Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2019, №3, Том 6 / 2019, No 3, Vol 6 <https://t-s.today/issue-3-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/21SATS319.pdf>

DOI: 10.15862/21SATS319 (<http://dx.doi.org/10.15862/21SATS319>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Капикян А.А., Войцешук Н.А. Строительство мостового перехода через р. Волга в г. Дубна Московской области // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №3, <https://t-s.today/PDF/21SATS319.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/21SATS319

For citation:

Kapikyan A.A., Voytseshchuk N.A. (2019). Construction of a bridge crossing over the Volga in Dubna, Moscow Region. *Russian journal of transport engineering*, [online] 3(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/21SATS319.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/21SATS319

УДК 624.21/.8

ГРНТИ 67.11.35

Капикян Артур Амбарцумович

ОАО «Институт Гипростроймост»
Мытищинский филиал, Мытищи, Россия
Директор
E-mail: kapikyan@giprosm.ru

Войцешук Наталья Андреевна

ОАО «Институт Гипростроймост»
Мытищинский филиал, Мытищи, Россия
Руководитель проектов
E-mail: voytseshchuk@giprosm.ru

Строительство мостового перехода через р. Волга в г. Дубна Московской области

Аннотация. В статье рассказывается о строительстве уникального мостового перехода в г. Дубна Московской области.

Расположение города по берегам реки Волги обусловило транспортную проблему, которая назревала многие годы. Кратчайший путь между левой и правой частью лежит по гребню плотины Ивановской ГЭС. Фактическая пропускная способность данной транспортной – связи была недостаточна, что приводило к регулярным транспортным заторам. Ближайший мост расположен в городе Кимры Тверской области, более чем в 30 километрах. Сложившаяся транспортная ситуация препятствовала развитию особой экономической зоны технико-внедренческого типа «Дубна», включающей в себя инновационный территориальный кластер ядерно-физических и нанотехнологий, и города в целом. Также была ограничена транспортная доступность федерального центра обработки данных ФНС России.

Проектные работы по реализации велись с начала двухтысячных годов. Были разработаны и рассмотрены различные варианты мостового перехода, менялись заказчики строительства и проектные организации. В 2016 году началось строительство мостового перехода через р. Волга. Генеральным проектировщиком выступил ОАО «Институт Гипростроймост». Был выполнен комплекс инженерных изысканий, разработана рабочая документация.

Мостовой переход (под 4 полосы движения) состоит из автодорожных подходов и автомобильного моста.

Строительная длина основного хода – 1939,93 м.

Строительная длина с учетом длины съездов – 2997,99 м.

Полная длина мостового сооружения составляет 1 166,25 м.

Центральный судоходный пролет – 168,0 м.

Строительство мостового перехода выполнено в кратчайшие сроки, уже в ноябре 2018 года спустя 24 месяца после начала строительства было открыто рабочее движение по мосту.

Построенный мост решил проблему разобщенности территорий крупнейшего наукограда России.

Ключевые слова: уникальный мост; Дубна; строительство моста; особая экономическая зона; балочное пролетное строение; ортотропная плита; карстоопасность

Введение

Московская область – крупный регион РФ, включающий в себя исторические культурные, религиозные, научные и производственные центры, – регион очень разнообразен. Если мы хотим найти сочетание неповторимой живописной природы, исторического наследия, достижений отечественного современного производства и науки, то нам в город Дубну. Этот город с населением около 80 тысяч человек находится на самом севере Московской области. Добраться сюда можно из Москвы по железной дороге с Савеловского вокзала, на автомобиле по Дмитровскому шоссе, пересекая всю «Подмосковную Швейцарию», как называют это направление, или на водном транспорте из самого центра столицы, ведь именно в Дубне берет свое начало канал имени Москвы, открывающий столице путь к пяти морям (рис. 1).

Рисунок 1. Местоположение г. Дубна (разработано автором)

Однако в первую очередь Дубна – это наукоград, крупнейший в России центр по исследованиям в области ядерной физики. Здесь расположены предприятия космической и авиационной промышленности, машиностроения и энергетики, приборостроения и электроники.

Начало

Истоки создания этого научного центра лежат в середине двадцатого века, когда к обращению И.В. Курчатова о создании мощного циклотрона прислушался Л.П. Берия. Народная молва гласит, что район Ивановской гидроэлектростанции был выбран в том числе по причине низкого естественного радиационного фона. И сегодня главным градообразующим предприятием Дубны является Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ), руководящим составом которого являются представители 18 государств. На базе института сделано множество научных открытий, в том числе 117-й и 118-й элементы периодической таблицы Д.И. Менделеева, получившие названия «московский» и «оганесон» Последний – в честь академика Ю.Ц. Оганесяна, принимавшего непосредственное участие в открытии этих элементов.

