

УДК 061.75

Г.М. ВЛАСОВ, Б.А. РЯБИШЕВ

ЛАБОРАТОРИИ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ — 50 ЛЕТ

В статье изложена история создания и развития научно-исследовательской лаборатории мостовых конструкций (ЛМК), освещены основные направления научных исследований, проведенных в ней, и их результаты.

Научно-исследовательская лаборатория мостовых конструкций (НИЛ МК) отмечает свой пятидесятилетний юбилей. Она была создана по приказу Министерства путей сообщения, изданному в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 6 августа 1958 г., с установленной датой начала ее деятельности 1 июля 1959 г. До этого кафедра имела уже значительный опыт исследовательских работ: выполнялись работы по хозяйственным договорам с предприятиями, велись исследования по индивидуальным планам преподавателей и аспирантов, при кафедре функционировала мостоиспытательная станция. Все это дало основание заведующему кафедрой «Мосты и тоннели» профессору К.К. Якобсону выступить с инициативой создания при кафедре специального научного подразделения.

Основные направления деятельности лаборатории были связаны с необходимостью исследований состояния и перспектив эксплуатации искусственных сооружений на железных дорогах Сибири и Казахстана с изучением влияния на них условий сурового климата. При этом в обязанности лаборатории входили обследования и испытания мостов, как действующих, так и при вводе новых сооружений в постоянную эксплуатацию на железнодорожных, автодорожных и городских путях сообщения.

В дальнейшем деятельность лаборатории мостовых конструкций (ЛМК) была существенно расширена. Стали выполняться экспериментально-теоретические исследования, в том числе с использованием новой вычислительной техники, с разработкой автоматизированных способов содержания искусственных сооружений.

Первые годы деятельности лаборатории были посвящены в основном созданию экспериментальной базы. Для нее было построено по специальному проекту отдельное здание с мостовым краном. Здание было возведено над ранее сооруженным испытательным стендом мощностью 1200 тс. Оно имело экспериментальный цех, комнаты для научных и технических работников. Было приобретено и смонтировано силовое оборудование. В дальнейшем в связи с увеличением объема научных исследований и числа штатных сотрудников был надстроен второй этаж здания.

Общее научное руководство лабораторией мостовых конструкций до 1975 г. осуществлял заслуженный деятель науки и техники РСФСР профессор К.К. Якобсон. Первым заведующим лабораторией был назначен Г.М. Власов, который с 1975 г. по 1993 г. заведя кафедрой, был ее научным руководителем.



Профессор К.К. Якобсон

Заведующими лабораторией в разные годы работали Б.П. Марков (1963–1967 гг.), В.С. Анциперовский (1967–1970 гг.), Б.А. Рябышев (1970–1995 гг.), С.А. Бокарев (1996–1998 гг.), Ю.В. Рыбалов — с 1998 г.

Организационная структура лаборатории была принята с учетом сосредоточения ее деятельности в отдельных группах: железобетонных мостов, металлических мостов, опор, обследований и испытаний мостов, тоннелей, приборов и тензометрии. Руководили такими группами Ю.М. Широков, Б.А. Шишкин, В.Х. Снисар, Б.А. Рябышев, В.А. Главатских, Г.П. Ильин, В.А. Гурский, В.С. Ненилина, А.Г. Цай. Экспериментальные работы выполнялись под непосредственным руководством руководителей тем, а в целом деятельность экспериментального цеха в разные годы возглавляли А.А. Ананенко, Б.В. Пыринов, Ф.С. Шишко.



Здание лаборатории мостовых конструкций

В первое время научные разработки лаборатории в соответствии с ее планами выполнялись в основном преподавателями и аспирантами кафедры. Постепенно формировался и коллектив штатных работников, главным образом за счет выпускников факультета «Мосты и тоннели» НИИЖТа. В состав ЛМК была включена мостоиспытательная станция. Со временем лаборатория стала базой подготовки научных кадров как для своего института, так и для других высших учебных заведений и научно-исследовательских организаций. На основе научных исследований, выполненных по тематике лаборатории, защищено четыре диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук (Г.М. Власов, В.П. Устинов, В.М. Круглов, С.А. Бокарев), доктора транспорта (В.С. Усольцев) и около сорока кандидатских диссертаций. Некоторые из этих кандидатов наук возглавили кафедры НИИЖТа.



Первый коллектив ЛМК. 1962 г.

Конкретная тематика исследований ЛМК с годами менялась. Она определялась приказами Министерства путей сообщения и Министерства транспортного строительства, запросами управлений железных дорог и мостостроительных организаций, оформляемыми хозяйственными договорами. Планировались и поисковые научные разработки, преимущественно экспериментально-теоретического характера.

