования. Процесс внедрения, а также техническая экспертиза и корректировка инструкций по УЗК мостовых конструкций сопровождалась выездами на строящиеся мосты или на мостовые заводы с целью опробования и корректировки как технологий, так и оборудования).

Необходимо отметить, что толщина большинства сварных соединений в мостовых конструкциях лежит в диапазоне 10...40 мм, а протяженность сварных швов ортотропных плит достигает десяти метров. Из-за такой величины швов особое значение для повышения производительности и достоверности УЗК имеет соблюдение дефектоскопистом параметров сканирования и обеспечение стабильного акустического контакта при перемещении преобразователя по поверхности соединения. Это обстоятельство обусловило особую

Способ продольно-поперечного сканирования



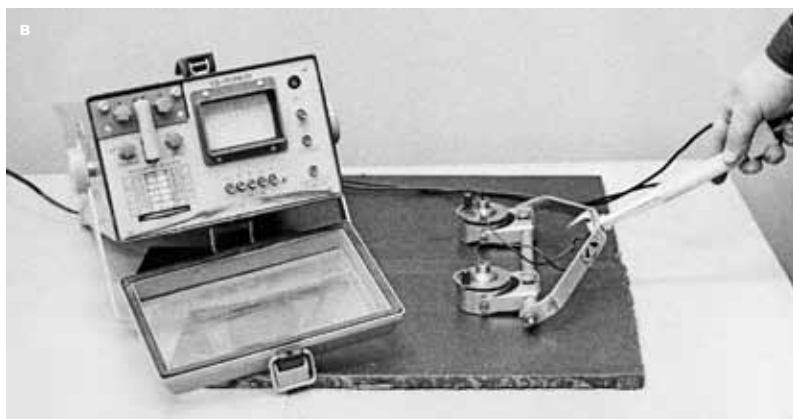
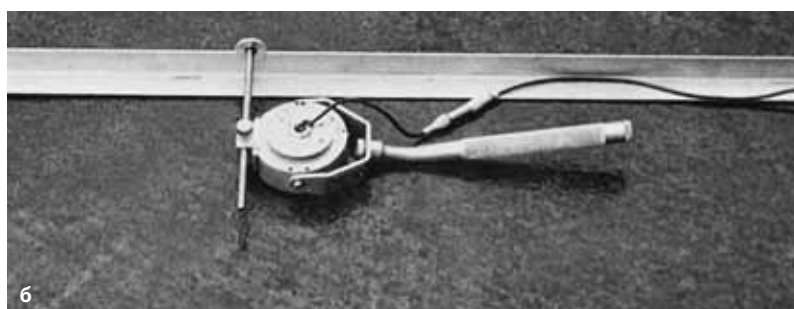
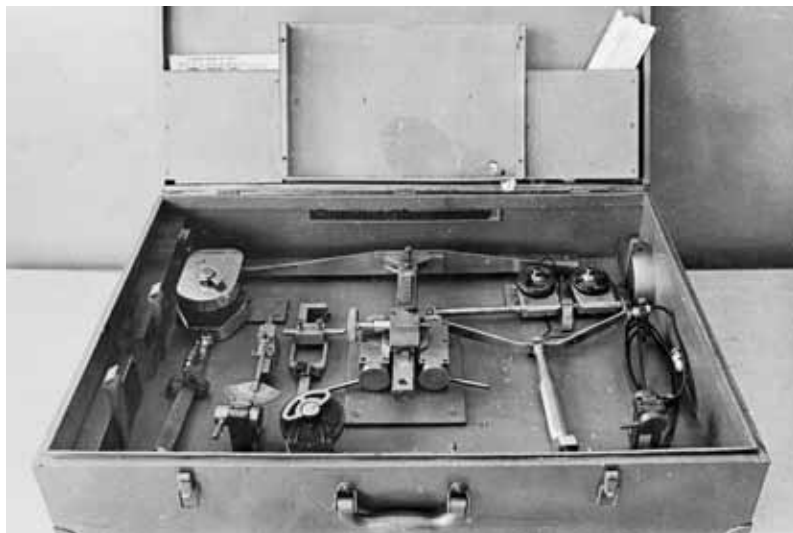
Внедрение УЗК сварных швов моста дефектоскопом УЗД-НИИМ-3 (А. С. Кукли, 1958 г.)



Опробование устройства для поиска расслоений в ортотропных плитах Кантемировского моста в Ленинграде (С. Р. Цомук, И. А. Телешев, Б. А. Петров, 1982 г.)

УЗК сварки ортотропных плит моста через реку Амур близ Хабаровска (И. Э. Этинген, А. В. Шевелев, 1998 г.)





Комплект устройств «МОСТ-1» для УЗК сварных швов мостов. В него, в частности, входили:

а Устройство, снабженное механизмом поворота ПЭП вокруг своей оси, для поиска разно ориентированных дефектов. Сканер для продольно-поперечного сканирования с механизмом поворота ПЭП (с магнитной линейкой в качестве направляющей)

б Устройство для ручного УЗК способом продольно-поперечного сканирования без поворота преобразователя (ПЭП) вокруг своей оси. Сканер для продольно-поперечного сканирования (с направляющей)

в Устройство с двумя ориентированными навстречу друг другу ПЭП в кассетах для поиска поперечных трещин при отдельной схеме включения ПЭП. Сканер для поиска поперечных трещин в сварных швах мостов и дефектоскоп «РЕЛЬС-6»

актуальность использования при УЗК мостов специализированных устройств сканирования, разработка которых велась в НИИ мостов многие годы. Большинство из них базировалось на использовании разработанного А. К. Гурвичем способа продольно-поперечного сканирования при поиске дефектов.

Суть способа состоит в том, что при поиске дефектов преобразователь перемещают не поперек, а вдоль шва на значительное расстояние (например, по направляющей), затем смещают на расчетный шаг Δst от шва, перемещают в обратную сторону и т. д. Вследствие расхождения ультразвукового пучка, шаг Δst в процессе сканирования увеличивается, суммарный путь, проходимый преобразователем на этапе поиска дефектов, значительно сокращается, производительность контроля существенно возрастает.

Естественно, чем больше протяженность швов, тем большую выгоду в производительности дает такой способ сканирования. Вторым достоинством данного способа является



**УЗК сварного шва моста
с помощью устройства РУППС-2В
и дефектоскопа УД2-12**

возможность его механизации, что значительно повышает удобство работы дефектоскописта.

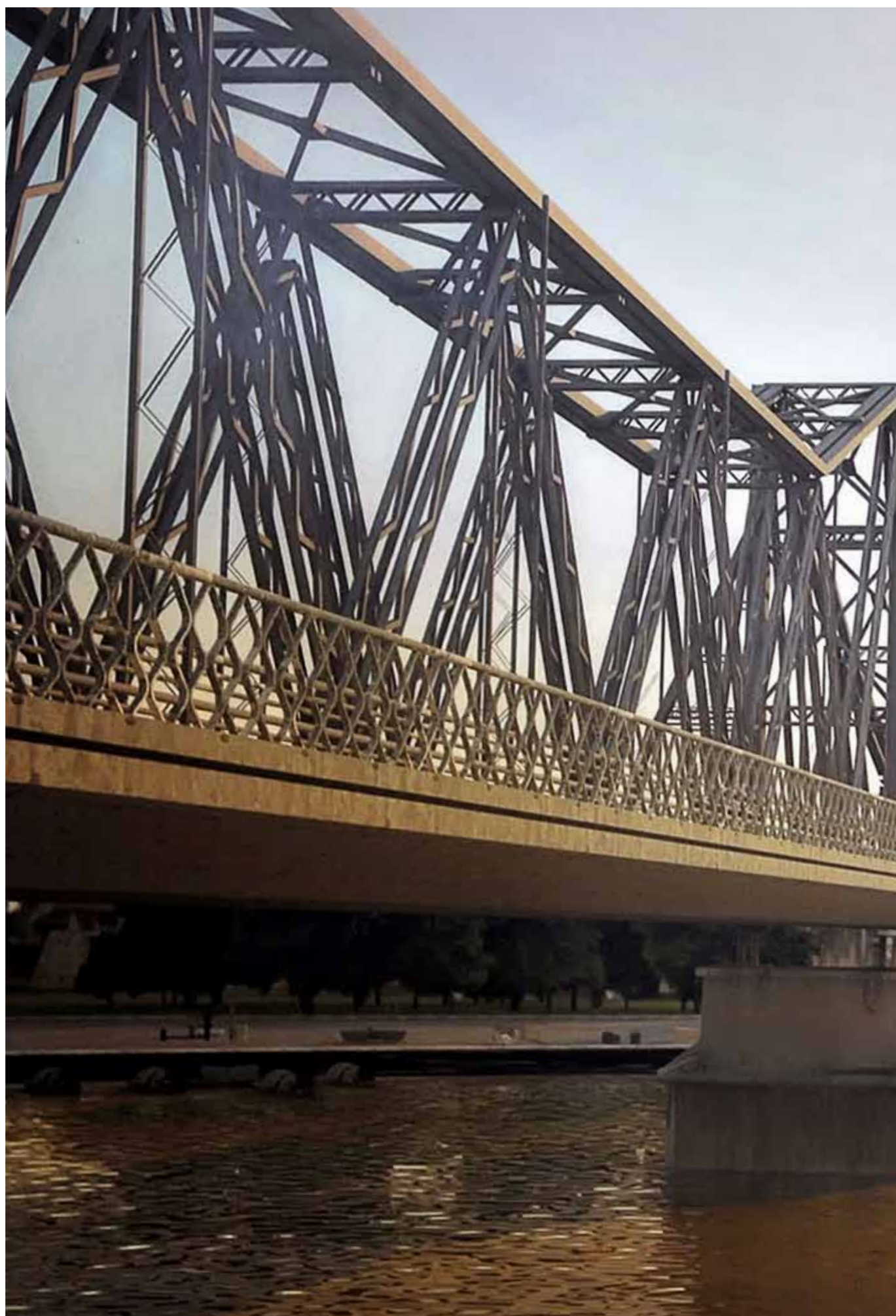
В конце 1970-х годов в институте был создан комплект устройств сканирования «МОСТ-1» для решения специфических задач поиска дефектов при УЗК мостовых конструкций.

Наиболее удачным и наиболее использованным в практике УЗК мостовых конструкций стало ручное устройство продольно-поперечного сканирования РУППС-2В, созданное в середине 1980-х годов. Устройство состояло из направляющей длиной около 1,5 м с расположенными на ее концах программными пластинами и каретки с ПЭП, перемещаемой по этой направляющей. На конце направляющей каретка наезжает на очередной зуб программной пластины и двигается по нему, за счет чего преобразователь смещается относительно продольной оси шва на заданный шаг поперечного сканирования Δx .

Устройство РУППС-2В стало основным инструментом для поиска дефектов при УЗК моста «Тханг-Лонг» во Вьетнаме — большой работы НИИ мостов в 1980-х годах. Металлическое пролетное строение крупнейшего в Юго-Восточной Азии внеклассного совмещенного моста (общая протяженность — более 5 км) через реку Красную в Социалистической Республике Вьетнам представляло собой пространственную решетчатую конструкцию с двухъярусным расположением проезжей части.

Подлежащие контролю неразрушающими методами сварные соединения протяженностью от 1 до 10 м ортотропных плит автопроезжей части моста представляли собой стыковые соединения стальных листов марки 10ХСНД толщиной

**На стр. 138–139:
Мост «Тханг-Лонг» через реку
Красную, Вьетнам**







Общий вид строительства моста «Тханг-Лонг» близ Ханоя

14 и 16 мм. Сварка плит осуществлялась в два этапа: корневой слой — ручной электродуговой сваркой, последующие слои — автоматической сваркой под флюсом.