В 2005 году город получил дополнительный импульс к развитию – на основании Постановления Правительства Российской Федерации № 781 от 21.12.2005 в Дубне создана особая экономическая зона (ОЭЗ) технико-внедренческого типа «Дубна». Существующая база наукограда продиктовала направления деятельности ОЭЗ: информационные технологии, ядерно-физические и нанотехнологии, био- и медицинские технологии, производство и внедрение композитных материалов, проектирование сложных технических систем. ОЭЗ динамично развивается и растет, на ее территории действуют более ста резидентов (2 600 рабочих мест). Организованы комфортные условия развития и труда: подготовленные инженерная и таможенная инфраструктура, социальные и налоговые льготы, а также ряд других преференций.

Расположение города по берегам великой русской реки Волги обусловило транспортную проблему, которая назревала многие годы. Кратчайший путь между левой и правой частью лежит по гребню плотины Ивановской ГЭС, которая входит в Волжско-Камский каскад ГЭС. Ближайший мост расположен в городе Кимры Тверской области, более чем в 30 километрах (рис. 2).

Рисунок 2. Местоположение мостового перехода (разработано автором)

Состояние конструкций моста, входящего в состав плотины, на сегодняшний день оценивается как неудовлетворительное (обследование 2008 года выполнено ОАО «ЦНИИС “НИЦ Мосты”»). Фактическая пропускная способность данной транспортной связи была недостаточна, что приводило к регулярным транспортным заторам.

Сложившаяся транспортная ситуация препятствовала развитию особой экономической зоны технико-внедренческого типа «Дубна», включающей в себя инновационный территориальный кластер ядерно-физических и нанотехнологий, и города в целом. Также была ограничена транспортная доступность федерального центра обработки данных ФНС России.

Вантовый вариант моста, 2006 год

С начала двухтысячных годов администрация Дубны для исключения транспортного коллапса в городе активно продвигала идею строительства мостового перехода через Волгу. В 2006 году администрация города выступила заказчиком разработки проектной документации и выполнения инженерных изыскания для строительства мостового перехода в створе улиц Вернова и Володарского. ОАО «Институт Гипростроймост» активно подключилось к данной работе, став основным исполнителем по проектированию искусственных сооружений.

Результатом плодотворной работы стало изящное мостовое сооружение с динамичным внешним обликом – вантовый мост с центральным пролетом 320 м.

Мостовой переход включал две транспортные развязки, подходные эстакады и собственно мост через реку Волгу (рис. 3).

Рисунок 3. План мостового перехода (разработано автором)

Основой для принятия варианта вантового моста послужило требование канала имени Москвы по ширине судового хода с учетом сложной навигационной обстановки.

Пролетное строение было запроектировано неразрезным по следующей схеме 61,04 + 110,04 + 320,04 + 110,04 + 63,9 м. Габарит проезда по мосту был принят 2×9,0 м с уширением в зонах двух крайних левобережных пролетов с двухсторонними тротуарами шириной по 3,0 м (рис. 4).

Рисунок 4. Общий вид пилона (разработано автором)

Были выполнены разработки пролетного строения как в однопилонном, так и в двухпилонном вариантах, но как основной был разработан двухпилонный вариант (рис. 5, 6).

Рисунок 5. Фасад мостового перехода (разработано автором)

Рисунок 6. Визуализация (разработано автором)

Проектная документация в целом и результаты инженерных изысканий получили положительное заключение ФАУ «Главгосэкспертиза России» 23 ноября 2007 года.

Балочный вариант моста, 2013 года

К сожалению, оперативно начать реализацию строительства вантового моста не удалось, заказчик столкнулся с проблемой финансирования. И только в 2011 году с целью уменьшения затрат на строительство мостового перехода через реку Волгу администрацией города принято решение о корректировке проектной документации с учетом новых технических условий ФГУП «Канал имени Москвы».

Новые технические условия кардинально повлияли на уже разработанный проект. Существенно переработаны планово-вертикальные решения, так как для сокращения стоимости администрацией города Дубны было принято решение отказаться от транспортных развязок на левом и правом берегах (рис. 7).

Рисунок 7. План мостового перехода (разработано автором)

В соответствии с обновленными транспортно-экономическими изысканиями сохранилось четыре полосы движения по основному ходу, перспективная интенсивность движения на 2031 год составила 24 150 автомобилей в сутки с уровнем удобства «В» [1; 2].

Протяженность основной трассы составила 1 939,93 м из условий примыкания к существующим отметкам проспекта Боголюбова и улицы Программистов, обеспечив вертикальный судоходный габарит от низа конструкций проектируемого мостового перехода до максимального расчетного судоходного уровня, подмостовой габарит и габариты при пересечении с существующим железнодорожным путем Савеловского направления железной дороги, улицей Станционной на правом берегу.

Категория автомобильной дороги – магистральная улица общегородского значения регулируемого движения.

На правом берегу запроектированы боковые односторонние проезды № 1 и 2 для связи основной трассы с существующей улицей Станционной и проспектом Боголюбова.

Пересечение улицы Вернова и проспекта Боголюбова выполнено в виде кольцевой развязки в одном уровне с тремя полосами движения.

