

# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Внедрение инновационных технологий в строительство и эксплуатацию транспортных сооружений предполагает процедуру научно-технического сопровождения (НТС).

**Научно-техническое сопровождение** при проектировании, строительстве (реконструкции) сооружений осуществляется уполномоченная заказчиком научно-исследовательская организация, обладающая соответствующей лицензией.

**Научно-техническое сопровождение проектирования** заключается в разработке рекомендаций по использованию в проектах новых материалов, конструктивно-технологических решений, выполнении сложных расчетов, математического и мелкомасштабного моделирования.

**Научно-техническое сопровождение строительно-монтажных работ** заключается в разработке регламентов на сложные технологические операции, шеф-монтажные работы, контроле напряженно-деформированного состояния конструкций при монтаже, выполнении обследований и испытаний новых или реконструированных сооружений.

**Научно-техническое сопровождение эксплуатации** мостовых сооружений основывается на разработке оптимальных режимов содержания объектов, ведении мониторинга их технического и напряженно-деформированного состояния, выработке рекомендаций по ремонтам.

Вступивший в действие «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ) предусматривает возможность ведения НТС для сооружений повышенного уровня ответственности на протяжении всего их жизненного цикла. Поскольку практически все большие мосты относятся к сооружениям повышенного уровня ответственности и при строительстве

таких сооружений все больше применяются новые конструктивно-технологические решения и материалы, НТС в мостостроении становится насущной необходимостью. Это в известной мере относится и к эксплуатации мостовых сооружений.

В связи с этим представляется актуальным оценить вопросы, связанные с НТС на всех стадиях жизненного цикла мостовых сооружений.

## 1. Проектирование

При проектировании НТС может осуществляться по следующим направлениям:

- нормативное обеспечение;
- оптимальный выбор конструктивной схемы;
- математическое и физическое моделирование;
- анализ возможности применения новых строительных материалов;
- разработка технологических регламентов;
- экспертиза проектных решений.

**Дополнительное нормативное обеспечение необходимо по двум причинам.** Во-первых, отечественные нормы проектирования СНиП 2.05.03-84\* по ряду позиций, к сожалению, отстали от современного уровня мостостроения.

Действительно, в них практически нет специальных требований по проектированию мостов больших пролетов с гибкими элементами (вантовые, висячие, экстрадозные системы, «сетчатые» арки), по защите от прогрессирующего разрушения сооружения при выходе из строя отдельных элементов и т.п.

Кроме того, эти нормы содержат ряд устаревших положений, препятствующих внедрению новых материалов и конструктивно-технологических реше-

ний. Например, в СНиПе 2.05.03-84\* указана ограниченная номенклатура разрешенных к использованию в несущих мостовых конструкциях сталей. По мнению автора статьи, принцип перечисления разрешенных марок сталей или других материалов должен быть заменен принципом перечисления требований к свойствам конструкционных материалов.

Во-вторых, в национальных нормах в ряде случаев невозможно отразить специфику конкретных проектируемых объектов. Например, мостовые сооружения в пределах Большого Сочи должны иметь увеличенные продольные уклоны, опорные части с антисейсмическими демпферами, что не учитывается действующими нормами.

Инструментом дополнительного нормативного обеспечения служат специальные технические условия (СТУ). Этот документ не должен повторять основные нормы, а только содержать необходимые дополнения и уточнения к ним. Как правило, он составляется независимой компетентной научной организацией, согласовывается Министерством регионального развития РФ и утверждается заказчиком объекта. В качестве примера можно привести разработанные МАДИ и научно-проектным институтом ИМИДИС специальные технические условия на объекты Большого Сочи – Дублер Курортного проспекта и автодорога Адлер – «Альпика-сервис».

Уже имеющийся опыт свидетельствует, что требуемый ныне формат СТУ и процедура их согласования слишком



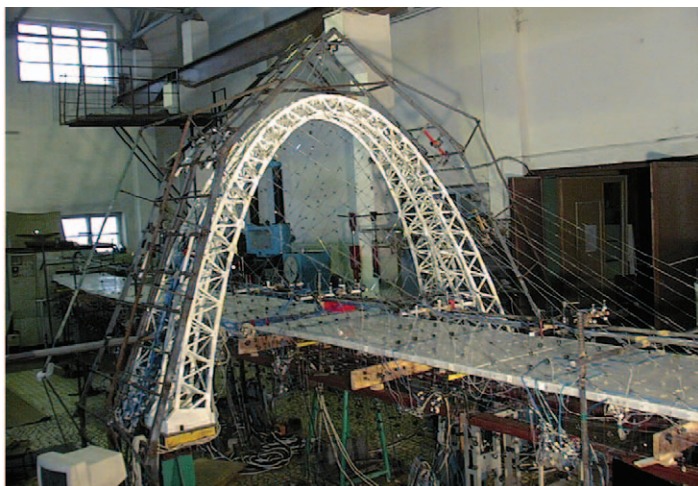


Рис. 1. Модель Живописного моста через реку Москву в Москве

громоздки. По мнению автора, СТУ должны содержать только конкретные требования без описательных разделов.