Работе во Вьетнаме предшествовала разработка сотрудниками отдела УЗД Технологических инструкций (ТИ) по УЗК и рентгенографическому контролю сварных швов. ТИ по УЗК (А.К.Гурвич, А.С.Кукли, С.Р.Цомук) базировалась на использовании типовых дефектоскопов «Рельс-6» (УД-13УР), настройке условной чувствительности по стандартному образцу СО-2, разбраковке швов на основе измерения амплитуд, условных размеров дефектов и их количества на участке заданной протяженности. Объем УЗК при этом был принят 100%. ТИ по рентгенографированию (В.К.Карташов) регламентировала просвечивание мест пересечений сварных швов, отдельных участков швов (для уточнения результатов УЗК) и базировалась на использовании мобильных аппаратов типа НОРА и впоследствии МИРА-2Д.

После разработки и утверждения в установленном порядке ТИ специалистами отдела УЗД на Экспериментальном полигоне института была организована и проведена в течение месяца подготовка группы вьетнамских дефектоскопистов, которая включала как теоретические курсы, так и практические занятия на сварных швах типоразмеров, соответствующих применяемым на мосту «Тханг-Лонг».

На строительстве моста «Тханг-Лонг» впервые в мостостроении были реализованы на большом объеме швов:

- способ продольно-поперечного сканирования;
- настройка условной чувствительности в децибелах;
- учет изменения угла ввода волны в зависимости от температуры преобразователя и контролируемого объекта.

Всего на мосту вьетнамскими дефектоскопистами под руководством командированного во Вьетнам старшего научного сотрудника отдела УЗД А.А.Маркова ультразвуковым методом было проверено около 18,5 км сварных швов и обнаружено 11235 недопустимых внутренних дефектов. Рентгенографирование около 1000 пересечений сварных швов позволило дополнительно обнаружить более 320 дефектных участков.

Рентгенографирование сварных швов на мосту «Тханг-Лонг»**Выполнение УЗК сварных швов ортотропных плит моста «Тханг-Лонг» с помощью устройства РУППС-2В**

Столь высокая степень образования дефектов была обусловлена специфическими климатическими условиями (среднемесячная влажность воздуха — выше 80 %, температура воздуха летом в дневное время — до +40 °С в тени, температура металла моста — до +65 °С), в которых велись сварочные работы, а также отдельными нарушениями технологии сварки.

Как отмечено выше, в таких условиях хорошо проявило себя устройство РУППС-2В. Малая масса устройства (3 кг), значительное (до 5 раз) увеличение производительности при одновременном повышении надежности контроля сделали устройство РУППС-2В весьма эффективным средством контроля как на укрупнительной, так и на монтажной сварке мостов.

Еще одним важным направлением работы НИИ мостов в области НК мостовых конструкций является выполнение инспекционного контроля. Необходимость такого контроля, как средства повышения эффективности и достоверности НК, отмечена в СТП на изготовление и монтаж мостов введенным обязательным требованием: «Швы, проверенные каждым звеном (дефектоскопистом) за смену, должны подвергаться выборочному инспекционному ультразвуковому контролю в объеме 5 %, но не менее одного соединения». В соответствии



Выполнение инспекционного контроля зимой 1997 г. (И. З. Этинген)

Проверка настройки дефектоскопа УД2–12 (С. Р. Цомук)

Выполнение инспекционного контроля летом 1998 г. при температуре воздуха плюс 30 °С, металла — плюс 50 °С (А. В. Шевелев, И. З. Этинген)

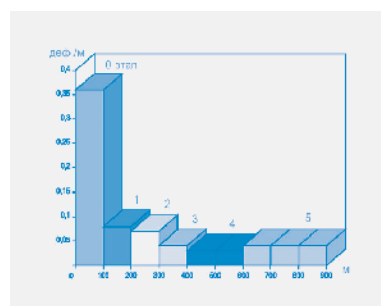
с этим требованием специалисты отдела УЗК проводили инспекционный контроль на мостах через реки Белая, Нева, Обь и др. Комплекс работ состоял из подготовки программы инспекционного контроля, экспертизы и корректировки документации, проведения выборочной дефектоскопии и формирования предложений по повышению достоверности и эффективности контроля.

Как самую объемную и весомую необходимо отметить работу по инспекционному контролю внеклассного моста через реку Амур около Хабаровска, выполненную в 1996–1998 гг.

Общая протяженность монтажных стыковых сварных швов листов из стали марок 10ХСНД и 15ХСНД толщиной 12 и 16 мм составляла на этом мосту около 18 км.

Технологическая инструкция по УЗК прошла техническую экспертизу в НИИ мостов и была утверждена МПС РФ. Программа инспекционного контроля предусматривала проведение УЗК сварных швов в объеме 5 % специально сформированной группой специалистов НИИ мостов, сертифицированных на II и III уровень квалификации и имеющих опыт контроля аналогичных соединений. Отбор швов производился таким образом, чтобы проверке в равной пропорции подвергались как результаты УЗК швов разных типоразмеров, так и результаты работы всех дефектоскопистов.

Количество выявленных дефектов на 1 м сварного шва за 6 этапов инспекционного контроля (июль 1996 г. — октябрь 1998 г.)



В период с июля 1996 г. по октябрь 1998 г. группой инспекционного контроля ультразвуковыми дефектоскопами УД2-12 с ПЭП П121-5-70 проверено 906 м сварных швов. Контроль выполнялся при температуре окружающего воздуха от минус 7 °С до плюс 30 °С.

На нулевом этапе инспекционного контроля были обнаружены многочисленные отступления от действующей ТИ в организации, проведении и оформлении результатов УЗК, а также выявлено большое число недопустимых дефектов. Соответствующее пролетное строение было забраковано, после чего был выполнен повторный сплошной приемочный контроль стыковых соединений с ремонтом дефектных сечений. Количество дефектов, выявленных на последующих пяти этапах инспекции, оказалось существенно меньшим и приблизительно одинаковым.

Таким образом, введение инспекционного контроля позволило упорядочить оформление документации по контролю, откорректировать и дисциплинировать работу дефектоскопистов штатного контроля, выявить значительное количество пропущенных при штатном контроле недопустимых дефектов.

Кроме того, совместный анализ результатов инспекционного контроля привел к улучшению подготовки швов под контроль, позволил усовершенствовать технологию сварки и откорректировать отдельные положения инструкций по сварке и УЗК. Положительный опыт ультразвукового инспекционного контроля сварных швов моста через реку Амур, проведенного специалистами НИИ мостов, подтвердил необходимость и целесообразность его применения и при строительстве других ответственных сварных металлоконструкций.





shutterstock.com

Эволюция и революции в рельсовой дефектоскопии

Глава IX

Безаварийность и безопасность движения на железнодорожном транспорте в определяющей мере зависят от надежности рельсового пути. Поэтому рельсы были и остаются основным объектом неразрушающего контроля (НК) при эксплуатации железнодорожной инфраструктуры.

Первые попытки инструментального неразрушающего контроля рельсов в Советском Союзе относятся к 1933 г., когда Ф. М. Карповым была создана магнитная дефектоскопная станция, состоящая из двух вагонов. Это диктовалось высоким уровнем аварийности отечественного железнодорожного транспорта — например, в 1933 году было повреждено в различной степени около 7000 паровозов и 640 000 вагонов (при том, что вводилось в эксплуатацию новых вагонов 119 000 шт. в год), полностью разрушено 4500 вагонов, было зафиксировано 170 сходов подвижного состава из-за изломов рельсов.

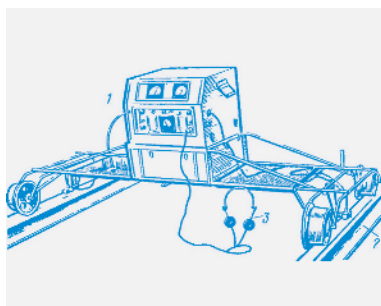
Первые серийные советские магнитные вагоны-дефектоскопы и съемные ультразвуковые УРД-52, УРД-58 и магнитные (МРД-52) дефектоскопы были разработаны Всесоюзным научно-исследовательским институтом железнодорожного транспорта, Научно-исследовательским институтом мостов Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта, Уральским филиалом академии наук СССР и Сибирским физико-техническим институтом в пятидесятые годы двадцатого века.

В 1952 году впервые в мировой практике для массового контроля рельсов в зоне болтового стыка стали применять зеркально-теневые ультразвуковые дефектоскопы УРД-52, а в 1956 году для контроля рельсов по всей длине —



Рельсовый дефектоскоп УРД-52

Первые опыты УЗК сварных стыков рельсов в пути



Рельсовый дефектоскоп УРД-58

ультразвуковые рельсовые дефектоскопы, работающие также по зеркально-теневому методу (ЗТМ), УРД-56 и УРД-58.

С середины 50-х годов прошлого века в НИИ мостов проводятся теоретико-экспериментальные исследования эхо- и зеркально-теневого методов дефектоскопии рельсов, разрабатывается понятие и методология зеркально-теневого метода, обосновываются основные параметры, предопределяющие достоверность контроля рельсов этими методами, оценивается помехозащищенность вариантов этих методов, создаются стандартные образцы и имитатор дефектов для настройки чувствительности соответственно эхо- и зеркально-теневого методов, разрабатываются способы обнаружения трещин в болтовых отверстиях в рельсах с использованием ультразвуковых «калибров», работающих по ЗТМ и эхо-методу.

На базе комплекса теоретико-экспериментальных исследований получены схемы прозвучивания рельсов при их сплошном контроле в пути с использованием пьезоэлектрических преобразователей и на металлургических комбинатах с использованием электромагнитоакустических преобразователей.

По результатам исследований в 1963 г. создается действующий образец нового дефектоскопа многоцелевого назначения УЗД-НИИМ-6. В дефектоскопе впервые был использован ряд новых решений, в частности, зеркально-теневого метод с применением второго донного сигнала, «ультразвуковой калибр» для контроля болтовых стыков рельсов, стрелочный индикатор для непосредственного отсчета координат дефектов, имитатор дефектов для настройки чувствительности каналов, работающих по зеркально-теневому методу, стандартные образцы для настройки чувствительности эхо-каналов.

В 1970-е на ПО «Волна» (г. Кишинев) в тесном сотрудничестве с НИИ мостов выполняется опытно-конструкторская разработка и осваивается серийное производство дефектоскопов УЗД-НИИМ-6М, а также дефектоскопов ДУК-11ИМ и ДУК-13ИМ для контроля сварных стыков рельсов на РСП и в пути по технологии НИИ мостов. В 1970–1980 гг. с использованием этих дефектоскопов ежегодно проверяется до 5 млн км рельсов в пути, 3 млн сварных стыков рельсов



УЗК болтовых отверстий рельсов
(А. С. Кукли, 1958 г.)

в пути, 500 тыс. на РСП, выявляется более 100 тыс. потенциально опасных дефектов.

Естественно, что в последующие годы создаются и серийно выпускаются модификации этих дефектоскопов («Рельс-4», «Рельс-5», «Рельс-6», «ПОИСК-2», «ПОИСК-10Э»), сохраняющие без изменений функциональные возможности дефектоскопов УЗД-НИИМ-6М, ДУК-13ИМ, УРДО-63. В эти же годы вводятся в эксплуатацию первые в СССР ультразвуковые вагоны-дефектоскопы (ВНИИНК, НИИ мостов, ВНИИЖТ); создается первый в мировой практике съемный зеркально-теневой дефектоскоп на ЭМА-преобразователях УДР-101 (завод Электротехнического оборудования, г. Днепропетровск, НИИ мостов) и низкочастотный дефектоскоп «ПОИСК-4» (НИИ мостов, ВНИИНК), позволяющий выявлять дефекты в рельсах на расстоянии до 12 м от места установки датчика на рельсе.