На основном направлении предусмотрено 4 полосы движения шириной 3,5 м и полосы безопасности шириной 1,0 м на мостовом сооружении и 0,5 м на подходах к нему. По оси устраивается разделительная полоса шириной 2,7 м с установкой двухстороннего металлического барьерного ограждения.

Боковые проезды № 1 и 2 устраиваются с двумя полосами движения и шириной проезжей части 7,0 м.

Ширина тротуаров на автодорожных подходах и съездах принята равной 3,0 м, на мостовом сооружении предусмотрено два тротуара шириной 1,5 м каждый.

Общая протяженность земляного полотна в насыпи по основному ходу составляет 767 м. В конструкции земполотна используется местный грунт в нижних слоях и песчано-гравийные смеси в верхних слоях. В качестве мероприятий по обеспечению устойчивости откосов и предохранению их от размыва атмосферными осадками и ветровой эрозии предусмотрены их планировка и укрепление. В зоне действующих водоемов применено укрепление матрацами «Рено».

Рассмотрено несколько вариантов конструкции дорожной одежды по всем элементам с выбором рекомендуемых. Для основного хода выбран следующий конструктив общей толщиной 0,69 м:

- верхний слой покрытия из ЩМА-15, толщиной 0,05 м;
- нижний слой покрытия из асфальтобетонной смеси горячей плотной мелкозернистой, типа Б, марки I на битуме БНД90/130, толщиной 0,06 м;
- верхний слой основания из черного щебня, толщиной 0,18 м;
- двухслойное основание из щебеночно-песчаной смеси С4 – 80 мм, толщиной 0,40 м;
- прослойка из геотекстильного материала типа «Дорнит».

Проектной документацией предусмотрено устройство нескольких примыканий к близлежащей застройке, включая проектируемые объекты, устройство двух новых автобусных остановок по основному ходу в районе ФОК «Радуга». Автобусные остановки устраиваются карманного типа с остановочными площадками 30,0×3,5 м и павильонами.

Автодорожный мост

Полная длина моста составляет 1 166,25 м (рис. 8).

Рисунок 8. Фасад мостового перехода (разработано автором)

Проектируемое искусственное сооружение состоит из трех частей: русловая часть, правобережная эстакада и левобережная эстакада.

Пролетные строения. Русловая часть.

Пролетное строение русловой части – индивидуальное неразрезное балочное металлическое с ортотропной плитой проезжей части и дополнительным полигональным поясом подпружного типа со схемой пролетных строений 73,5 + 84,0 + 168,0 + 84,0 + 73,5 м.

Габарит по ширине 2(Г–9) + 2×1,5, где:

- проезжая часть 2×7,0 м;
- полосы безопасности шириной по 1,0 м;
- разделительная полоса С = 2,7 м;
- два тротуара шириной по 1,5 м.

Пролетное строение русловой части моста через реку Волгу расположено в плане на прямом участке, переходных кривых К = 110 м и круговых кривых К = 500 м. Ось моста пересекает ось судового хода на реке Волге под углом 80°.

Покрытие проезжей части из горячего плотного мелкозернистого асфальтобетона марки I типа Б и ЩМА-20 толщиной 110 мм (верхний слой 60 мм, нижний – 50 мм), уложенного по рулонно-мастичному слою «Мостопласт».

Отвод воды с проезжей части осуществляется через водоотводные трубки, которые расположены в зоне полосы безопасности. Далее из водоотводных трубок вода отводится в систему продольного водоотвода.

Эксплуатационные устройства – три служебных прохода между каждой парой коробчатых блоков пролетного строения.

Пролетное строение – индивидуальное комбинированное металлическое балочное, с решетчатой подпругой по схеме 73,5 + 84 + 168 + 84 + 73,5 м состоит из четырех коробчатых главных блоков с вертикальными стенками, в которых нижние пояса – постоянной ширины и переменной толщиной русловой части моста. Между коробками и внутри них в уровне верхних поясов по длине моста устроены поперечные балки с шагом 3,5 м. Верхний пояс балок – в виде ортотропной плиты из горизонтального листа толщиной 14 мм и продольных ребер коробчатого сечения, приваренных к листу с шагом 640 мм. С шагом 10,5 м по длине моста устраиваются поперечные решетчатые связи из сдвоенных уголков. Горизонтальные связи отсутствуют. Поперечный уклон проезжей части обеспечивается разным высотным положением балок на опорах. Дополнительный полигональный пояс подпружного типа имеет

в конструкции 4 главные балки коробчатого сечения, ряд стоек двутаврового сечения, объединенных системой распорок и раскосов также двутаврового сечения.

Монтажные стыки главных коробчатых блоков – комбинированные: нижние пояса и листы настила ортотропных плит выполняются односторонней автоматической сваркой с применением металлохимической присадки (МХП), по стенкам – на высокопрочных болтах М22 из стали 40Х с пескоструйной обработкой контактирующих поверхностей. Монтажные стыки элементов подпруги между собой, а также крепления подпруги к главным коробчатым блокам – также на высокопрочных болтах М22 из стали 40Х. Все заводские стыки – сварные.