Одной из первых тем, выполняемых по приказу Министерства путей сообщения, было исследование напряженно-деформированного состояния пролетных строений в виде дисковых арок с разработкой рекомендаций по их расчету. Работа выполнялась комплексно, с участием сотрудников кафедры строительной механики: исследования методом теории упругости были выполнены инженером Ю.И. Соловьевым, методом фотоупругости — инженером М.Х. Ахметзяновым, экспериментально-теоретическими методами — инженером Г.М. Власовым (впоследствии все они стали докторами наук, профессорами, заслуженными деятелями науки и техники РСФСР). В лаборатории была испытана модель железобетонного пролетного строения с применением дисковых арок фактически в натуральную величину, а также ряд мелкомасштабных моделей. В экспериментальных работах принимали участие студенты, в том числе будущий доцент кафедры «Строительная механика» С.П. Васильев, будущий начальник мостоиспытательной станции Западно-Сибирской железной дороги Г.А. Гаршин. С использованием результатов изучения напряженного



Испытание модели пролетного строения с дисковыми арками

состояния дисковых арок были продолжены экспериментально-теоретические работы по совершенствованию расчетов элементов переменного сечения как из однородного материала, так и из железобетона с учетом его специфических свойств (руководитель работы Г.М. Власов, активное участие в ней принимали М.Б. Лифшиц, Н.М. Быкова). Результаты работы в виде практических рекомендаций вошли в учебную и техническую литературу.

Значительная часть деятельности лаборатории связана с железобетонными мостами. Поэтому были выполнены исследования с изуче-

нием усадки, ползучести, виброползучести бетона, в первую очередь высокопрочных бетонов (Г.Б. Гольдин, А.А. Ананенко, В.В. Нижевясов, Ф.С. Шишко), с изучением влияния попеременного замораживания и оттаивания бетона на изменение его прочности и деформативных характеристик (Г.М. Власов, С.А. Бокарев). Большие теоретические и экспериментальные исследования под руководством И.З. Актуганова были выполнены по изучению влияния климатических условий на долговечность мостовых железобетонных конструкций.

В пятидесятые годы прошлого столетия началось применение предварительно напряженных железобетонных пролетных строений в мостах под железную дорогу. Были разработаны типовые проекты таких пролетных строений. Но первый опыт их применения оказался не совсем удачным. Начиная с 1962 г. лаборатория мостовых конструкций проводила регулярные наблюдения за состоянием 208 предварительно напряженных железобетонных пролетных строений стендовой технологии, эксплуатируемых на Западно-Сибирской, Восточно-Сибирской и Забайкальской железных дорогах, что составляет более 80 % от общего числа таких пролетных строений на дорогах Сибири (руководитель работы Ю.М. Широков). Наблюдения показали, что для пролетных строений характерно наличие дефектов, главным образом в виде трещин различного вида. Трещины имели все пролетные строения, эксплуатируемые на дорогах Сибири, значительно меньше их в пролетных строениях, установленных на мостах в европейской части страны. По результатам анализа трещин установлено, что развитие этих трещин определяется прежде всего действием временных нагрузок, а также климатическими особенностями регионов и технологическими факторами. Сказалось и несовершенство расчетов по действовавшим в то время нормативным документам. Наклонные трещины наиболее распространены и наиболее опасны с точки зрения долговечности пролетных строений. В лаборатории на основании экспериментально-теоретических исследований были разработаны рекомендации для расчетов трещиностойкости наклонных сечений главных балок пролетных строений из предварительно напряженного железобетона, включенные в нормативный документ ВСН 151–78 (Г.М. Власов, М.Б. Лифшиц).

С учетом рекомендаций ЛМК Ленгипротрансом в 1971 г. была запроектирована серия опытных пролетных строений под железную дорогу длиной 23,6 и 27,6 м из предварительно напряженного железобетона.

В целях изучения влияния климатических условий на состояние предварительно напряженных пролетных строений железнодорожных мостов и для разработки рекомендаций по их применению в районах с суровым климатом была разработана утвержденная МПС программа комплексных исследований. В выполнении этой работы было предусмотрено участие лаборатории мостовых конструкций (руководитель темы Г.М. Власов, исполнители М.Б. Лифшиц, В.М. Диденко). Программа предусматривала установку опытных пролетных строений и изучение их состояния в дальнейшем на мостах в районах с различными климатическими условиями: в зоне сурового климата на мостах через р. Шик-Соим линии Ивдель — Обь, через ручей Солнечный на подъездных путях к Саяно-Шушенской ГЭС, через р. Тында на линии БАМ — Тында, на 225 км линии Тында — Беркатит; в зоне умеренного климата по мосту через р. Случь в Белоруссии; в зоне жаркого климата на линии Тахиаташ — Нукус. Чтобы исключить производственные дефекты, был осуществлен тщательный контроль за изготовлением пролетных строений на Исетском заводе мостовых железобетонных конструкций.

Результаты проделанной в ЛМК работы были доложены и одобрены на объединенном заседании комиссии мостов и тоннелей Научно-технического совета МПС и секции строительства мостов Научно-технического совета Минтрансстроя.

Исследования показали, что пролетные строения из предварительно напряженного железобетона могут быть рекомендованы для широкого применения в районах с суровым климатом при условии, что качество их изготовления будет не ниже, чем у опытных пролетных строений. В результате были утверждены новые типовые проекты пролетных строений из предварительно напряженного железобетона под железную дорогу.