Применительно к скоростям сканирования вагонов-дефектоскопов, сравнимых со скоростями движения пассажирских поездов, разработана теория и основные принципы создания аппаратуры на базе непрерывного излучения ультразвуковых колебаний с выделением эхо-сигналов на базе эффекта

Измерения дефектоскопом
«ПОИСК-4» на стеллажах РСП-21,
г. Лодейное Поле (А. В. Максимов
и Е. Л. Федорова)



Дефектоскоп УЗД-НИИМ-6М



Доплера; при этом, благодаря значительному сужению спектра излучаемых и принимаемых сигналов одновременно с более тщательным прозвучиванием рельса, должна повыситься и помехозащищенность эхо-метода.

Дефектоскопы УРД-52, УРД-56, УРД-58, УРД-63, УРДО-3, ДУК-13ИМ, ДУК-66ПМ, УЗД-НИИМ-6М, МРД-66, РДП-56 и магнитный вагон-дефектоскоп составляли единый дефектоскопический комплекс первого поколения.

Обобщение опыта эксплуатации данных приборов, а также результатов научных исследований позволило сформулировать требования к агрегативному комплексу новых съемных рельсовых дефектоскопов, и в 1979 году был начат выпуск комплекса из трех дефектоскопов типа РЕЛЬС-4, РЕЛЬС-5 и РЕЛЬС-6, а в 1980-е и 1990-е годы — съемных рельсовых дефектоскопов ПОИСК-2, ПОИСК-10Э, ПОИСК-10ЭМ.

На базе результатов исследований НИИ мостов разрабатывается и вводится в действие первый в мировой практике стандарт ГОСТ 18576-73 (80, 85, 96, 01) на ультразвуковой контроль рельсов.

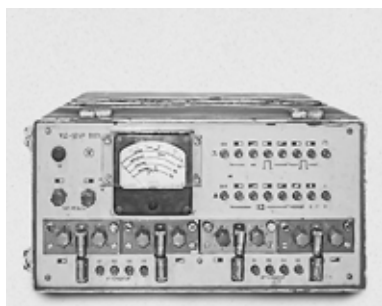
С участием НИИ мостов разработаны и введены в эксплуатацию первые ультразвуковые вагоны-дефектоскопы с регистрацией результатов сначала на киноплёнке (1967 г.), затем на специальной бумажной ленте, а в аппаратно-программном комплексе Системы автоматической регистрации и обработки сигналов (САРОС) — на базе персонального компьютера.

Дефектоскопы УЗД-НИИМ-6М — Рельс-5 — ПОИСК-2 — ПОИСК-10Э, ДУК-13ИМ — Рельс-6, УРДО-63 — Рельс-4 в сочетании со съемными магнитными дефектоскопами, магнитными и ультразвуковыми вагонами-дефектоскопами успешно функционировали на железных дорогах СССР и, далее, России и других государств СНГ вплоть до 1997 г., обеспечивая обнаружение опасных дефектов в рельсах с вероятностью 98,5–98,9%.

Сварным стыкам рельсов также уделялось особое внимание. Восстановление и сварку старогодных рельсов и сварку новых рельсов в длинномерные плети (до 800 м) выполняют электроконтактным способом. При нарушениях режимов сварки и подготовки к сварке торцов рельсов, а также

Съемный дефектоскоп РЕЛЬС-5

Дефектоскоп для ручного контроля сварных стыков РЕЛЬС-6





Программный комплекс САРОС

при отклонениях химического состава металла от заданных стандартами значений возможно возникновение внутренних дефектов: плоскостных, вертикально ориентированных и имеющих характер структурных изменений с весьма малым раскрытием.

Исследования, проведенные НИИ мостов ЛИИЖТа, показали, что единственно возможным методом обнаружения внутренних дефектов является эхо-импульсный метод ультразвуковой дефектоскопии.

Неразрушающий контроль, проводимый этим методом на всех рельсосварочных поездах на территории Советского Союза, был введен с 1961 года. СССР (до конца 1980-х годов) — единственная страна, где ультразвуковому контролю в обязательном порядке подвергался каждый сварной стык на рельсосварочном предприятии и проводился периодический контроль этих стыков при их эксплуатации в пути.

В начале 2000-х годов, в связи с повсеместным распространением применения алюмини-термитной сварки стыков рельсов, НИИ мостов разработаны методики и технологии ультразвукового контроля данных сварных стыков.

В конце двадцатого века в НИИ мостов впервые в мире разработана технология сплошного УЗК рельсов в пути съёмным дефектоскопом с регистрацией результатов контроля в виде В-развертки.

Для реализации данной технологии совместно с фирмой «ЗОНД» создано устройство регистрации УР-ЗР, предназначенное для регистрации сигналов и параметров сплошного ультразвукового контроля рельсов в пути дефектоскопом УДС2-РДМ-2 с дальнейшей обработкой этих результатов в персональном компьютере с целью получения объективного документа контроля. Фирмой «ЗОНД» выпущено и поставлено на железные дороги России и стран СНГ более 1500 регистраторов УР-ЗР.

Расшифровка зарегистрированных результатов позволила повысить достоверность контроля и снизить вероятность неправильного принятия решения оператором о степени дефектности проконтролированных рельсов.



Исследование выявляемости дефектов рельсов на РСП-1, ст. Предпортовая (М. С. Мельникова)



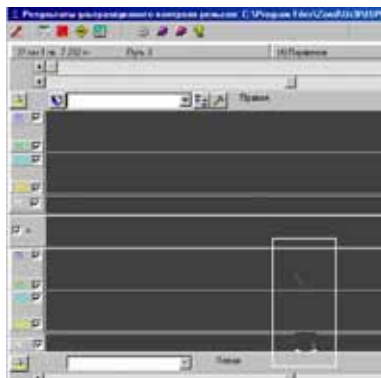
Плакат по УЗК сварных стыков на РСЛ

УЗК сварных стыков на РСЛ (1960 г.)

УЗК сварного стыка рельсов при эксплуатации (Е. Л. Федорова и др.)



Результаты УЗК рельсов с использованием В-развертки





**Дефектоскоп УДС2-РДМ-2
с регистратором «УР-ЗР»**

НИИ мостов разрабатывается нормативная и технологическая документация по контролю рельсов, в том числе (совместно с ВНИИЖТ), «Положение о системе неразрушающего контроля рельсов и эксплуатации средств рельсовой дефектоскопии в путевом хозяйстве железных дорог ОАО «РЖД», являющееся на сегодняшний день основным нормативным и техническим документом, определяющим организацию системы НК рельсов, сварных стыков рельсов и элементов стрелочных переводов в ОАО «РЖД». В настоящее время в ОАО «РЖД» используется система сплошного контроля рельсов в пути с использованием съемных дефектоскопов (3300 шт.) и мобильных средств диагностики (86 дефектоскопных автотрис и 105 вагонов-дефектоскопов). НК рельсов в пути выполняют около 11 тысяч человек. Средняя периодичность сплошного контроля составляет 40 раз в год. Ежегодно средствами НК проверяется 5 млн км пути (50 % – съемные дефектоскопы, 50 % – мобильные средства диагностики) и обнаруживается более 30 тысяч рельсов с недопустимыми дефектами. Количество изломов рельсов, своевременно не выявленных по причинам, связанным с недостатками системы НК, не превышает 50 шт. в год.

В течение последнего десятилетия в НИИ мостов разработаны и непрерывно актуализируются отраслевые нормативные документы, межгосударственные и международные стандарты в области неразрушающего контроля рельсов, сварных стыков рельсов и элементов стрелочных переводов при их производстве и дальнейшей эксплуатации.

В 2015 году НИИ мостов в сотрудничестве с ПГУПС, фирмами «РДМ» и «Интротест» спроектирована, установлена

**Демонстрация регистратора УР-ЗР
(Г. Я. Дымкин и С. Р. Цомук) руковод-
ству Октябрьской ж. д. (В. А. Гапанов-
вич, М. В. Сапетов)**



Установка УКР-64Э



и успешно запущена в эксплуатацию установка УКР-64Э автоматизированного приемочного УЗК рельсов на металлургическом комбинате в г. Новокузнецке.

Установка позволяет выполнять УЗК рельсов различных типоразмеров эхо-методом, в соответствии с требованиями российских и европейских нормативных документов. Прозвучивание рельсов выполняется с поверхности катания, с боковых граней головки, с боковой поверхности шейки и с нижней поверхности подошвы в проекции шейки при помощи локально — иммерсионных ПЭП. Производительность контроля — до 400 стометровых рельсов за смену (12 часов). Аппаратно — программный комплекс установки состоит из многоканального дефектоскопа АПК-14 и автоматизированного рабочего места оператора (АРМ-УЗК). Предусмотрено три режима работы установки: автоматический, проверка настройки, ручной.

В ходе научной деятельности сотрудников НИИ мостов оригинальные научные разработки в области НК рельсов защищаются патентами.

Авторитетное мнение ведущих специалистов НИИ мостов высоко ценится при проведении экспертных оценок, работы комиссий по различным практическим аспектам НК рельсов.

За годы работы в НИИ мостов собрана, упорядочена и постоянно пополняется уникальная база образцов рельсов и сварных стыков с естественными и искусственными дефектами, что позволяет проводить отработку методик контроля, вести научно-исследовательскую работу не только при решении производственных задач НИИ мостов, но и, в тесном сотрудничестве с кафедрой «МПНК» ПГУПС, дает возможность проводить научные исследования и эксперименты студентам и молодым ученым.

Сегодня НК рельсов в пути выполняют около 11 тысяч человек. Средняя периодичность сплошного контроля составляет 40 раз в год. Ежегодно средствами НК проверяется 5 млн км пути (50% — съемные дефектоскопы, 50% — мобильные средства диагностики) и обнаруживается более 30 тысяч рельсов с недопустимыми дефектами. Количество изломов рельсов, своевременно не выявленных по причинам, связанным с недостатками системы НК, не превышает 50 шт. в год

Колеса диктуют вагонные, что надо проверить и их

Глава X

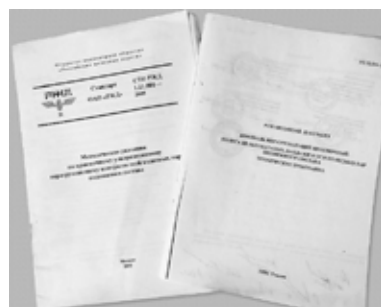
Необходимым условием обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте является надежная работа подвижного состава. НИИ мостов активно занялся вопросами НК элементов и узлов подвижного состава с начала 1990-х годов. В первую очередь это касалось создания системы НК колесных пар как наиболее ответственного элемента конструкций подвижного состава, сложные технологии изготовления и восстановления, а также тяжелые условия и сверхнормативные сроки эксплуатации которых обуславливают возникновение дефектов и усталостных повреждений.

Естественно, что борьба за качество элементов колесных пар должна вестись, прежде всего, на заводах-изготовителях. Именно приемочный НК в потоке производства может снизить вероятность попадания в эксплуатацию колес и осей как с дефектами, непосредственно угрожающими безопасности движения, так и с дефектами, которые могут явиться зародышами развивающихся в процессе эксплуатации усталостных повреждений. В связи с этим в середине 1990-х годов в институте были начаты работы по формированию системы неразрушающего контроля продукции для железнодорожного транспорта при ее изготовлении.

Первым значительным шагом в этом направлении явилась разработка руководящего документа РД 32.144–2000 «Контроль неразрушающий приемочный. Колеса цельнокатаные, бандажи и оси колесных пар подвижного состава. Технические требования», вторым — уточняющим и конкретизирующим положения РД в части контроля осей — СТО РЖД 1.11.001–2005 «Методические указания по приемочному УЗ неразрушающему контролю осей колесных пар подвижного состава». Документы регламентируют методы и методики неразрушающего контроля с целью выявления внутренних и поверхностных дефектов при изготовлении. Они были введены впервые в отечественной практике и действуют по настоящее время, способствуя обеспечению высокого качества наиболее ответственных элементов колесных пар железнодорожного подвижного состава.