По осям опирания на опорах 1 м, 2 м, 5 м, 6 м установлены домкратные балки.

Для изготовления металлоконструкций пролетного строения применяются марки стали 10ХСНД, 10ХСНД-2.

Монтажные соединения на высокопрочных болтах.

Пролетные строения правобережной и левобережной эстакад

Пролетное строение правобережной эстакады имеет схему $4 \times 63,0 + 52,5$ м с суммарной длиной 304,5 м.

Пролетное строение левобережной эстакады имеет схему $4 \times 63,0 + 2 \times 52,5$ м с суммарной длиной 357 м.

Габарит по ширине, а также покрытие проезжей части аналогичны русловой части.

Пролетные строения эстакад на части длины ограждены шумозащитными экранами.

Отвод воды с проезжей части и тротуаров осуществляется за счет поперечных и продольных уклонов в водоотводные лотки, расположенные внутри металлических карнизных блоков, закрепленных по торцам консолей железобетонной плиты проезжей части с последующим отводом в очистные сооружения.

В местах возможного скопления капиллярной воды, проникающей через покрытие на гидроизоляцию, устанавливаются дренажные трубки из коррозионностойкой стали диаметром 60 мм, расположенные с шагом 3 м по длине пролетного строения. При этом над автодорожными проездами, железнодорожными путями дренажные трубки не устанавливаются.

Пролетные строения – индивидуальные неразрезные балочные сталежелезобетонные, включающие по 6 сварных двутавровых главных балок габаритной высотой 2 920 мм, считая от кромки нижнего пояса до верха вертикальной стенки, расставленных в поперечном сечении на расстоянии $5 \times 4,0$ м. Сварные сквозные в виде ферм поперечные связи поставлены с шагом 5,25 м по длине пролетных строений. По осям опор устраиваются сплошностенчатые домкратные балки. Монтажные стыки главных балок – комбинированные: верхние и нижние пояса стыкуются автоматической сваркой, вертикальные стенки – на высокопрочных болтах М22.

Монолитная железобетонная плита проезжей части в среднем толщиной 24 см включена в совместную работу с металлическими несущими конструкциями с помощью гибких упоров в виде круглых стержней с головкой диаметром 22 мм длиной 175 мм типа 8Б-А по 180 13918 (или ККВ по БШ 32500-3).

Предусмотрены стационарные эксплуатационные обустройства в виде 5 смотровых ходов, располагаемых в уровне нижних распорок поперечных связей.

Для изготовления металлоконструкций пролетных строений применяются марки стали 15ХСНД, 15ХСНД-2 по ГОСТ 6713-91*.

Конструкция опор и фундаментов. Русловые опоры.

Сопрягающие опоры № 1м и № 6м и русловые опоры № 2м и № 5м – стоечные, выполнены из монолитного железобетона (рис. 9, 10).

Рисунок 9. Русловое поперечное сечение моста (разработано автором)

Рисунок 10. Эстакадное поперечное сечение моста (разработано автором)

Несущими элементами фундаментов являются буронабивные сваи диаметром 1,2 м длиной 37,5 м на опоре № 1м, 38 м на опорах № 2м и № 6м. С помощью выпусков арматуры буронабивные сваи объединяются монолитным железобетонным ростверком [3; 4; 5].

Тело опоры включает в себя монолитную железобетонную цокольную часть. Высота опоры изменяется посредством изменения высоты этой цокольной части. Две монолитные железобетонные стойки – индивидуального проектирования постоянной высоты. В верхней части сечения стойки объединены монолитным железобетонным ригелем индивидуального проектирования.

Русловые опоры моста № 3м и № 4м – массивные, индивидуального проектирования, выполнены из монолитного железобетона. Несущими элементами фундаментов являются буронабивные сваи диаметром 1,5 м длиной 29,1 м на опоре № 3м и 25,6 м – на опоре №4м. С помощью выпусков арматуры буронабивные сваи объединяются монолитным железобетонным ростверком высотой 2 м.

Тело опоры включает в себя массивную цокольную часть трапецевидной формы, выполненную из монолитного железобетона, несущую всю нагрузку от ледохода, навала судов. Высота цокольной части составляет 7,0 м на опоре № 3м и 8,5 м – на опоре № 4м; надстройку опоры также выполняют из монолитного железобетона. Надстройка имеет меньшую толщину и ширину по сравнению с цокольной частью опоры. Высота надстройки составляет 6 м на каждой из опор (рис. 11).

Рисунок 11. Визуализация (разработано автором)

Конструкция опор и фундаментов правобережной и левобережной эстакад.