На железных дорогах Сибири эксплуатируются тысячи железобетонных пролетных строений, которые были запроектированы по различным нормам, рассчитаны на разные нагрузки, сооружены в разные годы. Срок службы многих пролетных строений близок к нормативному сроку, значительная их часть имеет различные повреждения и дефекты. Поэтому весьма актуальным является определение их грузоподъемности с учетом фактического состояния. Лабораторией по договорам с управлениями сибирских железных дорог в 1975–1983 гг. проведены массовые обследования таких пролетных строений. По результатам этих обследований определялась их грузоподъемность с учетом фактического состояния, разрабатывались рекомендации для дальнейшей эксплуатации. В этой работе приняли участие многие сотрудники лаборатории: Г.М. Власов, Ю.М. Широков, Б.А. Рябышев, С.А. Бокарев, А.Н. Яшнов и др.

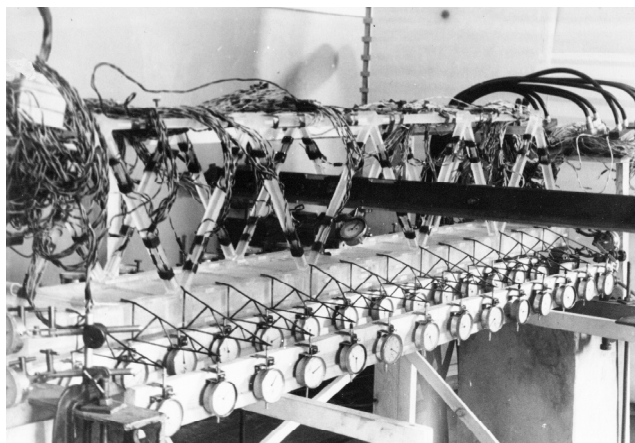
Для более 450 пролетных строений в соответствии с Руководством по определению грузоподъемности железобетонных пролетных строений 1974 г. был определен их класс по грузоподъемности. Результаты расчетов грузоподъемности показали, что, как правило, класс плиты балластного корыта определяет класс всего пролетного строения, в ряде случаев он оказался меньше класса обрабатываемой нагрузки из-за сверхнормативных отклонений толщины балласта под шпалой и смещения оси пути относительно осей пролетных строений. При этом каких-либо повреждений конструкции, связанных с влиянием силовых факторов, не было обнаружено. Это свидетельствовало о недостаточной обоснованности некоторых положений указанного Руководства. Так, в нем не была учтена неравномерность распределения давления от подвижной нагрузки по дну балластного корыта, недостаточно обосновывалась величина динамического коэффициента (не учтено влияние увеличения толщины балластного слоя на его снижение). Были проведены испытания крупномасштабных моделей плит балластного корыта при различных состояниях мостового полотна (Г.М. Власов, А.Н. Яшнов, С.А. Бокарев, Ю.М. Широков). Результаты этих испытаний позволили разработать рекомендации по уточнению расчетов грузоподъемности плиты балластного корыта. Предложения лаборатории вошли в новую редакцию Руководства по определению грузоподъемности железобетонных пролетных строений железнодорожных мостов 1989 г.

Наряду с изучением состояния эксплуатируемых железобетонных пролетных строений в лаборатории были проведены исследования, связанные с разработкой новых конструкций пролетных строений с решетчатыми фермами из сборного предварительно напряженного железобетона.

В решении этой проблемы принимали участие Центральный научно-исследовательский институт транспортного строительства (ЦНИИС) и кафедры мостов московского и ленинградского железнодорожных вузов. Кафедра «Мосты и тоннели» НИИЖТа подключилась к работе в 1955 г. По предложению К.К. Якобсона за основу была принята комбинированная система пролетных

строений с решетчатыми фермами с ездой понизу, имеющими простую треугольную решетку и жесткие на изгиб нижние пояса. На основе проектных и экспериментальных исследований кандидата технических наук, доцента А.М. Кушнерева и инженера В.С. Анциперовского с активным участием других сотрудников кафедры был разработан основной вариант пролетного строения с ездой понизу, в котором был использован ряд новых конструктивных решений. Дальнейшие работы по совершенствованию предложенной конструкции проводились по планам ЛМК в соответствии с приказами Министерства путей сообщения. При подготовке к опытному строительству руководство всеми работами этого направления было поручено В.П. Устинову. По техническому заданию НИИЖТа Сибгипротрансом были выполнены рабочие чертежи, в которых были откорректированы конфигурации и стыки элементов ферм с целью их упрощения, а также совершенствования технологии изготовления, транспортирования и монтажа. По этому проекту в 1963 г. было осуществлено сооружение пролетного строения длиной 55 м на мосту через р. Черту у г. Белово Кемеровской области.

С учетом результатов многократных обследований построенного моста, дальнейших проектных, уточненных расчетных и экспериментальных исследований на моделях из оргстекла и железобетона, а также на натурных элементах пролетного строения была разработана в стадии технического проекта серия пролетных строений длиной 42, 54 и 63 м с улучшенными технико-экономическими показателями (руководитель работы В.П. Устинов, исполнители В.М. Круглов, Ю.П. Сподарев, Б.А. Рябышев и др.). В 1976 г. мостоотрядом № 38 мостостроя № 2 было осуществлено второе опытное строительство пролетного строения длиной 63 м на мосту через р. Койниху в Новосибирской области.