Реализация положений указанных документов на предприятиях металлургической промышленности (АО «Нижнетагильский металлургический комбинат», АО «Выксунский металлургический завод» и др.), транспортного машиностроения (ПО «Уралвагонзавод», АО «Алтайвагон», АО «Тверской вагоностроительный завод», АО «Тихвинский вагоностроительный завод» и др.) потребовала внедрения современных автоматизированных средств и линий неразрушающего контроля продукции в потоке производства. В связи с этим последние два десятилетия НИИ мостов выполняет работы по технической поддержке внедрения, разработке технологической

Первые разработанные в НИИ мостов документы по приемочному УЗ неразрушающему контролю осей колесных пар подвижного состава (РД 32.144–2000 и СТО РЖД 1.11.001–2005)



Специалисты НК-Цentra филиала НИИ мостов на стенде для автоматизированного УЗК чистовых осей АО «Алтайвагон»



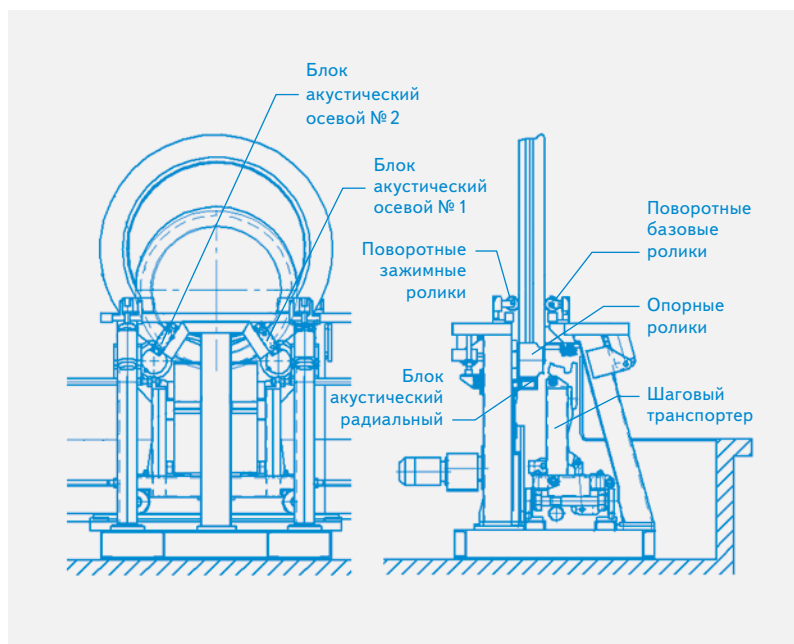
документации по НК и организации комплекса необходимых испытаний зарубежных (Германия, Израиль, Канада, Китай) и отечественных средств НК осей, колес, боковых рам, тележек вагонов на российских предприятиях, а также предприятиях-поставщиках из Казахстана, Китая, Румынии, Словакии, Франции, Украины.

В качестве логического продолжения указанных работ в последние годы институтом в сотрудничестве с ПГУПС и НПО «Интротест» созданы автоматизированная установка УЗК черновых бандажей УКБ-1Д и оборудование УКОН-01 с технологией УЗК остаточных напряжений в ободьях цельнокатаных колес с учетом анизотропии металла.

В установке УКБ-1Д реализуется УЗК бандажей различных типоразмеров в соответствии с требованиями российских и европейских норм. Прозвучивание бандажей выполняется с поверхности катания и с боковой поверхности при помощи локально-иммерсионных и щелевых ПЭП.

Аппаратно-программный комплекс установки УКБ-1Д состоит из многоканального дефектоскопа УДС2-152 и автоматизированного рабочего места оператора (АРМ-УЗК).

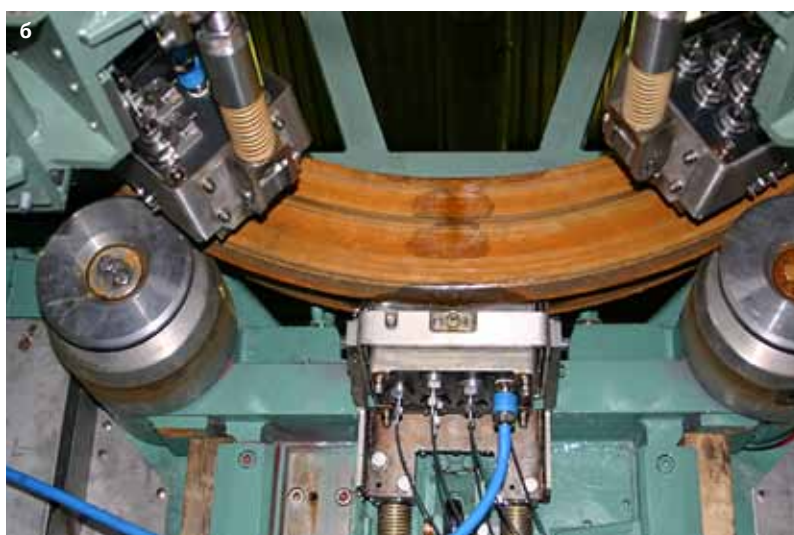
Общий вид установки УКБ-1Д





Акустические блоки для прозвучивания бандажей в установке УКБ-1Д

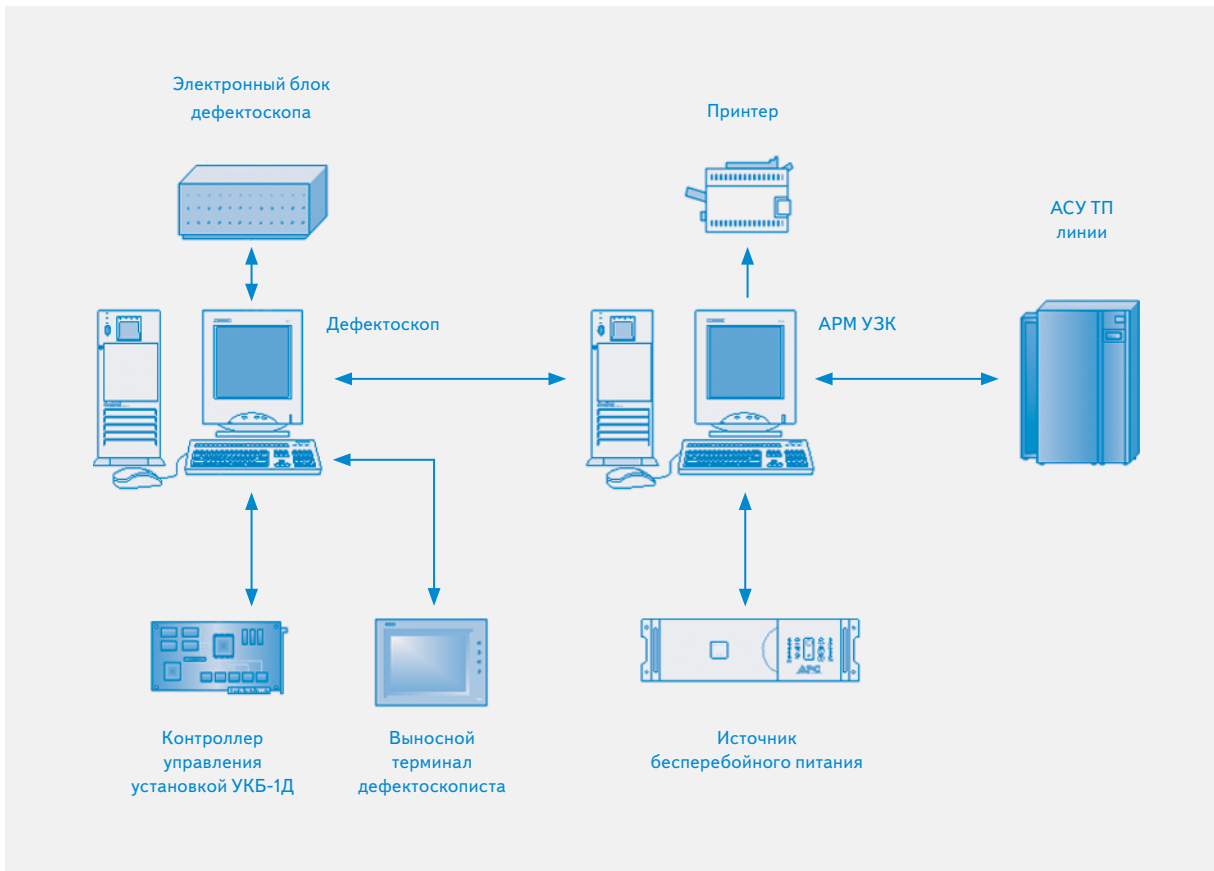
- а прозвучивание с поверхности катания
- б прозвучивание с боковой поверхности



Предусмотрено три режима работы установки: автоматический, полуавтоматический и ручной. Установка УКБ-1Д и стандартные образцы для проверки ее основных параметров прошли все этапы сертификационных и приемочных испытаний, предусмотренных для средств НК нормативными документами Ростехрегулирования и ОАО «РЖД», и внедрены в производственной линии Нижнетагильского металлургического комбината.

Работы по созданию технологий и средств УЗК остаточных напряжений в ободьях цельнокатаных колес повышенной твердости проводятся НИИ мостов с 2002 г. Уровень и характер распределения остаточных механических напряжений в ободьях цельнокатаных колес относятся к числу важнейших факторов, которые совместно с действующими в процессе эксплуатации напряжениями в ободьях ускоряют рост трещин и усталостных повреждений и влияют на эксплуатационную надежность колес. Оценить внутренние остаточные напряжения в объеме обода возможно только УЗ методом, а эта оценка важна, поскольку наличие напряжений в ободу колеса, даже при отсутствии малейших дефектов в объеме обода, может привести к хрупкому излому колеса.

Для создания технологий и средств УЗК остаточных напряжений в ободьях цельнокатаных колес повышенной



Структура установки УКБ-1Д



Измерения напряжений в ободьях колес (С. А. Краснобрыжий)







Оборудование УКОН-01 для измерения остаточных напряжений в ободьях колес

твердости специалистами НИИ мостов с целью измерения распределения остаточных напряжений в ободьях было проконтролировано более 300 новых колес производства ВМЗ и НТМК и более 700 колес нормальной и повышенной твердости в эксплуатации.

Завершающими этапами проведенной работы стали опытно-конструкторская разработка и испытания отечественного автоматизированного УЗ прибора измерения остаточных напряжений в ободьях цельнокатаных колес — УКОН-01. Комплект оборудования состоит из стойки управления с компьютером, монитором и источником бесперебойного питания и манипулятора, который устанавливается на контролируемое колесо и подключается к стойке управления.

Весь процесс измерения проходит в автоматизированном режиме, время одного цикла измерений, включая установку манипулятора на колесо, не превышает 3 минуты. Оборудование УКОН-01 прошло все этапы сертификационных и приемочных испытаний, предусмотренных для средств НК нормативными документами Ростехрегулирования и ОАО «РЖД», и реализует ультразвуковой вариант метода DRS по новой нормативной базе, внедряемой с 2015 г. на всех вагоноремонтных предприятиях стран СНГ и Балтии.

Действующая система НК деталей и узлов вагонов при их эксплуатации и ремонте многие годы базировалась на применении визуального, магнитопорошкового, ультразвукового, вихретокового и магнитоферрозондового методов. Формированию организационной структуры системы НК в ее современном виде в определяющей мере способствовало «Типовое положение об организации работ по неразрушающему контролю на предприятиях, производящих ремонт и модернизацию вагонов всех типов. ПР 07.07», разработанное специалистами НИИ мостов в 1995 г. и дополненное в 1999 г. В соответствии с этим документом в абсолютном большинстве вагонных и пассажирских депо были созданы подразделения НК, находящиеся в непосредственном подчинении главного



«Типовое положение об организации работ по неразрушающему контролю на предприятиях, производящих ремонт и модернизацию вагонов всех типов. ПР 07.07», разработанное специалистами НИИ мостов в 1995 г. и дополненное в 1999 г. (ПР 07.07)



«Руководство по комплексному ультразвуковому контролю колесных пар вагонов. РД 07.09—97»



Устройство типа УСК для контроля одной зоны колеса

инженера предприятия. Кроме того, впервые были регламентированы условия и порядок введения НК на предприятиях по ремонту вагонов, оснащение подразделения, требования к квалификации и обязанности персонала. «Типовое положение...», введенное в действие в 1995 году, явилось первым шагом в создании систем управления качеством на предприятиях по ремонту вагонов.