Фундаменты опор промежуточных и крайних эстакад выполнены на свайном основании из буронабивных свай диаметром 1,2 м длиной от 23,43 до 42 м, заглубленных в легкую глину полутвердой консистенции. Сваи объединяются монолитными железобетонными ростверками высотой 1,5; 2,5 и 2,7 м, с заделкой в них арматуры на расчетную величину.

Тела промежуточных опор монолитные железобетонные индивидуальной проекровки.

Высота опор изменяется от 4,8 до 14 м по длине эстакады.

Конструкция крайней опоры правобережной эстакады – необсыпной устой с обратными стенками из монолитного бетона.

Крайняя опора левобережной эстакады – обсыпной устой с железобетонными монолитными стойками, объединенными насадкой.

Оси всех опор пересекают ось трассы под углом 90°.

Укрепление конуса устраивается из монолитного бетона толщиной 12 см по слою щебня 10 см.

В основании конуса устраивается монолитный бетонный упор.

Лестничные сходы.

На обоих берегах запроектированы лестничные сходы.

Фундаменты на свайном основании из буронабивных свай диаметром 0,8 м длиной 16,5 и 15 м соответственно. Сваи объединяются монолитным железобетонным ростверком высотой 1,5 м, с заделкой в них арматуры на расчетную величину.

Стойки металлических рам выполнены из круглых труб диаметром 480 мм. Ригели рам выполнены из листового проката. Марки стали 10ХСНД и 09Г2СД-12.

Подпорная стена

Подпорная стена ПС-1, расположенная на ПК 0 + 59,00 - ПК 1 + 18,89.

Данное сооружение предназначено для удержания грунтов насыпи проектируемой автодороги.

Общая длина сооружения 60 м.

Для вариантного сравнения рассматривались подпорные стены из монолитного железобетона на свайном фундаменте из забивных свай и из буровых свай. Анализ показал более высокий расход железобетонных конструкций и более дорогие строительно-монтажные работы при сооружении подпорных стен из буровых свай. К дальнейшему проектированию по технико-экономическим показателям была принята монолитная железобетонная конструкция на свайном основании из забивных свай [6; 7].

Предусмотрен продольный застенный дренаж для отвода дождевых и талых вод.

Подпорная стена по длине разделена на 4 участка по 15 м каждый.

Высота участков стены переменная – от 8,1 до 5,2 м.

Ширина подпорной стены по верху составляет 0,54 м. Заглубление обреза фундамента выполнено на 0,4 м ниже растительного слоя грунта.

На подпорной стене устраивается шумозащитный экран высотой 2 м.

Облицовка железобетонных подпорных стен выполняется природным камнем с лицевой стороны подпорных стен, торцов и сверху.

Фундамент подпорной стены выполнен на свайном основании из забивных свай сечением 0,35×0,35 м длиной 16 м. Сваи объединяются монолитными железобетонными ростверками высотой 1,2 м с заделкой в них арматуры на расчетную величину.

Проект организации строительства

Для сооружения опор и монтажа пролетных строений эстакад и моста устраиваются строительные площадки на правом и левом берегу реки Волги непосредственно на месте производства работ (рис. 12) [8–10].

Рисунок 12. План строительных площадок (разработано автором)

Монтаж металлических конструкций пролетных строений эстакад предусмотрен кранами с земли укрупненными блоками с устройством временных промежуточных опор. Монолитная железобетонная плита проезжей части бетонируется на съемной опалубке.

Монтаж руслового пролетного строения осуществляется с применением временных опор, кранов большой грузоподъемности. В том числе монтаж блоков пролетного строения в пролете № 3м–4м методом навесной сборки (рис. 13–16).

Рисунок 13. Строительство мостового перехода (разработано автором)

Рисунок 14. Строительство мостового перехода (разработано автором)

Рисунок 15. Строительство мостового перехода (разработано автором)

Рисунок 16. Строительство мостового перехода (разработано автором)

Система мониторинга за состоянием конструкций

В соответствии с требованиями нормативно-технической документации в части строительства уникальных мостовых сооружений была разработана и устроена система мониторинга за состоянием конструкций уникальной части мостового перехода [11–14].

При разработке документации по системе мониторинга рассмотрены следующие возможные обобщающие сценарии нарушения эксплуатационных качеств сооружения:

- Обрушение конструкции вследствие достижения первого предельного состояния (по несущей способности) в сечениях пролетного строения.
- Достижение 2-го предельного состояния по прогибам в русловом пролете.
- Возникновение колебаний пролетного строения, вызванных вихревым резонансом, с ускорениями, превышающими требования ГОСТ 31191.1-2004 «Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека», что затрудняет нормальную эксплуатацию сооружения.

Для предупреждения развития сценария № 1 проектом предусмотрена установка датчиков деформации в наиболее нагруженных сечениях в соответствии с эпюрами напряжений, определенными при расчете пролетного строения на стадии эксплуатации. Для компенсации температурных деформаций в зоне установки датчиков деформации монтируются датчики температуры. Также для интегральной оценки напряженно-деформированного состояния (по перемещениям) устанавливаются инклинометры.