Испытание модели железобетонного пролетного строения со сквозными фермами

В области металлических мостов главным направлением деятельности ЛМК были широкомасштабные обследования и испытания эксплуатируемых железнодорожных пролетных строений с оценкой их грузоподъемности и разработкой рекомендаций по дальнейшей эксплуатации. Одним из важнейших вопросов была разработка методов оценки усталостной долговечности старых пролетных строений на базе теоретических и экспериментальных исследований в области усталости материалов, режимов нагруженности и статистики отказов элементов мостов (К.Б. Бобылев, Б.А. Шишкин).

Многолетние экспериментальные и теоретические исследования группы сотрудников ЛМК позволили систематизировать режимы нагруженности существующих мостов, установить типы процессов изменения напряжений в элементах пролетных строений. Базой для решения этих вопросов были многочисленные обследования и испытания клепаных пролетных строений мостов на

Забайкальской, Восточно-Сибирской, Западно-Сибирской железных дорогах, а также железных дорог Казахстана (Р.М. Гробовской и др.).



*Испытание стальных элементов
старых мостов на выносливость*

Была разработана методика учета влияния динамики путем введения в расчет динамической добавки к амплитудам каждого цикла статических напряжений, а не к максимальному напряжению от поезда в целом, как это делалось прежде. Впервые сделан прогноз изменения динамической добавки, позволяющий получать расчетные режимы нагруженности для перспективного подвижного состава.

В дальнейшем были выполнены и внедрены научно-технические разработки по исследованию эксплуатационных запасов металлических мостов Западно-Сибирской, Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской, Куйбышевской железных дорог. Были обследованы и испытаны круп-

нейшие внеклассные мосты через реки: Обь, Иртыш, Енисей, Чулым, Оку, Селенгу, Зею, Белую. Методика оценки усталостного ресурса элементов главных ферм была включена в нормативные документы.

Восьмидесятые годы прошлого столетия стали периодом подготовки к введению в эксплуатацию на сети железных дорог нового подвижного состава с повышенной грузоподъемностью. В соответствии с указаниями МПС лабораторией проведены работы по выборочному испытанию ряда металлических мостов, а также по перерасчету грузоподъемности большого числа пролетных строений старых проектировок (Ю.Н. Мурованный, Ю.В. Рыбалов, А.Э. Тэйзе и др.). На основании результатов работы лаборатории на железных дорогах и в МПС разрабатывались организационно-технические мероприятия по реконструкции, замене и ремонту металлических мостов. В эти же годы были заложены основы для разработки критериев оценки технического состояния металлических мостов.

Обследование сталежелезобетонных пролетных строений, построенных на БАМе по типовому проекту, выявило массовую дефектность поперечных швов омоноличивания между железобетонными плитами, ведущую к снижению грузоподъемности пролетных строений. В настоящее время в лаборатории по заданию ОАО «РЖД» проводится комплекс расчетно-экспериментальных и проектных работ по созданию эффективной конструкции усиления железобетонной плиты на основе применения современных материалов и технологий без прекращения движения поездов по мостам (Ю.Н. Мурованный, А.М. Усольцев, Т.А. Басин и др.).

Свой вклад внесла лаборатория и в совершенствование конструкций опор мостов. С 1963 г. постоянной тематикой в планах работы ЛМК стала разработка наиболее перспективных типов сборно-монолитных опор в плане их технологичности, долговечности, универсальности (Ф.П. Палкин, Ю.А. Чудновский, В.Х. Снисар, В.С. Усольцев, В.М. Круглов, А.Б. Инченко и др.). Были

проведены экспериментальные исследования влияния типов заполнения ядра сборно-монолитных опор и изменений температуры на термонапряженное состояние оболочки. Были выполнены экспериментальные работы по изучению деформаций, вызываемых усадкой и ползучестью бетона в сборно-монолитных опорах. На основе широкого всестороннего аналитического обзора существующих конструкций опор были разработаны основные предпосылки конструирования сборно-монолитных опор с преднапряженными армоэлементами с проверкой теоретических результатов на лабораторных образцах. Внедрение результатов этих исследований проведено на строительстве опытных сборно-монолитных опор с преднапряженными армоэлементами на автодорожных мостах через р. Томь в Новокузнецке и р. Хамней в Бурятии.



Коллектив ЛМК через 25 лет. 1984 г.

В 70-е гг. сооружение сборно-монолитных опор приобрело массовый характер. В то же время в них продолжали возникать дефекты в виде трещин в контурных блоках. Сотрудниками ЛМК были обследованы опоры мостов на Северном Урале и в Заполярье, в Средней Азии и Закавказье, в Хакасии и Туве, на Западно-Сибирской, Красноярской, Восточно-Сибирской, Байкало-Амурской, Львовской и Донецкой железных дорогах. Полученные результаты позволили разработать и внедрить конструкции с компоновкой контурных блоков без перевязки вертикальных швов. Это повысило технологичность монтажных операций по сооружению опор, а также их общую трещиностойкость. Опытное строительство опор с непрерывными вертикальными швами было проведено на автодорожных мостах через р. Обь у с. Мельниково и в Барнауле, через р. Бачат в Кузбассе. Предложения ЛМК по компоновке контурных блоков без перевязки вертикальных швов были реализованы в разработанном Ленгипротрансом типовом проекте «Опоры унифицированных железнодорожных мостов для обычных и северных условий с применением изделий заводского изготовления», введенном в действие с 1 января 1991 г.