В те же годы НИИ мостов совместно с ВНИИЖТ был разработан фундаментальный нормативный документ, на долгие годы ставший главным для выполнения УЗК колесных пар как грузовых, так и пассажирских вагонов во всех странах СНГ и действующий до сих пор, то есть уже на протяжении почти 20 (!) лет — «Руководство по комплексному ультразвуковому контролю колесных пар вагонов. РД 07.09-97». В этом документе регламентированы все основные операции УЗК при разных видах ремонта: дефектоскопирование осей колесных пар при обыкновенном и полном освидетельствовании в зонах шейки, предподступичной, подступичной и средней частей, а также ободьев и дисков колес в приободной зоне, гребней колес до и после их восстановления наплавкой и термического упрочнения, поверхности катания колес.

Многие новые технологии УЗК элементов колесных пар, новые преобразователи, сканирующие устройства и дефектоскопы впервые появились в РД 07.09-97 и в Приложениях, которыми документ неоднократно дополнялся.

Например, УЗК колес по существу начинался с заказа институту от Управления вагонного хозяйства МПС разработки устройства для дефектоскопирования только одной зоны — галтельного перехода диск-обод, в которой развивались трещины по периметру данной зоны — первого сканирующего устройства колес серии УСК.

Далее устройство дополнялось кассетами с преобразователями для УЗК обода и гребня колеса, что позволило сначала опробовать в ряде депо первое из линейки серийных устройств — УСК-3, а затем совместно с фирмой «ЗОНД» и изготовить, поставить данное устройство в подавляющее большинство вагоноремонтных предприятий страны.

Позже этими же разработчиками было создано следующее, более совершенное устройство — УСК-4. Две данные модели в течение более 20 лет были основными устройствами для УЗК колес в вагонных депо и на вагоноремонтных заводах.

Устройства УСК-3 и УСК-4



В последние годы в связи с разработкой и внедрением новой нормативной базы на УЗК элементов колесных пар частично изменились схемы прозвучивания колес, что легло в основу сначала громоздкого и тяжелого макета, затем — значительно более удобного в работе и компактного устройства последней модели — УСК-5. Разработка УСК-5, как и других сканеров этой линейки, велась совместно с фирмой «ЗОНД», которая изготавливает и поставляет в вагоноремонтные предприятия данный сканер с 2014 года.

УЗК для дефектоскопии осей колесных пар при эксплуатации был внедрен в СССР в начале 1950-х. При оценке качества осей с первых лет по настоящее время решались две задачи: первая — отбраковка по затуханию с целью не допустить в эксплуатацию оси с крупнозернистой структурой, вторая — выявление недопустимых поверхностных и внутренних дефектов.

Первая задача решается прозвучиванием оси с помощью нормального преобразователя, устанавливаемого на торец оси, получением эхо-сигнала от дальнего торца и сравнением его амплитуды с установленным заранее уровнем. Вторая — продольным прозвучиванием с торца оси преобразователями с углами ввода 0° и 20° , а также прозвучиванием с цилиндрической части оси наклонным преобразователем с углом ввода 50° .

Для повышения удобства продольного прозвучивания в начале 1970-х на Ярославской железной дороге были разработаны, а в дальнейшем в НИИ мостов доработаны и нашли широкое применение в практике так называемые комбинированные преобразователи, которые состоят из двух резонаторов (0° и 20°), заключенных в один корпус и переключаемых тумблером, смонтированным на корпусе.

Схема контроля осей с торца, применяемая в течение уже 50 лет, имеет целый ряд как методических, так и технологических недостатков, в частности: наличие многочисленных переотражений лучей от боковых граней и трансформации типов волн, что приводит к появлению значительного числа ложных эхо-сигналов, наличие «затененных» зон и зон с пониженной чувствительностью из-за технологических отверстий

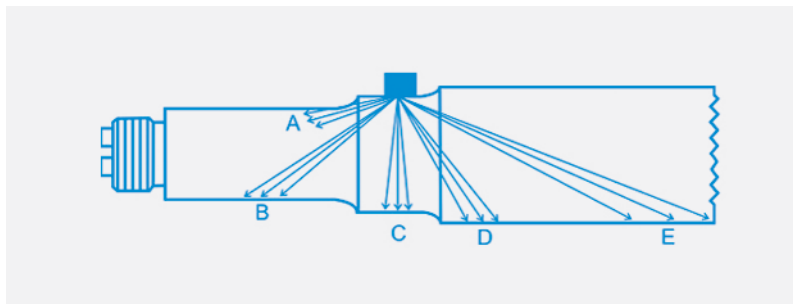


Устройство УСК-5: макет и серийный образец устройства



Комбинированные ПЭП для УЗК осей

Схема прозвучивания оси
с предподступичной части



Общий вид устройства УСО-1

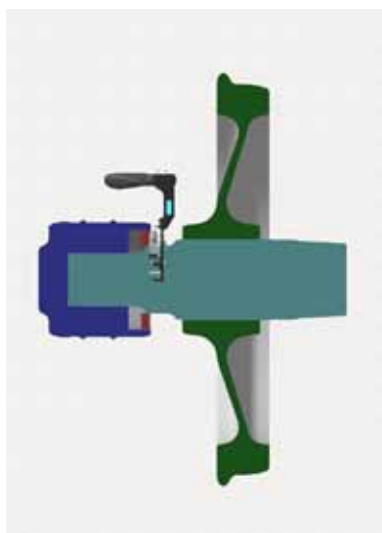


Схема установки устройства УСО-1
на ось колесной пары без разборки
буксового узла

на торце оси, необходимость частичного демонтажа буксового узла и пр.

Для кардинального решения задачи создания высокочувствительных и помехозащищенных методик УЗК осей без демонтажа буксового узла в НИИ мостов и дефектоскопии в начале 2000-х годов разработаны новые схемы прозвучивания оси, основанные на прозвучивании оси с предподступичной части многоэлементным акустическим блоком.

Данные схемы реализованы совместно с фирмой «ЗОНД» в специализированном устройстве сканирования оси — УСО-1, которое устанавливается на предподступичную часть и позволяет осуществлять УЗК осей без демонтажа буксового узла. Причем при использовании многоканальных дефектоскопов прозвучивание всех зон осуществляется одновременно, вследствие чего производительность поиска дефектов повышается в несколько раз.

Анализируя работы НИИ мостов в области УЗК элементов колесных пар, необходимо обратить особое внимание на вклад сотрудников института в создание дефектоскопов для вагонного хозяйства.

До конца 1980-х на предприятиях, занятых ремонтом подвижного состава, в основном использовались дефектоскопы УЗД-56 и УЗД-64, собранные на электронных лампах. В конце 1980-х — начале 1990-х гг. на предприятия МПС, как и других ведомств, на смену упомянутым дефектоскопам пришли новые, базирующиеся на использовании полупроводниковой схемотехники, приборы отечественного производства (УД-11ПУ, УД2-12), а также польский дефектоскоп DI-4.

Эти приборы имели заметные преимущества: автоматическую сигнализацию дефектов со звуковой и оптической индикацией, калиброванный аттенюатор, блок цифрового отсчета амплитуд, координат, временных интервалов, набор рабочих частот, компенсированную отсечку. Дефектоскоп УД2-12 до конца 1990-х являлся самым распространенным, а на многих предприятиях и единственным средством для контроля деталей подвижного состава. Однако этот дефектоскоп имел два существенных недостатка с точки зрения эффективного УЗК элементов колесных пар:

- 1) отсутствовала возможность регистрации результатов контроля, что с течением лет стало весьма актуальной задачей для практики контроля при эксплуатации колесных пар;
- 2) являясь универсальным ультразвуковым дефектоскопом, УД2-12 не учитывал, естественно, особенностей УЗК осей и колес, как весьма специфических объектов контроля.

Первая проблема была решена специалистами института и фирмы «ЗОНД» путем разработки и широкого внедрения в вагонные депо специальных регистраторов результатов УЗК типа УР-1 и УР-2. Каждый из них представлял собой отдельный блок, который фиксировался на дефектоскопе УД2-12 с помощью специальной скобы и подсоединялся к его выходу электрически.

Устройства серии УР предназначались для регистрации параметров процесса и результатов УЗК колес (УР-1) и осей (УР-2) и позволяли вводить с клавиатуры и запоминать блок исходных данных (дата контроля, код оператора, номер контролируемой детали, зону контроля, амплитуды эталонных сигналов и пр.), а также блоки данных о проконтролированных колесах или осях, включая осциллограммы с экрана дефектоскопа. Реализованная программа обработки результатов контроля колес и осей впервые позволила организовать базу данных результатов дефектоскопирования, просматривать результаты контроля за любой период, искать данные контроля по номеру колеса, оси, сортировать данные по периоду, дате, оператору, зоне контроля, отбирать данные только по дефектным колесам и пр., и распечатывать на принтере протоколы контроля, как в полном объеме, так и содержащие только отсортированную информацию. Таким образом, широкое внедрение регистраторов УР-1 и УР-2 на сети железных дорог позволило не только повысить эффективность хранения результатов контроля колесных пар, но и изменить формы отчетности по этому направлению работы предприятий вагонного хозяйства.

Не менее важным было и решение второй проблемы — разработка и внедрение специализированного дефектоскопа для контроля деталей вагонов, учитывающего их специфичность (сложность формы с наличием многочисленных галтелей и переходов, широкий диапазон размеров контролируемых зон, разбросы по затуханию и скорости распространения волн) и базирующегося на использовании микропроцессорной техники. Таким прибором стал дефектоскоп УДС2-32, созданный в 1998 г. НИИ мостов совместно с фирмами «РДМ» и «ЗОНД».

Наличие в новом приборе автоматического учета затухания позволило уточнять чувствительность контроля каждой конкретной колесной пары, а учет разброса скоростей распространения волн — точно автоматически выставлять границы контролируемой зоны и определять, при необходимости, координаты выявленного дефекта. Таким образом, дефектоскоп УДС2-32 явился первым программируемым специализированным для контроля колесной пары дефектоскопом.

Для решения конкретной и весьма важной для практики УЗК колес вагонов задачи — обнаружения дефектов на поверхности катания и в подповерхностном слое — специалистами института совместно с ВНИИНК (г. Кишинев) был разработан малогабаритный специализированный дефектоскоп УДС1-22.

Дефектоскоп базировался на использовании так называемого низкочастотного ($f = 0,4\text{МГц}$) способа контроля, который



Общий вид регистратора результатов УЗК типа УР

Дефектоскоп УД2-12 с подсоединенным регистратором УР-1

Первый специализированный ультразвуковой дефектоскоп для УЗК деталей вагонов — УДС2-32

Специализированный УЗ дефектоскоп УДС1-22

**УЗК поверхности катания колеса
дефектоскопом УДС1–22**



Первый многоканальный ультразвуковой дефектоскоп для УЗК вагонных и других деталей — УДС2-52 «ЗОНД-2»

позволяет прозвучить весь периметр поверхности катания с одной установки преобразователя, а также определить расстояние от преобразователя до выявленного дефекта. Такими приборами были оснащены практически все вагоноремонтные предприятия, способ контроля колес на низкой частоте в дальнейшем был реализован и производителями других дефектоскопов и используется как обязательный вид УЗК до настоящего времени.

Дальнейшему повышению производительности и эффективности контроля деталей подвижного состава должно было способствовать внедрение вместо одноканальных дефектоскопов типа УДС2-32 многоканальных дефектоскопов с разными формами представления информации (в частности, в виде А- и В-разверток), удобной системой регистрации результатов контроля.