Для предупреждения развития сценария № 2 проектом предусмотрена установка инклинометров в опорных сечениях пролетного строения и на всех опорах.

Для предупреждения развития сценария № 3 проектом предусмотрена установка акселерометров в местах с максимальными амплитудами колебаний, определенных по расчету на собственные формы колебаний (по старшим формам). Для контроля приближения скорости ветра к скорости возникновения вихревого резонанса в русловом пролете устанавливается метеостанция (рис. 17).

Рисунок 17. Схема работы системы мониторинга (разработано автором)

Как правило, системы мониторинга строятся из классических (электрических и аналоговых) или оптоволоконных (Волоконные Решётки Брэгга – ВБР) систем датчиков. Обе системы имеют свои плюсы и минусы. Особенностью реализуемой СМИК является объединение двух типов систем с целью использования сильных сторон каждой системы и получения оптимального сочетания цена/качество (рис. 18).

Рисунок 18. Схема расстановки датчиков (разработано автором)

Для реализации описанного функционала применяется набор датчиков, описанный в таблице 1.

Таблица 1

Набор датчиков для проведения мониторинга

№	Наименование датчика	Кол-во, шт.
1	Датчик деформации волоконно-оптический со встроенной температурной компенсацией T1050K	176
2	Датчик температуры волоконно-оптический T2050	12
3	Акселерометр АК-Д2 (AKD2-M.1N-7200)	6
4	Инклинометр ИН-Д3 (IND3-M.1N-3600) (расширенный температурный диапазон, сплиттер в комплекте)	14
5	Датчик линейных перемещений 5900-1000	3
6	Погодная метеостанция WXT536 (скорость и направление ветра, давление, температура, осадки, влажность) (RS232 – 15 м, RS485 – 1200 м)	1

Разработано автором

Весь комплекс автоматизации включает в себя более тысячи элементов. Для реализации всего комплекса, по возможности, были использованы комплектующие ведущих отечественных производителей. Коммутирующее оборудование выбиралось с учётом наличия сертификатов безопасности.

Для контроля за напряженно-деформированным состоянием руслового пролетного строения на стадии строительно-монтажных работ системы мониторинга устанавливается специализированное программное обеспечение в диспетчерском пункте ГБУ «Мосавтодор». Данное ПО предоставляет оператору в наглядном виде приближается ли состояние моста к одному из 3-х рассматриваемых сценариев нарушения эксплуатационных качеств, и если приближается, то в каком элементе. В случае возникновения внештатной ситуации, требующей

безотлагательного принятия мер, сигнал направляется в Единую Дежурную Диспетчерскую Службу.

Реализация проекта

Задача, поставленная администрацией города, была решена. Стоимость балочного варианта мостового сооружения с подпругной системой вкупе с изменением транспортной схемы в целом способствовала общему снижению стоимости строительства.

Транспортная ситуация в Дубне тем временем ухудшалась, многочисленные обращения граждан регулярно направлялись в администрацию города, дирекцию дорожного строительства Московской области, а также в правительство Московской области и Российской Федерации и лично президенту России.

В 2016 году выход был найден. Администрация города Дубны на безвозмездной основе передала проектно-сметную документацию новому заказчику строительства – государственному казенному учреждению Московской области «Дирекция дорожного строительства».

Изменился источник финансирования реализации строительства. Необходимые средства нашлись в дорожном фонде Московской области, направленные из федерального бюджета, включая средства, собранные системой взимания платы с грузовиков (система «Платон»).

В связи с привлечением федерального финансирования потребовалось получение заключения о достоверности определения сметной стоимости строительства в ФАУ «Главгосэкспертиза России». Работу по актуализации сметной стоимости в соответствии с действующей сметной нормативной базой и защиту документации в государственной экспертизе выполнял ОАО «Институт Гипростроймост».

Важность объекта подтверждается тем, что ход рассмотрения сметной документации в госэкспертизе находился на контроле у заместителя министра Российской Федерации. Менее чем через три недели, 6 сентября 2016 года, было получено положительное заключение ФАУ «Главгосэкспертиза России», что позволило определить генерального подрядчика, открыть финансирование и начать строительство.

По результатам открытого конкурса была определена генеральная подрядная организация – ПАО Мостотрест, основным исполнителем работ выступил филиал ПАО «Мостотрест» – ДТФ «Мостоотряд-90», расположенный в г. Дмитров Московской области.

Для решения амбициозной задачи по строительству мостового перехода в директивный срок равный 25 месяцам (нормативный срок строительства составляет 33 месяца) был разработан четкий график строительства с учетом материально-технической базы мостостроительной организации. Первоочередными задачами было открытие максимального фронта работ в кратчайшие сроки, мобилизация производственных ресурсов, разработка рабочей документации на первоочередные работы.