На состояние искусственных сооружений, эксплуатируемых в районах Сибири, оказывает существенное влияние такая характерная особенность этих районов, связанная с климатом, как наледеобразование. Содержание сооруже-

ний на наледных участках требует значительных дополнительных затрат. Нередко наледи создают реальную угрозу движению железнодорожных поездов и других транспортных средств. Недостаточная изученность процессов наледеобразования не позволяла осуществлять надежный количественный прогноз размеров наледей, оценивать степень их опасности. Несовершенство расчетных предпосылок приводило к ошибкам на стадии проектирования искусственных сооружений. Отсутствие типовых проектов противоналедных устройств усложняло выбор эффективных средств защиты сооружений от вредного воздействия наледей.

В период с 1961 г. по 1995 г. были обследованы сотни наледей на Забайкальской, Красноярской, Восточно-Сибирской, Байкало-Амурской железных дорогах, установлены причины их образования и развития, изучена степень опасности для состояния искусственных сооружений (Д.М. Меркулов, А.И. Кузьминых). Длительные наблюдения за деформациями сооружений на наледных участках позволили дать оценку пригодности различных типов водопропускных сооружений для конкретных условий. Были разработаны конструкции противоналедных устройств в зависимости от размеров наледей, их генезиса, особенностей формирования, степени опасности для пути и сооружений. Такие устройства на ряде дорог были созданы силами студенческих строительных отрядов. Опыт эксплуатации показал их высокую эффективность.

С 1965 г. в составе лаборатории мостовых конструкций некоторое время работала группа, занимающаяся научными исследованиями в области тоннелестроения под руководством кандидата технических наук А.К. Поправко (в будущем профессор, заведующий кафедрой «Тоннели и метрополитены» СГУПС). Одним из первых штатных сотрудников этой группы был Ю.С. Фролов (в настоящее время доктор технических наук, профессор Санкт-Петербургского университета путей сообщения). С 1968 г. группу возглавлял В.А. Главатских, а затем В.А. Гурский.

Основным научным направлением было исследование состояния тоннелей, эксплуатируемых на железных дорогах Сибири, разработка рекомендаций по совершенствованию методов их содержания и ремонта с целью обеспечения безопасности и бесперебойности движения поездов, а также повышения долговечности и надежности элементов тоннелей.

Суровые климатические и сложные инженерно-геологические условия влияют на интенсивное развитие дефектов в элементах обделки тоннелей, создают трудности в содержании, угрожают безопасности движения поездов. Выявление причин возникновения дефектов, динамики их развития требует длительных наблюдений и систематизации всех факторов, влияющих на долговечность тоннельных конструкций. Такая работа на железных дорогах Урала, Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока велась в течение всего периода существования группы тоннелей в составе ЛМК. Особое внимание было уделено изучению температурно-влажностного режима эксплуатируемых и строящихся тоннелей, оказывающего наибольшее влияние на надежность и долговечность сооружений. Перемерзание дренажных и водоотводных устройств, морозное пучение пути и обделки, сверхнормативные температурные напряжения, возникающие в них наледные явления и т.п. — далеко не полный перечень негативных последствий воздействия низких температур воздуха и воды на тоннельные сооружения.

На основании натурных наблюдений и исследований, проведенных сотрудниками группы, были разработаны рекомендации по снижению обводненности и лечению каждого из обследованных тоннелей. Создана методика теплотехнического расчета водоотводных лотков, выявлена закономерность формирования температурно-влажностного режима тоннелей и др. Ряд особых, ранее не встречавшихся научно-технических проблем, возник в связи со строительством на БАМе Северо-Муйского и Байкальского тоннелей. При активном участии группы тоннелей разработаны рекомендации по организационной структуре содержания участка трассы БАМа, на котором расположены наиболее протяженные и мысовые железнодорожные тоннели. Совместно с другими научными организациями группа тоннелей и кафедра «Тоннели и метрополитены» участвовали в разработке «Наставления по контролю качества работ при строительстве и капитальном ремонте железнодорожных тоннелей», утвержденного МПС в 1983 г. (руководитель темы А.К. Поправко, исполнители В.А. Главатских, Ю.Н. Третьяков, В.А. Гурский, В.С. Молчанов и др.), в составлении «Пособия по производству и приемке работ при сооружении горных транспортных тоннелей» (в развитие главы СНиП 111-44-77*).