Таким прибором стал дефектоскоп УДС2-52 «ЗОНД-2», созданный той же группой разработчиков, что и УДС2-32.

Дефектоскоп имеет 8 независимых каналов, позволяет осуществлять контроль всех зон оси (без демонтажа буксового узла) или колеса за один поворот колесной пары, имеет А- и В-развертки во всех каналах, встроенную систему регистрации результатов, программируемые заранее настройки для контроля по разным методикам. Функциональные возможности дефектоскопа позволяют реализовать многоканальный контроль металлоконструкций, применяемых в самых разных отраслях и использовать его в автоматизированных установках, например для УЗК осей колесных пар.

Таким образом, за прошедшие годы аппаратура, разработанная при активном участии специалистов НИИ мостов и применяемая для контроля деталей подвижного состава, прошла значительный путь от примитивных дефектоскопов первого поколения до современных микропроцессорных приборов, оснащенных сканирующими устройствами и устройствами регистрации, значительно сокращающими время на настройку и предварительные операции, а также дающими



Испытания дефектоскопа УДС2-52 «ЗОНД-2» в вагонном депо Горький-Сортировочный

существенный выигрыш в производительности контроля за счет внедрения многоканальных дефектоскопов для ручного и механизированного контроля, внедрения автоматизированных систем контроля деталей подвижного состава.

Наряду с созданием и внедрением нового оборудования, специалисты НИИ мостов всегда уделяли особое внимание разработке нормативной и технологической документации по НК деталей и узлов вагонов. Кроме вышеупомянутых базовых документов (РД 32.144, СТО РЖД 1.11.001–2005, ПР 07.07, РД 07.09) за последние 40 лет институтом были разработаны, согласованы и утверждены десятки СТО РЖД, РД и Технологических инструкций как для отрасли в целом, так и для отдельных предприятий.

Особенно существенная корректировка нормативной документации на НК деталей вагонов была начата в НИИ мостов в 2012–2013 гг. Это было связано с имевшими место особыми случаями брака, приведшими к излому деталей в эксплуатации, чрезвычайно высокой трудоемкостью НК, созданием деталей и составных частей вагонов новых конструкций (колеса с S-образным диском, литые детали тележки и др.), а также с созданием и внедрением новых методов и средств контроля.

В рамках этой большой работы был создан (при участии ВНИИЖТ), согласован и утвержден Свод правил по НК при ремонте вагонов, состоящий из пяти нормативных документов.

Каждый документ, входящий в состав Свода правил, содержит:

- специальные требования к оборудованию и организации работ;
- описание методик контроля и требования к их основным параметрам;
- требования к процедурам настройки и проверки параметров;
- правила проведения контроля и оценки качества;
- типовые формы протоколов по результатам контроля;
- требования безопасности при проведении работ по НК.

Все документы Свода правил прошли широкую апробацию и обсуждались специалистами НК стран Содружества,

Аппаратура, разработанная при активном участии специалистов НИИ мостов, прошла значительный путь от примитивных дефектоскопов до современных микропроцессорных приборов с устройствами, значительно сокращающими время на настройку и предварительные операции и дающими существенный выигрыш в производительности контроля за счет внедрения многоканальных дефектоскопов для ручного и механизированного контроля, внедрения автоматизированных систем контроля деталей подвижного состава



Примеры патентов по вопросам УЗК деталей вагонов, полученных сотрудниками НИИ мостов

профильными комитетами и подкомитетами НП «ОПЖТ». Свод правил по НК при ремонте вагонов утвержден Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества, Грузии, Латвии, Литвы, Эстонии (протоколы от 16–17 октября 2012 года № 57, от 19–20 декабря 2013 года № 59) и вводится в действие в каждом государстве в соответствии с национальным законодательством.

Для подготовки к введению в действие свода правил специалистами института в 2014–2016 гг.:

- разработаны Технологические инструкции по разным видам НК, реализующие требования свода правил и устанавливающие технологии НК, в первую очередь, с применением «обязательных» методов НК и наиболее распространенных типов средств НК;
- разработан комплект типовых технологических карт НК для всех применяемых методов и средств НК;
- разработаны программы и учебные планы по изучению свода правил, начата подготовка специалистов вагоноремонтных предприятий.

Как и в других направлениях, в ходе научной деятельности сотрудников НИИ мостов оригинальные научные разработки в области НК деталей и узлов вагонов защищаются патентами.

Дефектоскоп УДС2-52 «ЗОНД-2» в составе аппаратуры автоматизированного комплекса «Ультра-Маг-01»



XXI век: верность традициям и новые проекты НИИ мостов

Глава XI

Современный этап деятельности НИИ мостов и дефектоскопии отмечен устойчивым и стабильным развитием. Во многом это объясняется стабильностью коллектива института, где сегодня сложилось благоприятное равновесие опытных высококвалифицированных специалистов и молодых сотрудников, для которых сейчас самая лучшая пора учиться и набираться опыта. Главное — есть у кого.

Растет число заказов и проектов, которыми НИИ мостов обеспечен сегодня на достаточно длительную перспективу. Это напрямую связано с высокой деловой репутацией института, которая складывалась десятилетиями. Предприятие зарекомендовало себя надежным деловым партнером, обеспечивая объективность результатов исследований и испытаний, высокое качество оказываемых услуг. Немаловажно и то, что НИИ мостов, накопив высокий научно-технический потенциал, способен осуществлять крупные комплексные проекты в России и за рубежом.

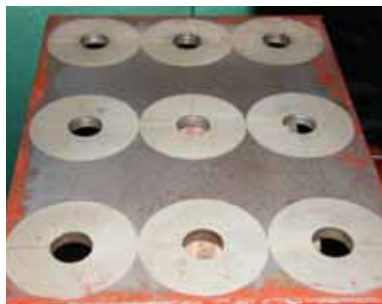
Совершенствование сварочных технологий в мостостроении, давшее 70 лет назад главный импульс к рождению института, и сегодня остается ведущим направлением его деятельности. Ведь на сварочные работы приходится более 80 % от общего объема заводских и монтажных соединений несущих конструкций мостов.

В настоящее время институт является органом по сертификации сварочного оборудования, сварочных материалов, технологических процессов, используемых в сварочном производстве, персонала сварочного производства и испытательной лабораторией в системе добровольной сертификации.

В институте давно выражали неудовлетворенность отсутствием прогресса в развитии сварочного производства мостовых конструкций в последние два-три десятилетия и предлагали меры, чтобы исправить это положение. Среди них:

- совершенствование нормативной базы сварочного производства стального мостостроения;
- разработка и внедрение новых сварочных материалов, выбор оптимальных режимов сварки при заводском изготовлении пролетных строений;
- разработка и внедрение новых технологий сварки в заводских условиях и на монтаже (на стройплощадках);
- разработка и последующее внедрение технологий сварки новых марок металлопроката, в том числе высокопрочных и атмосферостойких сталей для конструкций стальных мостов.

Одним из актуальных и перспективных направлений развития отрасли является широкое применение для строительства мостов атмосферостойкой стали 14ХГНДЦ, имеющей также особое название «Кортен». Этот материал образует на



Испытания на сдвиг двух двухсрезных девятиболтовых образцов, обработанных лазером, с определением их несущей способности



поверхности окисную пленку, которая не размывается водой и защищает металл от коррозии. Применение данной «вечной» стали в мостостроении позволяет существенно снизить эксплуатационные затраты.

В 2015 году НИИ мостов проводил усталостные испытания и участвовал в подборе режимов сварки крупномасштабных образцов пролетных строений из кортеновской стали. На основе полученных данных институтом ОАО «Гипростроймост» разработаны Технические условия на проектирование и строительство первого моста из данной стали с применением сварки на монтаже.

Также одним из ключевых направлений в развитии сварочных технологий может стать внедрение в отрасли лазерной обработки и сварки мостовых конструкций, основанной на применении нового поколения сварочной техники. Лазерные технологии высокоэнергоэффективны, позволяют существенно повысить производительность путем увеличения скоростей резки или сварки, снизить трудозатраты на правку металлоконструкций за счет уменьшения деформаций в районе сварных швов и в целом повысить качество и эксплуатационную надежность сварных металлоконструкций.

В НИИ мостов, начиная с 2014 года, проводятся исследования по применению лазерной обработки соприкасающихся металлических поверхностей во фрикционных соединениях на высокопрочных болтах. Для получения надежных сдвигоустойчивых болтовых соединений все работы на монтаже конструкций должны вестись так, чтобы болты действительно имели проектное осевое натяжение, а состояние соприкасающихся поверхностей — соответствующий проекту коэффициент трения.

Наиболее распространенным способом подготовки контактных поверхностей является пескоструйная обработка. В качестве альтернативы были проведены испытания на сдвиг двух двухсрезных девятиболтовых образцов, обработанных лазером, с определением их несущей способности.



Образец, изготовленный из щебня и полимерного двухкомпонентного композиционного материала на неорганической основе, для укрепления балластной призмы эксплуатируемых железнодорожных мостов после испытаний на прессульсаторе ГРМ-1



Экспериментальная база на станции Предпортовая была создана вскоре после образования НИИ мостов. Сегодня институт в рамках аттестованного Испытательного центра располагает уникальными возможностями проводить испытания материалов, узлов, деталей конструкций инженерных сооружений, вплоть до крупномасштабных фрагментов пролетных строений



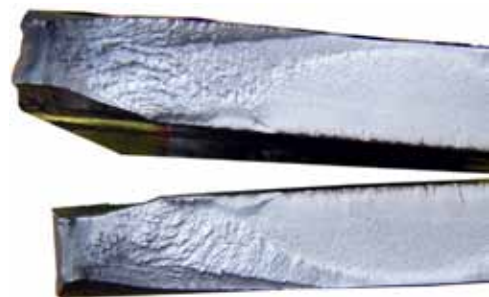
Измерение твердости гайки прибором для измерения твердости металлов и сплавов по методу Бринелля ТШ-2М

Контроль партии болтов и гаек приемочным испытанием на определение твердости по Бринеллю

Испытательная машина ЦДМ-200 — фрагмент сварного соединения коробчатого сечения ортотропной плиты пролетного строения

Испытательная машина ЦДМ-10 — основной металл верхнего пояса пролетного строения





Анализ полученных результатов показал, что при специальной обработке лазером существенно повышается надежность фрикционных соединений с использованием высокопрочных болтов, обеспечивается стабильная линейная зависимость между деформацией и нагрузкой (в отличие от традиционных способов). Предварительные результаты испытаний позволяют рекомендовать применение лазерной обработки стальных поверхностей трения в наиболее ответственных конструкциях, например, в антисейсмических опорных частях сооружений, а также в элементах соединений с использованием гибких связей.

Одновременно в институте идут циклические (усталостные) испытания стыковых соединений мостовых конструкций из стали 10ХСНД 2 категории по ГОСТ 6713, сваренных с применением лазерных технологий. Работа ведется под руководством ведущих специалистов НИИ мостов В.М. Олекова и Е.И. Румянцева, являющихся признанными экспертами по сварке. Это направление является инновационным и перспективным, но недостаточно изученным. Внедрение новых технологических процессов изготовления мостовых конструкций требует проведения различных экспериментальных исследований, подтверждающих параметры прочности, трещиностойкости, гарантирующих безопасность эксплуатации объекта в течение всего срока службы. В случае внедрения принципиально новых технологий, таких как лазерная сварка, в числе обязательных исследований находятся и испытания по определению усталостных характеристик новых сварных соединений.