Для обеспечения работ по эстакадным опорам потребовался вынос (переустройство) целого ряда крупных инженерных коммуникаций. Решение по шурфовке для определения фактического положения сетей помогло получить достоверные исходные данные, максимально качественно выполнить разработку рабочей документации. Большие производственные силы были брошены на сооружение самых трудоемких русловых опор (нормативный срок строительства до 12 месяцев), был обеспечен доступ к ним с рабочих мостов, также работы велись с плавсредств. Форсирование работ в части разработки рабочей документации

коснулось разделов по переустройству коммуникаций, фундаментов опор, соответствующих конструкций специальных вспомогательных сооружений и устройств, основных металлоконструкций пролетных строений – позволило в кратчайшие сроки размесить заказ на изготовление на трех крупных заводах.

Отдельного внимания заслуживает ряд принятых решений по монтажу руслового пролетного строения, его отличает большая металлоемкость и сложность конструкции, включающей подпружную пространственную систему. Монтаж был запараллелен с двух берегов с применением временных опор в русле реки. Сократить сроки всего монтажа помогло решение по укрупнению замыкающих центральных блоков пролетного строения, которые собирались на баржах у берега. После полного сооружения консольных участков с двух берегов, в течении двух краткосрочных окон, прерывающих интенсивное судоходство, замыкающие блоки были поданы на баржах и подняты двумя кранами, расположенными на консолях.

По факту участникам строительства удалось запустить рабочее движение по мостовому переходу уже в декабре 2018 г. через 24 месяца после начала строительства (рис. 19).

Рисунок 19. Открытие движения (разработано автором)

Построенный мост решил проблему разобщенности территорий крупнейшего наукограда России, исполнил мечту дубнинцев и стал украшением и визитной карточкой Дубны и всего Подмосковья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сильянов, В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В.В. Сильянов – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
2. Якимов, М.Р. Транспортное планирование: практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision® VISUM / М.Р. Якимов, Ю.А. Попов – М.: Логос, 2014 г. – 188 с.
3. Ухов, С.Б. Механика грунтов, основания и фундаменты / С.Б. Ухов, В.В. Семенов, В.В. Знаменский – М.: Высшая школа, 4-е изд., 2007. – 566 с.
4. Хоменко, В.П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов / В.П. Хоменко – М.: ГЕОС, 2003. – 216 с.
5. Хоменко, В.П. Карстово-обвальные провалы «простого» типа: полевые исследования / В.П. Хоменко – М.: Инженерная геология, 2009, № 4. – с. 40–48.
6. Лившиц, Я.Д. Примеры расчета железобетонных мостов / Я.Д. Лившиц, М.М. Онищенко, А.А. Шкуратовский – М.: Высш. шк., 1986. – 263 с.
7. Залесов, А.С. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям / А.С. Залесов – М.: Стройиздат, 1988. – 320 с.
8. Казакевич, М.И. Аэродинамика инженерных сооружений / М.И. Казакевич – М.: Ин-т Гипростроймост, 2014. – 168 с.
9. Казакевич, М.И. Ветровая безопасность конструкций. Теория и практика / М.И. Казакевич – М.: Август Борг, 2015. – 287 с.
10. Бобриков, А.В. Контроль качества на строительстве мостов. Пособие для инженерно-технических работников мостостроительных организаций / А.В. Бобриков, А.В. Батулин, С.Н. Юсупов – М.: Недра, 2018. – 416 с.
11. Быкадоров, В.А. Техническое регулирование и обеспечение безопасности: учебное пособие / В.А. Быкадоров, Ф.П. Васильев, В.А. Казюлин; под ред. Ф.П. Васильева. – М.: Юнити-Дана: Закон и право, 2015. – 639 с.
12. Mark, T.H. Network interoperability, process digitalization [Электронный ресурс] / Т.Н. Mark – URL: <https://www.controleng.com/articles/network-interoperability-process-digitalization/> (дата обращения 01.04.2019).
13. Tony, L. Understanding fiber-optic network technology for SCADA [Электронный ресурс] / L. Tony – URL: www.controleng.com/articles/understanding-fiber-optic-network-technology-for-scada/ (дата обращения 01.04.2019).
14. Bloomberg, J. Digitization, digitalization, and digital transformation: confuse them at your peril [Электронный ресурс] / J. Bloomberg – URL: <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/04/29/digitization-digitalization-and-digital-transformation-confuse-them-at-your-peril/#4455082d2f2c> (дата обращения 01.04.2019).

Kapikyan Artur Ambartsumovich

“Institut Giprostroymost” JSC, Moscow, Russia
E-mail: kapikyan@giprosrn.ru

Voytseshchuk Natalya Andreevna

“Institut Giprostroymost” JSC, Moscow, Russia
E-mail: voytseshchuk@giprosrn.ru

Construction of a bridge crossing over the Volga in Dubna, Moscow Region

Abstract. The article describes the construction of a unique bridge crossing in Dubna, Moscow Region. Design work started at the beginning of the 2000s. Several options were suggested, clients and design companies changed several times. In 2016, the construction of the bridge crossing over the Volga started. “Institute Giprostroymost” JSC was chosen as a general designer. A range of engineering surveying was carried out and work paper was worked out by the company.