Наряду с проведением работ на сети железных дорог группа тоннелей выполняла заказы других организаций. На основании обследований разработаны рекомендации по повышению эксплуатационной надежности железнодорожных тоннелей Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного комбината в Казахстане, осуществлены опытно-конструкторские работы по ликвидации дефектов объекта № 25 (г. Хабаровск), разработаны рекомендации по ликвидации негабаритности Сожского тоннеля (совместно с Новосибирским филиалом института Гипротранспуть). Значительный вклад сделан А.К. Поправко, В.А. Главатских и другими специалистами в составление «Технико-экономического обоснования строительства первой очереди метрополитена в г. Новосибирске», в строительство и ввод метрополитена в эксплуатацию в 1985 г.

Лаборатория регулярно проводила наблюдения и исследования непосредственно на строящихся объектах. При строительстве многих больших и внеклассных мостов, где применялись новые конструктивные решения или сложные технологические процессы, требовались регулярные наблюдения с необходимыми инструментальными замерами в процессе изготовления и монтажа конструкций с целью оценки их напряженного состояния при выполнении строительно-монтажных работ. Такие работы были выполнены при строительстве моста через р. Енисей в Красноярске, через р. Иртыш в Семипалатинске, Усть-Каменогорске и Тобольске, через р. Обь в Барнауле и Новосибирске. С



Исследовательские работы в тоннеле

участием ЛМК были построены мосты на подходах к Братской, Красноярской, Саяно-Шушенской ГЭС. Оперативный анализ результатов измерений и оценка проектных решений способствовали успешному ведению строительно-монтажных работ и давали ценные материалы для проектировщиков.

Большое значение для оценки состояния вновь построенных мостов придается результатам их обследований и испытаний при приеме в постоянную эксплуатацию. Такие предсдаточные работы были выполнены на железнодорожных мостах через р. Обь в Сургуте и р. Иртыш в Омске, на городских мостах через р. Обь в Новосибирске и Барнауле, через р. Ангару в Иркутске, р. Томь в Кемерово и на многих других мостах через сибирские реки.

Деятельность отраслевой научно-исследовательской лаборатории имеет практическую направленность, отвечающую непосредственно требованиям производственных организаций. Вместе с тем в лаборатории были проведены теоретические разработки по совершенствованию расчетов строительных конструкций. Для железобетонных конструкций они связаны с учетом пластических свойств материалов, а также таких специфических свойств бетона, как усадка, ползучесть, виброползучесть, возможность трещинообразования. Было предложено в расчетах таких конструкций нелинейные характеристики материалов учитывать известным в механике методом упругих решений, который был расширен применительно к расчетам конструкций из железобетона. Применение этого метода позволяло определять напряженное состояние сечений по одним и тем же зависимостям на всех стадиях работы железобетона, от начала загрузки до стадии разрушения (Г.М. Власов, В.М. Козлов).

Много внимания было уделено созданию новых, более точных методов расчета железобетонных конструкций с использованием современной вычислительной техники при разработке конструкций пролетных строений с решетчатыми фермами. Были выполнены теоретические и экспериментальные исследования с разработкой новых методов расчета на ЭВМ железобетонных строительных конструкций и мостов с учетом: пространственной работы сооружения, анизотропии, экзотермии, усадки и ползучести бетона; проявления нелинейных упругопластических деформаций бетона и арматуры в процессе статических, повторно-переменных динамических и импульсных нагружений; трещинообразования и перераспределения внутренних усилий на всех стадиях работы железобетонных элементов вплоть до разрушения конструкций. Была разработана модификация метода конечных элементов, позволяющая учитывать многие специфические свойства железобетона. В один из самых известных универсальных вычислительных комплексов «Лира» было включено несколько блоков по разработкам НИИЖТа (В.П. Устинов, В.М. Круглов, В.И. Кудашов, А.Г. Смолянин, Д.Н. Цветков, А.И. Гапеев).

С 1985 г. в группе под руководством В.М. Круглова широко стали использовать построения основных физических соотношений бетона на базе универсальной теории пластического течения, которая позволяет учитывать особенности работы железобетона при малоцикловых, повторно-переменных и сложных нагружениях (А.В. Зенин, А.Н. Донец, Л.Ю. Соловьев, С.А. Тихомиров и др.). Указанные теоретические исследования включены в разработанный на кафедре «Мосты» вычислительный комплекс «Сириус», позволяющий вести расчеты с учетом физической, геометрической и конструктивной нелинейности.

Серьезное внимание в разные периоды было уделено и оптимизации мостовых конструкций. Результаты этой работы были использованы при проектировании пешеходных мостов, построенных через р. Иню в Новосибирской области, при разработке типовых узлов для подобных конструкций (Б.В. Пыринов, С.А. Бахтин).

В ЛМК всегда придавали большое значение автоматизации расчетов в области искусственных сооружений (В.М. Диденко, С.А. Бокарев, Г.В. Ильин, П.П. Малышев, А.М. Усольцев, Д.А. Никитин, Ю.В. Рыбалов, Ю.Н. Мурованный, Д.Н. Мартынов, А.А. Ращепкин и др.). Ряд программных разработок был внедрен на сети железных дорог. Однако применение на железнодорожном транспорте различных программных продуктов, успешно автоматизирующих решение отдельных задач в области путевого хозяйства, показал, что в целом их эффективность могла бы быть значительно выше. Разнообразие применяемых СУБД, дублирование нормативно-справочной информации и необходимость (ввиду разобщенности автоматизированных систем) описания в базах данных объектов из смежных предметных областей стали причинами недостаточной достоверности данных и практической невозможности их совместного анализа.