Построенные по результатам испытаний усталостные диаграммы показывают, что применение лазерной сварки с глубоким проплавлением позволяет получить усталостные характеристики сварного соединения на уровне основного металла. Механические характеристики сварных стыковых соединений, выполненных лазерной сваркой (предел текучести, предел прочности, твердость металла шва и зоны

Испытания на растяжение стыковых сварных швов, выполненных лазерной и лазерно-дуговой (гибридной) сваркой, и вид полученных при этом изломов



На стр. 174–175:
Обследование состояния нижних поясов главных ферм и балок проезжей части железнодорожного металлического моста на км 419, 930 перегона Тапа – Тарту Эстонской железной дороги с плавсредства Е. А. Монастыревым и И. В. Рупасовой



**ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ
СМИРНОВ**

д. т. н., профессор, зав. кафедрой
«Мосты» ПГУПС:

—
Я пришел на кафедру в 1975 году, и с тех пор тесное сотрудничество с НИИ мостов развивалось у меня на глазах. У нас даже часть лабораторного оборудования и техники находилась в совместном пользовании.

Мне приходилось неоднократно выезжать на обследования мостов с высококлассными специалистами А. В. Ненашевым и Р. Г. Болотовским. Благодаря Ю. Г. Козьмину нам довелось совместно с НИИ участвовать во многих исследованиях в связи с организацией высокоскоростного движения.

Контакты кафедры и НИИ мостов нужно развивать на новом уровне, как в научно-исследовательском плане, так и в привлечении практиков к преподаванию в вузе, в дипломном проектировании студентов

термического влияния, ударная вязкость при температурах $+20^{\circ}$, -40° , -60°) также находятся на высоком уровне.

При этом результаты исследования полученного излома показывают, что по линии сплавления имеется ряд дефектов, значительно отличающихся (по форме и размерам) от подобных дефектов, возникающих при традиционных способах сварки. Подобные дефекты существующими методиками ультразвукового контроля не выявляются, что обуславливает необходимость проведения специальных исследований, в результате которых должны быть сформулированы нормативные требования к методам и предложены методики неразрушающего контроля лазерных сварных соединений мостовых конструкций. Проводимые НИИ мостов научные исследования по внедрению лазерных технологий в мостостроении продолжают и могут стать началом нового этапа развития отрасли.

Здесь уместно подчеркнуть, что проведение подобных испытаний обострило необходимость дальнейшей модернизации Испытательного центра НИИ мостов, расположенного на Экспериментальной базе на станции Предпортовая. Его создание началось вскоре после образования института, в 1960 гг. на Экспериментальной базе были введены в действие лабораторные корпуса для испытаний мостовых конструкций, корпуса лаборатории сварки и механических мастерских, здания для размещения вспомогательных служб. Постоянно обновлялось различное испытательное оборудование, и сегодня институт в рамках аттестованного Испытательного центра располагает уникальными возможностями проводить испытания материалов, узлов, деталей конструкций инженерных сооружений, в том числе крупномасштабных фрагментов пролетных строений. Примеры таких разнообразных испытаний уже неоднократно приводились на страницах этой книги.

В перспективных планах НИИ мостов намечено расширить возможности Испытательного центра, создав на его базе Центр сварочных технологий и неразрушающего контроля.

Наличие собственной современной материальной базы обеспечивает институту одно из решающих конкурентных преимуществ перед малыми и средними компаниями, не обладающими достаточными техническими ресурсами.

Конечно, не все исследования можно провести на базе даже самого современного испытательного центра. К таким, прежде всего, относятся проекты, связанные с организацией высокоскоростного движения, которое получает сегодня все большое развитие в системе РЖД.

Как известно, увеличение скорости движения поездов, прежде всего, было связано с работами на линии Санкт-Петербург — Москва. На ней за последние десятилетия трижды проводили реконструкцию пути для увеличения скоростей поездов. Первоначально для составов ЭР-200 эксплуатационная скорость составляла 160 км/ч, потом запустили локомотивы ЧС200 и «Невский экспресс», тот же ЭР-200, когда скорость повысилась до 200 км/ч. Это уже была другая







стадия реконструкции. И еще раз путь реконструировали перед открытием движения «Сапсанов» уже на скорости до 250 км/ч.

На каждой стадии сотрудники НИИ мостов привлекались к испытаниям поведения мостовых конструкций при проходе поездов с повышенной скоростью. Исследования института по развитию скоростного движения поездов, прежде всего, связаны с именем Ю.Г. Козьмина, возглавлявшего НИИ мостов в 1980–1983 гг. Именно под его руководством проводились, начиная с 1960-х гг., основные работы по моделированию и испытаниям всех элементов системы «мост — путь — поезд» при движении на высоких скоростях. Позднее появилась возможность с помощью мощных программных комплексов точнее смоделировать взаимодействие всех элементов такой системы, позволяющее учесть инерционно-жесткостные характеристики пролетных строений, очертание профиля проезда на мосту, изгибную жесткость опор моста и многие другие особенности.

При экспериментальных исследованиях взаимодействия скоростных поездов с мостовыми конструкциями были выявлены особенности динамики стальных пролетных строений, проявившиеся в виде вибраций их элементов. Высокочастотные колебания элементов стальных конструкций снижают их долговечность и обусловлены взаимодействием рельсового пути и ходовых частей подвижного состава. Полученные результаты испытаний явились основными аргументами, определившими необходимость укладки бесстыкового пути на мостах скоростных магистралей, для исключения значительных динамических воздействий на рельсовый путь, мостовые конструкции и подвижной состав. Теоретические исследования, выполненные на базе численных экспериментов, при скоростях движения подвижного состава более 300 км/ч выявили

Использование на железных дорогах России высокоскоростных поездов «Сапсан» существенно повысило требования к состоянию всех элементов системы «мост — путь — поезд»

На высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва — Казань планируется построить 1180 искусственных сооружений, в том числе 5 внеклассных мостов с пролетами более 120 метров и высотой опор до 40 метров, 48 больших и 80 средних мостов, 36 железнодорожных эстакад и 47 путепроводов на пересечении с федеральными и региональными автодорогами

значительное влияние на динамическую работу пролетных строений мостов самого процесса движения однотипных экипажей поезда. Данные исследования подтвердили необходимость нормирования не только жесткостных параметров пролетных строений, но и их частот колебаний.

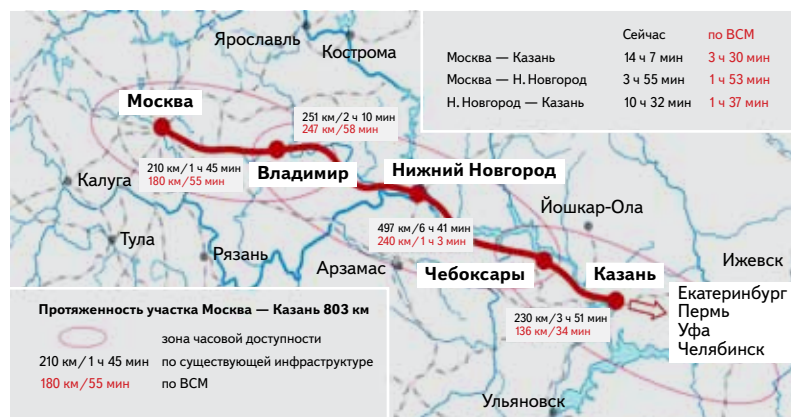
Опыт таких исследований был накоплен немалый, но он довольно долго не был востребован. И только с началом реализации проектов ВСМ стал получать новое развитие.

Сегодня ведущие сотрудники НИИ мостов привлечены к разработке методики расчета бесстыкового пути на мостах высокоскоростной магистрали Москва — Казань. Завершается подготовка проекта этой ВСМ, которая призвана обеспечить доставку пассажиров из Москвы в столицу Татарстана за 3 ч 30 мин, а скорость движения составов будет достигать 400 км/ч. Ныне скорый поезд по этому маршруту идет более 14 часов. В дальнейшем ВСМ предполагается продлить до Екатеринбурга, а это означает перспективу загрузки проектных и исследовательских организаций заказами на длительный период.

Еще одним заметным направлением современной деятельности НИИ мостов являются исследования возможностей повышения осевых нагрузок грузовых вагонов. В 2014 году основные работы института по этой тематике велись на Мурманском направлении. Проводились испытания нескольких мостов при пропуске подвижного состава с нагрузками по 25 и 27 тонн на ось. Согласно перспективным планам руководства ОАО «РЖД», будущее за таким подвижным составом, что повлечет за собой повышение требований к состоянию пути и мостов. Выше нагрузка, больше проблем с эксплуатацией пути и земляного полотна возникает. Поэтому понятны возражения тех, кто отвечает в РЖД за состояние пути и инженерных сооружений. Исследования НИИ мостов направлены на получение данных, которые помогут объективно оценить аргументы сторонников и противников повышения осевой нагрузки от подвижного состава на путь.

Очень существенным в деятельности НИИ мостов почти с момента его создания стало направление, которое не закладывалось в первых, регламентирующих работу института, документах как основное, но ставшее таким де-факто. Речь идет об участии НИИ мостов в обучении и переподготовке кадров для предприятий железнодорожного транспорта. Иначе

Схема ВСМ Москва — Казань
(по данным РЖД)



и быть не могло — ведь институт создавался на базе высшего учебного заведения и все годы теснейшим образом связан с ЛИИЖТом, ныне Петербургским государственным университетом путей сообщения. А это означает, что НИИ мостов во все времена всегда располагал высококлассными специалистами, имевшими большой опыт преподавательской работы.

Как уже отмечалось в книге, в первые десятилетия деятельности НИИ мостов такое обучение было связано с выбором студентами ЛИИЖТа определенных тем и прохождением практики в отделах и лабораториях научно-исследовательского института. Но с развитием технологии неразрушающего контроля и объемов таких работ на железнодорожном транспорте с середины 1960-х гг. стала складываться система подготовки специалистов по НК. В частности, в 1967 году была открыта Учебная лаборатория «Транспортная дефектоскопия» для подготовки и повышения квалификации операторов (дефектоскопистов) УЗК. Спустя семь лет в ЛИИЖТе состоялся первый прием абитуриентов на специализацию «Методы и приборы НК», а еще через три года там была открыта впервые в СССР одноименная базовая кафедра, выпустившая в 1979 году первых инженеров по этой специализации. Как и с кафедрой «Мосты» ЛИИЖТа, взаимодействие с кафедрой «Методы и приборы НК» было организовано у НИИ мостов самым тесным образом.

Это сотрудничество еще более укрепилось после открытия в 1984 году спецфакультета послевузовской переподготовки инженеров по специальности «Физические методы контроля» и в дальнейшем с возведением Учебно-лабораторного корпуса НК площадью 1200 кв. м на станции Предпортовая.

Усовершенствованная НИИ мостов ходовая часть транспортного модуля системы телеинспекции при опытном обследовании водопропускной трубы в Калининграде



На семинаре в Ленинградском доме научно-технической пропаганды по ультразвуковой дефектоскопии



В. П. Лохов делает доклад на семинаре по рельсовой дефектоскопии (1988 г.)

Очень важным шагом в подготовке специалистов в сфере НК стало создание в 1997 году отраслевого учебно-методического и аттестационного центра по НК и диагностике технических объектов (НК-Центр), как филиала НИИ мостов. Признанием особой роли института в этой сфере явилось утверждение в 1999 году НИИ мостов головной организацией по координации и экспертизе работ в области создания методов и технологий НК в путевом и вагонном хозяйствах МПС РФ; а НК-Центра — головной организацией по созданию и методическому руководству единой системой подготовки и сертификации персонала и аккредитации лабораторий НК на железнодорожном транспорте.

О масштабах работы по обеспечению отрасли специалистами по НК говорит тот факт, что в НК-Центре прошли подготовку и повысили свою квалификацию более 3000 специалистов различного уровня, защищено 13 кандидатских и 4 докторских диссертации по специальности «Методы контроля и диагностики в машиностроении». Лекции и практические занятия по всем специальным дисциплинам вели сотрудники, выполнившие ранее в ПГУПС дипломные проекты и /или диссертационные работы в области НК.