The location of the city on the banks of the Volga determined a sustained transport problem. The shortest crossing of the right and left banks was provided by Ivankovskaya hydropower plant. Actual traffic capacity of the crossing was not enough, and this led to regular traffic congestion. The nearest bridge was situated at the distance of 30 km, in the town of Kimry in the Tverskaya Region. The transport infrastructure situation hampered the development of the “Dubna” special economic zone of technology and innovation type which includes an innovation territorial cluster of nuclear-physical and nanotechnologies as well as the city of Dubna itself. Transport accessibility to the Federal Data Processing Centre of the Federal Tax Service of Russia was also limited.

The bridge crossing has 4 lanes and consists of motor road approaches and a highway bridge.

Shipping length of the bridge with approaches is 1939,93 m.

Shipping length together with the length of the ramps is 2997,99 m.

Total length of the bridge crossing accounts for 1 166,25 m.

Central navigation span is 168,0 m.

The construction of the bridge crossing was carried out within the minimum time limit. 24 months after the erection of the bridge started, in November 2018, the bridge was put into operation.

Keywords: unique bridge; Dubna; bridge construction; special economic zone; beam bridge; orthotropic deck; karst hazard

REFERENCES

1. Sil'yanov V.V. (1977). *Teoriya transportnykh potokov v proektirovanii dorog i organizatsii dvizheniya. [The theory of traffic flows in road design and traffic management.]* Moscow: Transport, p. 303.
2. Yakimov M.R., Popov Yu.A. (2014). *Transportnoe planirovanie: prakticheskie rekomendatsii po sozdaniyu transportnykh modeley gorodov v programnom komplekse PTV Vision® VISUM. [Transport planning: practical recommendations for creating urban transport models in the PTV Vision® VISUM software package.]* Moscow: Logo, p. 188.

3. Ukhov S.B., Semenov V.V., Znamenskiy V.V. (2007). *Mekhanika gruntov, osnovaniya i fundamenti. [Soil mechanics, foundations and foundations.]* Moscow: High school, p. 566.
4. Khomenko V.P. (2002). *Zakonomernosti i prognoz suffuzionnykh protsessov. [Patterns and prediction of suffusion processes.]* Moscow: GEOS, p. 216.
5. Khomenko V.P. (2009). *Karstovo-obval'nye provaly «prostogo» tipa: polevye issledovaniya. [“Simple” type karst-landslides: field studies.]* Moscow: Inzhenernaya geologiya, pp. 40–48.
6. Livshits Ya.D., Onishchenko M.M., Shkuratovskiy A.A. (1986). *Primery rascheta zhelezobetonnykh mostov. [Examples of calculation of reinforced concrete bridges.]* Moscow: High school, p. 263.
7. Zalesov A.S. (1988). *Raschet zhelezobetonnykh konstruktsiy po prochnosti, treshchinostoykosti i deformatsiyam. [Calculation of reinforced concrete structures for strength, crack resistance and deformation.]* Moscow: Stroyizdat, p. 320.
8. Kazakevich M.I. (2014). *Aehrodinamika inzhenernykh sooruzheniy. [Aerodynamics of engineering structures.]* Moscow: Institute Giprostroymost, p. 168.
9. Kazakevich M.I. (2015). *Vetrovaya bezopasnost' konstruktsiy. Teoriya i praktika. [Wind safety designs. Theory and practice.]* Moscow: August Borg, p. 287.
10. Bobrikov A.V., Baturin A.V., Yusupov S.N. (2018). *Kontrol' kachestva na stroitel'stve mostov. Posobie dlya inzhenerno-tehnicheskikh rabotnikov mostostroitel'nykh organizatsiy. [Quality control in the construction of bridges. Manual for engineering workers of bridge-building organizations.]* Moscow: Bosom, p. 416.
11. Bykadorov V.A., Vasil'ev F.P., Kazyulin V.A. (2015). *Tekhnicheskoe regulirovanie i obespechenie bezopasnosti: uchebnoe posobie. [Technical Regulation and Safety: A Training Manual.]* Moscow: Unity Dana: Law and Law, p. 639.
12. Controleng. (n.d.). *Mark T.H. Network interoperability, process digitalization.* [online] Available at: <https://www.controleng.com/articles/network-interoperability-process-digitalization/> [Accessed 01.04.2019].
13. Controleng. (n.d.). *Tony L. Understanding fiber-optic network technology for SCADA.* [online] Available at: www.controleng.com/articles/understanding-fiber-optic-network-technology-for-scada/ [Accessed 01.04.2019].
14. Forbes. (n.d.). *Bloomberg J. Digitization, digitalization, and digital transformation: confuse them at your peril.* [online] Available at: <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/04/29/digitization-digitalization-and-digital-transformation-confuse-them-at-your-peril/#4455082d2f2c> [Accessed 01.04.2019].