Все эти работы заложили основу для разработки автоматизированной информационно-аналитической системы управления техническим состоянием искусственных сооружений (АСУ ИССО), внедренной в настоящее время на всей сети железных дорог России, а также в ряде стран ближнего зарубежья (С.А. Бокарев — руководитель работ, А.М. Усольцев, А.Н. Яшнов, Д.Н. Цветков, Ю.Н. Мурованный, Ю.В. Рыбалов, Е.В. Васильков, С.С. Прибытков). АСУ ИССО разработана на основе концепции единой системы управления путевым хозяйством (АСУ П). В АСУ ИССО входит ряд подсистем, позволяющих решать как различные инженерные задачи (определение грузоподъемности сооружений и условий пропуска по ним нагрузок), так и задачи обработки информации с подготовкой стандартных и произвольных выходных форм. С помощью АСУ ИССО можно оптимизировать процесс принятия решений по ремонтам и содержанию сооружений на основе их фактического состояния. В рамках АСУ П создана и успешно внедрена АСУ ЗП, позволяющая вести учет конструкций и дефектности сооружений земляного полотна как для стационарных компьютеров (С.А. Бокарев, В.А. Сидоров и О.П. Агатицкая), так и для мобильных карманных компьютеров Pocket PC (Р.Ю. Марков и др.).

Опыт разработки АСУ ИССО для железнодорожных сооружений позволил создать аналогичную систему и для автодорожных мостов (АИС ИССО). Назначение АИС ИССО — технический учет, информационное обеспечение процесса управления содержанием искусственных сооружений, определение условий пропуска временных нагрузок по мостовым сооружениям, оценка уровня эксплуатационной надежности и оптимизация финансовых затрат на содержание и ремонт искусственных сооружений на автомобильных дорогах. Создание АИС ИССО было начато в 1997 г. в связи с необходимостью формирования территориального банка данных по искусственным сооружениям, эксплуатирующимся на автодорогах общего пользования в Новосибирской области. К 2005 г. региональные версии системы установлены и находятся в промышленной и опытной эксплуатации в 14 территориальных управлениях автомобильных дорог в европейской части России и в Сибири. В 2004 г. начато заполнение федерального банка данных по мостовым сооружениям с использо-

ванием федеральной версии АИС ИССО. Последняя версия АИС ИССО относится к новому поколению автоматизированных систем, поддерживающих трехзвенную сетевую архитектуру доступа к информационным ресурсам современных баз данных (С.А. Бокарев, Ю.В. Рыбалов, В.И. Хабаров, Е.В. Картавых, Ю.Н. Мурованный, А.Н. Яшнов, П.С. Мочалкин).



Коллектив ЛМК через 50 лет. 2009 г.

Для получения объективной информации о состоянии и работоспособности сооружений в НИЛ мостовых конструкций разработан мобильный информационно-измерительный блок на основе карманных персональных компьютеров Pocket PC. Внедрение мобильных информационных технологий позволяет реализовывать в системе АСУ ИССО новые, ранее не доступные в полевых условиях функции — интеллектуальную поддержку процесса обследования, предоставления справочной информации, возможность постоянной связи с базовым компьютером непосредственно с объекта обследования (С.А. Бокарев, В.И. Хабаров, И.И. Снежков, Н.А. Симонов, А.Н. Яшнов, П.С. Мочалкин и др.).

Разработки специалистов НИЛ мостовых конструкций по созданию автоматизированных и измерительных систем, проведение испытаний уникальных сооружений и экспериментальные исследования позволили в настоящее время создать автоматизированную измерительную систему нового поколения — «Тензор МС». Существенными преимуществами такой системы являются компактность (вес отдельных элементов системы не превышает 150...200 г), удобство пользования (интуитивно понятный интерфейс), возможность непрерывной записи результатов измерений в течение нескольких часов.

Измерительный комплекс успешно применяли при испытаниях внеклассных мостов в г. Омске (мост-метро), в г. Кемерово (новый городской мост), в

г. Красноярске (железнодорожный и совмещенный мосты), в г. Новосибирске (строящийся автодорожный мост). Применение «Тензор МС» позволяет решать при испытаниях недоступные ранее задачи, такие как измерение напряженно-деформированного состояния отдельных элементов при проходе обращающейся нагрузки и др. (А.Н. Яшнов, А.В. Слюсарь, И.И. Снежков). С помощью комплекса «Тензор МС» были получены уникальные результаты при диагностике эксплуатируемых сталежелезобетонных пролетных строений на Северном широтном ходу Дальневосточной железной дороги (Д.Н. Цветков, Л.Ю. Соловьев и др.).