Крупной площадкой для распространения информации о передовых методах НК для ведущих сотрудников НИИ мостов стал постоянно действующий Семинар инженерно-технических работников в Ленинградском доме научно-технической пропаганды по ультразвуковой дефектоскопии. Заседания проводились на протяжении более 20 лет с периодичностью сначала 1 раз в месяц, затем 1 раз в квартал.

В семинаре регулярно принимали участие около 50 специалистов вузов, НИИ, заводов, объединений. На каждом заседании заслушивалось 2 основных доклада по новым технологиям, оборудованию, документации, которые делали ведущие специалисты страны, проводились обсуждения докладов и дополнительной информации, с которой, как правило, выступал руководитель семинара — профессор А. К. Гурвич, многие годы возглавлявший отдел ультразвуковой дефектоскопии и НК-Центр НИИ мостов. Он также был Главным конструктором Министерства путей сообщения РФ по системам НК.

Учебно-методическая деятельность НИИ мостов и его филиала НК-Центр всегда проводилась в содружестве с ведущими организациями страны, специализирующимися в этой сфере. Во многом этому способствовала установившаяся с 1962 года традиция проведения с интервалом 2–3 года сначала Всесоюзных, затем Всероссийских конференций с международным участием по конкретным аспектам ультразвуковой дефектоскопии металлопродукции (УЗДМ). НИИ мостов и, в первую очередь, отдел УЗД института всегда выступали организаторами всех уже проведенных конференций.

Первая конференция (октябрь 1962 г.) носила название «Формы применения ультразвуковой дефектоскопии и сочетания ее с методами просвечивания при контроле качества сварных соединений». Показательно, что на одной из первых конференций (IV в 1968 году) основной темой стало «Повышение уровня преподавания ведущих дисциплин при подготовке операторов ультразвукового контроля сварных соединений».

Говоря об итогах работы первых двадцати конференций, их бессменный участник и научный руководитель Анатолий Константинович Гурвич так оценивал в журнале «В мире неразрушающего контроля» № 1 (43), март 2009 г., результативность проведенных обсуждений: *«В рамках этих конференций рассматривались и получали путевки в жизнь, в частности, принципы стандартизации и принципы построения стандартных образцов; структурная схема ультразвуковых приборов для контроля сварных металлоконструкций, являющаяся скелетом и современных дефектоскопов для контроля металлопродукции; понятие об основных параметрах НК и первый перечень основных параметров ультразвукового НК; формализация и повышение надежности процесса НК с учетом надежности комплекса «дефектоскоп — оператор — среда»; принципы объективизации результатов ультразвуковой дефектоскопии при «ручном» и автоматизированном сканировании; методы и методики ультразвукового контроля дельта-методом, аустенитных сварных соединений двухчатотным способом, сварных соединений алюминиевых и медных листов и многое-многое другое».*

XXI конференция, прошедшая в 2013 году, оказалась особенно масштабной по числу участников — она собрала 145 специалистов, представлявших более 70 научных, учебных и производственных организаций из 8 стран.

Постоянно растущая популярность конференций «УЗДМ» в 2016 году проявилась в том, что еще за три месяца до проведения очередной такой встречи (24–27 мая) организационный комитет вынужден был остановить прием заявок на участие, поскольку к этому времени число заявившихся уже превысило рекорд УЗДМ-2013. И хотя позднее несколько человек не смогли принять участие в конференции из-за болезни и по ряду других причин, но по своему масштабу она практически повторила предыдущую встречу: в работе УЗДМ-2016 приняли участие 144 специалиста, представлявших 62 научные и производственные организации из 7 стран и 26 городов (16 российских и 10 зарубежных).



**АНАТОЛИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ
ГУРВИЧ**

д. т. н., профессор, президент
«УЗДМ-2016»:

—
На конференциях «УЗДМ» в процессе дискуссий и бесед в свободное от заседаний время зарождались и «устаканивались» новые термины и определения в области НК, устанавливались и развивались деловые и дружеские связи, незаметно формировалась и, пожалуй, сформировалась «белая мафия» (семья) специалистов-фанатов в области ультразвуковой дефектоскопии

Основными организаторами УЗДМ-2016 традиционно выступили НИИ мостов и дефектоскопии и Петербургский государственный университет путей сообщения при поддержке Национального Агентства Контроля Сварки, Объединения производителей железнодорожной техники, РОНКТД и Секции «Неразрушающие физические методы контроля» Научного совета по физике конденсированных сред РАН.

Председателем организационного комитета являлся руководитель НК-Центра д.т.н., профессор Г.Я.Дымкин. Программный комитет возглавил академик РАН Н.П.Алешин.

XXII Петербургская конференция (с середины 1990-х конференции стали именоваться Петербургскими) была посвящена теме «Ультразвуковая дефектоскопия металлов и перспективных материалов». Отобранные Программным комитетом 66 докладов были разделены на пленарные, секционные и стендовые.

На пленарном заседании были с интересом заслушаны 4 обзорных доклада, в которых поставлены вопросы, посвященные как технологическим, методическим аспектам, так и проблемам создания, внедрения аппаратуры УЗК: «Современное оборудование неразрушающего контроля и направления совершенствования его эксплуатационных характеристик» (Н.П.Алешин), «Особенности методологии ультразвукового контроля при использовании антенных решеток и алгоритмов ультразвуковой томографии» (Г.Я.Дымкин, С.Р.Цомук), «Повышение информативности и достоверности технологий ультразвукового контроля» (А.А.Самокрутов), «Дифракционные методы — новая реальность повышения информативности результатов ультразвукового неразрушающего контроля» (Н.П.Алешин, М.В.Григорьев), а также доклад-воспоминание «30 лет аварии на Чернобыльской АЭС (26 апреля 1986 г.). Ультразвуковая дефектоскопия при ликвидации последствий аварии» (Н.П.Разыграев, М.В.Григорьев).

Основное число докладов было заслушано и обсуждено на 6 секциях:

- Методические решения УЗК на базе новых технических возможностей;
- Новые методики и особенности УЗК металлов и перспективных материалов;
- Новые технологии и опыт УЗК объектов энергетики, машиностроения и трубопроводного транспорта;
- Новые технологии и опыт УЗК продукции для железнодорожного транспорта;
- Актуальные проблемы стандартизации и метрологического обеспечения УЗК;
- Квалификация персонала УЗК.

Одна из секций по традиции «УЗДМ» была целиком посвящена вопросам УЗК объектов железнодорожного транспорта. На секции прозвучали как обзорные доклады о состоянии системы УЗК в подвижном составе (А.В.Шевелев) и путевом хозяйстве (А.А.Марков), об исследовании напряженно-деформированного состояния рельсов методом акустопругости

Основные конкурентные преимущества НИИ мостов:

- Уникальная и сложная область бизнеса
- Владение уникальным опытом и комплексом технологий
- Устойчивый и сильный брэнд организации, подтверждаемый широкими деловыми связями в ключевых группах заказчиков в России и за рубежом
- Уникальные человеческие ресурсы
- Собственная развитая материальная (ресурсная) база с большим потенциалом развития



(В.В. Муравьев), так и ряд сообщений о применении новой аппаратуры при дефектоскопировании колесных пар, литых деталей вагонов (Н.В. Мелешко, Т.И. Макарова), полых осей (С.С. Воронина).

По мнению всех участников, конференция УЗДМ-2016 подтвердила свой авторитет одной из самых содержательных и необходимых площадок для регулярных встреч специалистов в сфере ультразвуковой дефектоскопии.

К рассказу об учебно-методической деятельности института необходимо добавить, что НИИ мостов в числе первых в России начал развивать системы сертификации персонала и аккредитации испытательных лабораторий в области неразрушающего контроля, регулируемые в настоящее время международными, региональными и корпоративными стандартами и являющиеся частью работ в рамках реализации систем управления качеством. Такая деятельность во всем мире является необходимым инструментом обеспечения безаварийности функционирования ответственных производств и безопасности движения на железнодорожном транспорте. НИИ мостов включен в перечень экспертных организаций Федеральной службы по аккредитации РФ (Росаккредитация) и признан экспертной организацией в области неразрушающего контроля на железнодорожном транспорте.

**Участники конференции
«УЗДМ-2016»**



Решающим конкурентным преимуществом НИИ мостов и дефектоскопии остаются его уникальные специалисты, удивительно творческий и работоспособный коллектив, способный решать самые сложные научные, проектные и технологические задачи

В ближайшее время основой развития НИИ мостов будет усиление позиций на уже освоенных организацией рынках в рамках существующих компетенций. Упор будет сделан на развитие компетенций в области маркетинга и продаж, а также в сфере управления проектами.

Основные компоненты стратегии НИИ мостов нашли отражение в современной Миссии организации: *«НИИ мостов — коллектив профессионалов, способный решать актуальные и прорывные задачи в области проектирования, возведения, испытания, эксплуатации и контроля состояния искусственных сооружений, механизмов и конструкций, а также разработки и применения средств и технологий неразрушающего контроля объектов железнодорожного транспорта и транспортной инфраструктуры».*

Наши клиенты — это российские и зарубежные предприятия автодорожного и железнодорожного транспорта на «пространстве 1520», передовые организации, создающие и эксплуатирующие сложные дорожные и инфраструктурные объекты, и их партнеры в металлургической отрасли и отрасли транспортного машиностроения».

Стратегия организации предусматривает закрепление и развитие лидерства и конкурентных преимуществ на основных направлениях работ.



**ОТДЕЛ ИСПЫТАНИЙ МОСТОВ
И КОНСТРУКЦИЙ, 2016 ГОД**

**Слева направо: В. В. Кондратов,
Д. Н. Степанов, И. В. Рупасова,
Н. М. Малахова, В. М. Олеков,
Л. Ю. Белова, М. А. Мухина,
А. С. Дудик, И. Ф. Губанов,
С. А. Ключкин, М. Ю. Завизион,
А. И. Орешкин, М. С. Сладников**



**ОТДЕЛ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ
ДЕФЕКТΟΣКОПИИ, КАФЕДРЫ
МПНК, НК-ЦЕНТР, 2016 ГОД**

На фотографии слева направо
сверху вниз: Г. Я. Дымкин,
М. Ю. Аккалайнен, Г. В. Анисимова,
О. В. Комиссарова, С. Р. Цомук,
В. В. Чурова, П. А. Михайлов,
Д. В. Кособоков, Е. В. Орлова,
И. З. Этинген, Г. Ф. Круглова,
А. В. Шевелев, С. В. Николаев,
К. С. Паврос, Е. Л. Федорова,
А. В. Давыдкин, Ю. П. Рукавчук,
А. К. Гурвич, В. А. Ястребов,
В. П. Лохов, В. Н. Коншина,
Ф. С. Миронов, О. А. Ветютнева,
М. О. Никитина,
С. А. Рождественский,
А. А. Шелухин, А. Л. Дамаскин,
С. А. Краснобрыжий

МОСТЫ СОЕДИНЯЮТ ЛЮДЕЙ
КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ

Санкт-Петербург, 2016

Издательство ????

В подготовке материалов для книги приняли участие сотрудники НИИ мостов С. Р. Цомук, В. В. Кондратов, В. М. Корнеева, Е. А. Монастырев, М. А. Мухина, С. А. Рождественский, Г. Н. Ростовых, Е. И. Румянцев, И. В. Рупасова, И. З. Этинген и другие. Представлены фотоматериалы из архива НИИ мостов, рабочих отчетов и личных архивов сотрудников института.

Редактор-составитель А. Г. Гридасов
Оформление М. А. Цой
Цветокорректор И. С. Сергеев

Гарнитуры Mirta (Елена Новоселова, Студия Артемия Лебедева)
и Новая Букварная (Изабелла Чаева, ПараТайп).

Подписано в печать 0.00.2016
Формат 00-000/16. Объем 00 усл. печ. л. Бумага офсетная, печать офсетная.
Тираж 00 экз. Заказ № 00

Отпечатано в типографии ???