**Выбор конструктивной схемы**, естественно, выполняет автор проекта. Однако, чтобы этот выбор был действительно оптимальным, необходим подробный анализ аналогичных проектов, отечественного и зарубежного опыта строительства, экономической конъюнктуры и т.п. Помощь науки на этом этапе представляется весьма целесообразной.

Оптимальное проектирование сложных мостовых систем, отдельных их элементов и узлов невозможно без применения **математического** и – зачастую – **физического моделирования**.

Суть математического моделирования заключается в целенаправленном поиске оптимального конструктивного решения с помощью мощных компьютерных программ, базирующихся на методах расчета по конечным элементам. Разработка алгоритма такого поиска должна вестись совместно высокопрофессиональными научными работниками и проектировщиками.

Несмотря на мощный вычислительный аппарат не всегда можно правильно оценить напряженно-деформированное состояние (НДС) в сложных элементах и узлах. В таких случаях на помощь приходит физическое моделирование. Отметим два вида такого моделирования. Это мелкомасштабные модели, которые исследуют в лабораторных условиях. В качестве примеров можно привести исследования на моделях сложных узлов

Живописного вантового моста через реку Москву в Москве (рис. 1), реконструированного речного пролетного строения Лужниковского моста, моста им. Александра Невского через Неву в Санкт-Петербурге (ОАО ЦНИИС, А.М. Тарасов).

Другой вид – моделирование поведения конструкций в условиях ветровых воздействий. Модели фрагментов пролетных строений подвергают воздействию воздушных потоков в аэродинамической трубе с целью определить область опасного резонанса и найти меры защиты от него. Характерным примером служит исследование природы и условий резонансных колебаний пролетного строения моста через Волгу в Волгограде.

Исследование выполнял ЦАГИ по программе, разработанной совместно с ОАО «Гипротрансмост».

Важной особенностью НТС является изучение возможности **применения новых строительных материалов**. Требуется выполнить анализ их свойств в условиях воздействия на конструкции моста средств автотранспорта и атмосферного влияния на них в течение длительного времени. Такой анализ выполняется по материалам предыдущих исследований и литературным данным. При необходимости могут быть проведены дополнительные исследования.

Применение новых технологий и (особенно) материалов требует разработки специальных **технологических регламентов**, которые составляют, как правило, научно-исследовательские институты.

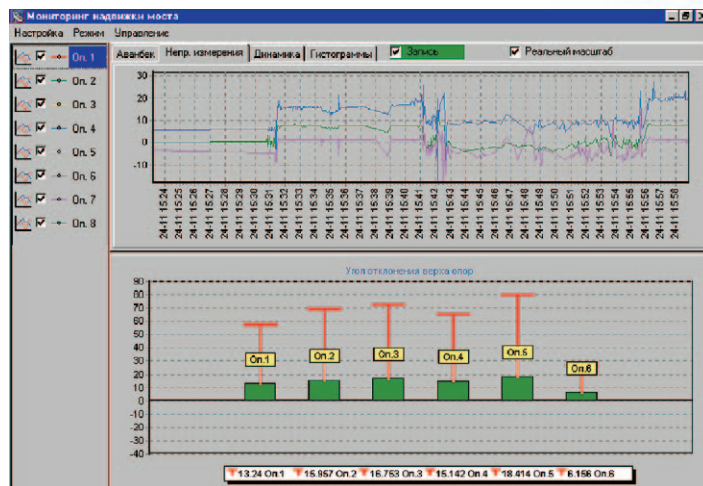


Рис. 2. Контроль за отклонением верха опор при надвижке пролетного строения в режиме реального времени

И наконец, предметом НТС является **экспертиза проектных решений** в целом и по отдельным элементам. Экспертиза может быть «внутренней» (в рамках проектирования) и «внешней» – официальной. Представляется, что «внутренняя» экспертиза несет важную функцию контроля качества проекта и поэтому очень полезна.

Следует отметить, что НТС проектирования ни в коей мере не принижает ведущую роль автора проекта, его интеллектуальный и творческий потенциал. НТС – это помощь и дополнительная гарантия качества проекта.

## 2. Строительство

В процессе строительства мостовых сооружений НТС играет еще более важную роль, чем при проектировании. Если какие-либо недочеты, допущенные в проекте, могут быть выявлены и исправлены в период строительства, то отклонения поведения монтируемых конструкций от проектных предпосылок чреваты серьезными последствиями.

При проведении строительно-монтажных работ НТС целесообразно осуществлять по следующим направлениям:

- контроль и доводка новых технологий;
- испытания грунтов основания и свай;
- мониторинг НДС конструкций в процессе строительно-монтажных работ;
- приемочные испытания.

**Контроль и доводка новых технологий** – это по существу работа аналогичная шеф-монтажу. Примером такой ра-

боты могут служить приготовление и укладка самоуплотняющегося бетона с использованием пластифицирующих и расширяющих добавок в инъекционный раствор для каналов напрягаемой арматуры в особо трудных условиях (ЦНИИС, канд. техн. наук А.С. Бейвель), наклейка углепластиковых ламелей или холстов, применяемых для повышения несущей способности растянутых или изгибаемых элементов (РосдорНИИ, д-р техн. наук В.И. Шестериков).