В последнее время кроме программных разработок, совершенствования приборной базы для исследования работы конструкций большое внимание уделяется внедрению в управление состоянием искусственных сооружений современных информационных технологий, разработке и внедрению новых материалов и конструкций при ремонте искусственных сооружений. В частности, большие работы проведены по изучению возможности использования современных композитных материалов для усиления железобетонных конструкций (В.П. Устинов, А.Н. Яшнов, Д.Н. Смердов). Для выполнения ремонтных работ по приведению толщины балластного слоя в соответствии с нормативными требованиями разработан технологический комплекс, обеспечивающий существенное ускорение процесса подъема железобетонных пролетных строений малых и средних мостов (А.М. Усольцев, Ю.М. Широков). Комплекс состоит из двух универсальных опор-рам оригинальной конструкции и комплекта гидравлического оборудования из четырех домкратов ДГ100Г1000, насосной станции НЭР1, 6И100Т1 и комплекта рукавов высокого давления. Вес рамы с гидравлическими домкратами не превышает 2 тс, а грузоподъемность достигает 300 тс. Скорость подъема пролетного строения составляет около 2 см/мин. Технологический комплекс был опробован при подъеме четырех пролетных строений двух железнодорожных мостов на ст. Штапка Барнаульской дистанции пути Западно-Сибирской железной дороги. Все работы, включая демонтаж пути, уборку старого балласта, ремонт гидроизоляции с устройством защитного слоя из пенополистирола, установку новых подферменных блоков, наращивание шкафных стенок и укладку нового балласта, были выполнены в 6-часовое окно.

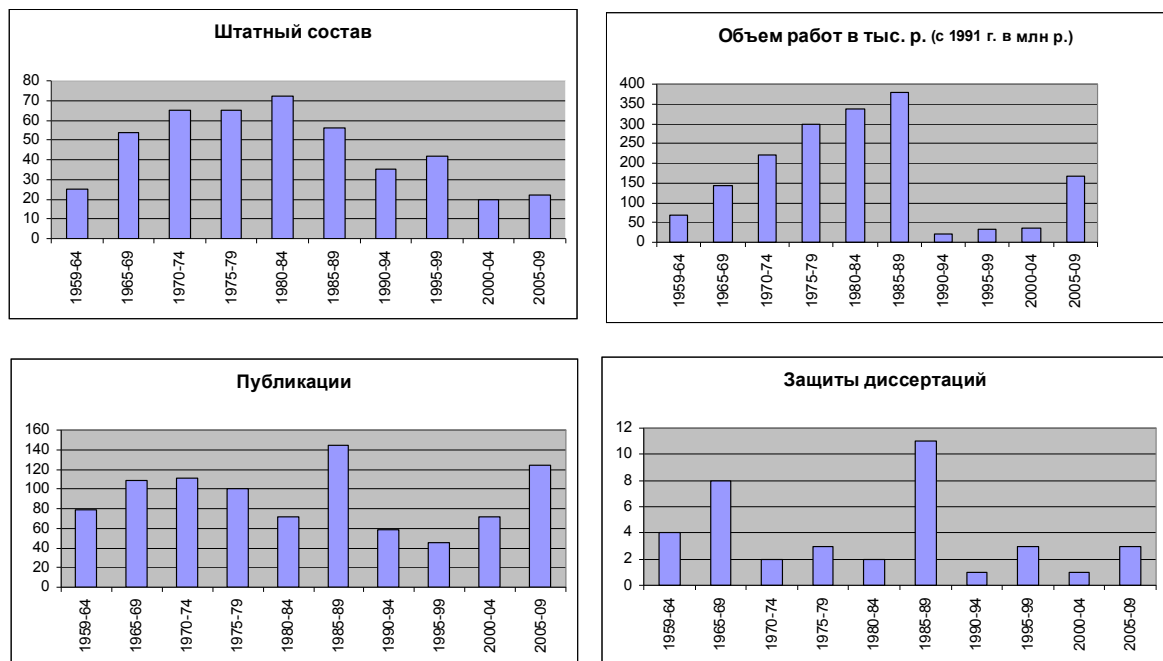


Подъемка пролетного строения с использованием технологического комплекса, разработанного в ЛМК

В настоящее время лаборатория мостовых конструкций выполняет:

- исследования и испытания новых и эксплуатируемых мостов в Сибири;
- разработку и внедрение автоматизированных систем по содержанию искусственных сооружений на железных и автомобильных дорогах;

- исследования надежности и долговечности эксплуатируемых искусственных сооружений, в том числе и с применением специально разрабатываемых автоматизированных измерительных систем;
- разработку программ для расчета мостовых конструкций и методики выполнения чертежей с помощью машинной графики.



Основные показатели деятельности ЛМК

Научно-исследовательская лаборатория мостовых конструкций является динамично развивающимся научным подразделением СГУПС, обеспечивающим стабильный рост объемов прикладных научных исследований, подготовку высококвалифицированных кадров. На базе лаборатории создан Научно-инженерный дорожный центр СГУПС, включающий в себя кроме лаборатории мостов лаборатории диагностики автомобильных дорог, оценки качества дорожных одежд и земляного полотна, инженерной геологии. Это позволило расширить сферу деятельности и выполнять научно-исследовательские, проектные и опытные работы не только по искусственным сооружениям на железных дорогах, но и для территориальных и федеральных управлений автомобильных дорог, а также для других предприятий и ведомств Российской Федерации и стран ближнего зарубежья.