**Испытания грунтов основания и свай** проводятся по достаточно тонким методикам, и результаты измерений должны быть правильно интерпретированы. В последнее время за рубежом и у нас начинают использовать динамические методы испытаний свай.

**Мониторинг НДС конструкций** в процессе их монтажа очень важен для обеспечения безопасности работ и целостности конструкций. В первую очередь это касается навесного монтажа или бетонирования и, особенно, продольной надвигки пролетных строений, поскольку статическая схема работы монтируемых конструкций непрерывно меняется, и необходимо отслеживать их деформации и напряжения в наиболее нагруженных элементах.

При продольной надвигке узким местом является безопасность опор, так как на них могут действовать горизонтальные усилия, превышающие проектные, – вследствие увеличения по разным причинам коэффициента трения на накаточных путях. Контроль отклонения верха опор в режиме реального времени и остановка процесса надвигки, если эти отклонения превысят допустимые, позволяют избежать их повреждения или даже обрушения. Такой контроль уже прочно вошел в практику (Саратовский университет (СГТУ), Институт ИМИДИС) (рис. 2).

Следует отметить, что имеющие место отказы заказчиков и строителей от НТС в целях сиюминутной экономии могут привести к крупным авариям. Упомянем в этой связи обрушения при продольной надвигке пролетных строений мостов в Белоруссии, России, Казахстане.

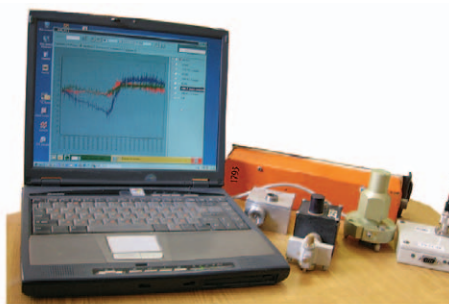


Рис. 3. Компьютерная измерительная система КИС – ИМИДИС.

**В состав системы входят:**

- тензометры оптико-электронные;
- инклинометры одно- и двухкоординатные;
- прогибомеры оптико-механические;
- датчики скорости и направления ветра;
- лазерные дальномеры;
- датчики давления в грунте;
- акселерометры;
- программа управления КИС-М;
- программа обработки «Спектр».

**Все приборы могут включаться в любом наборе и количестве**

Завершающим аккордом НТС строительства моста являются **приемочные испытания**. Они позволяют интегрально оценить качество строительства и соответствие сооружения заданной грузоподъемности.

Важно, чтобы измерения при испытаниях велись в режиме реального времени, чтобы можно было сразу же анализировать результаты и оперативно руководить испытаниями.

Динамические испытания должны дать оценку динамических характеристик моста, в том числе его аэродинамической устойчивости. Поэтому необходимо при анализе колебаний пролетных строений корректно определять декременты колебаний.

Эти задачи могут решаться только с использованием специальных компьютерных измерительных систем. Такая система КИС-ИМИДИС разработана и успешно используется в Институте ИМИДИС (канд. техн. наук М.Л. Хазанов) (рис. 3).

### 3. Эксплуатация

В настоящее время в составе проекта требуется составлять проект (инструкцию) по эксплуатации моста. Это требование выполняется, к сожалению, не всегда и не в полной мере. Между тем уже накоплен определенный опыт составления проектов по эксплуатации мостов (ОАО «Гипротрансмост», СГТУ,

ЗАО «Институт ИМИДИС» и др.), который необходимо анализировать и обобщать.

В рамках проектов эксплуатации больших мостов или мостовых систем с меняющимися во времени характеристиками НДС следует предусматривать **мониторинг НДС**, проводимый по специальной программе, применительно к конкретным объектам.

Наиболее эффективен мониторинг, который осуществляется с момента ввода в эксплуатацию и где используются в качестве стартовых данные строительного мониторинга.

Важным элементом НТС эксплуатации мостов являются периодические **обследования и испытания**, которые не только дают возможность оценить технико-эксплуатационное состояние сооружения на данный момент, но и проследить его динамику во времени. Эти изменения следует отражать в паспорте моста, который, на взгляд автора, должен совмещать две функции: технические характеристики и «историю болезни» сооружения.

### 4. Финансирование НТС

Это больной вопрос. К сожалению, выбирая между надежностью и экономией денег (очень незначительной по сравнению со стоимостью моста), заказчик часто выбирает последнюю. Представляется, что проведение НТС для сложных мостовых объектов (и не только для мостовых) должно быть обязательным и иметь отдельную строчку в сметах.

### Резюме

Перечисленные выше направления и примеры, конечно, не охватывают всего многообразия видов НТС в мостостроении. Однако автор надеется, что эта статья будет способствовать большему пониманию значения НТС для внедрения инноваций в транспортное строительство.

**А.И. Васильев,**

д-р техн. наук, профессор кафедры мостов и тоннелей МАДИ (ГТУ); директор по науке Научно-проектного института «Исследование мостов и других инженерных сооружений» (ЗАО «Институт ИМИДИС»)