

## Монтаж руслового пролетного строения совмещенного моста через Оку в Нижнем Новгороде\*



**С. Е. Горбачев,**  
ОАО «Институт  
Гипростроймост»,  
Москва



**А. А. Тавровский,**  
ОАО «Институт  
Гипростроймост»,  
Москва



**А. В. Шевченко,**  
ОАО «Институт  
Гипростроймост»,  
Москва

В ноябре 2008 г. завершился монтаж руслового пролетного строения совмещенного метромоста через р. Оку в Нижнем Новгороде.

Общий вид моста на стадии монтажа пролетного строения показан на рис. 1.

Генеральный проектировщик русловой части мостового перехода – ОАО «Трансмост». Проект монтажа разработан ОАО «Институт Гипростроймост». Монтаж выполнен силами НТФ «Мостоотряд-1».

На протяжении длительного периода строительства (длительность была вызвана перебоями с финансированием) менялись конструктивные решения пролетного строения, а также технологии его сооружения.

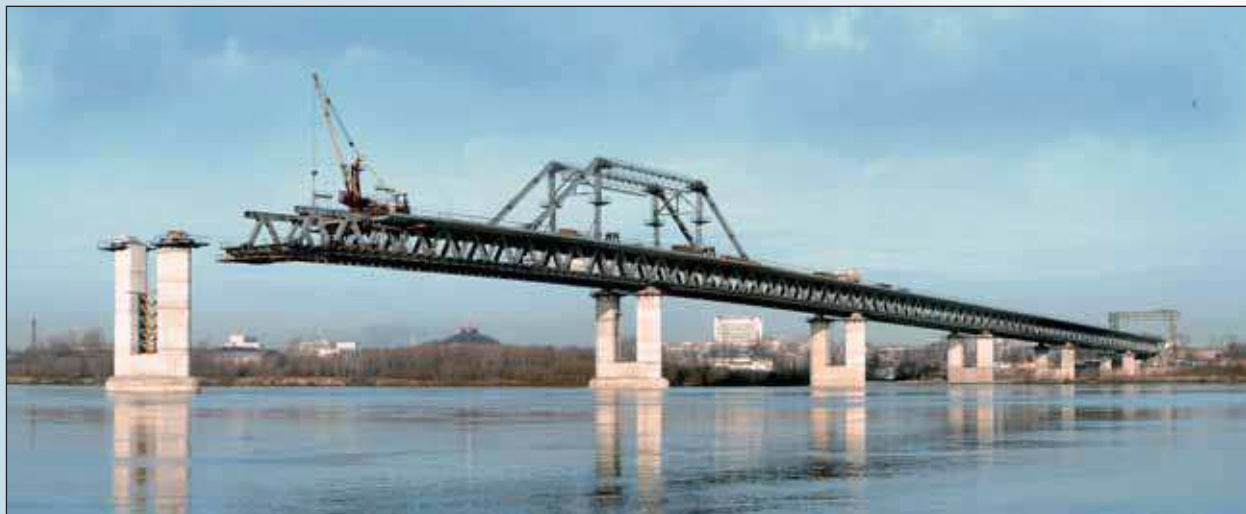
Первоначально предусматривалась конструкция коробчатого пролетного строения с автомобильным движением по верхней ортотропной плите и движением поездов метрополитена внутри сплошностенчатой коробки. Мон-

таж данного пролетного строения предполагалось производить методом продольной надвигки. Передача продольного усилия предусматривалась в опору № 6.

На этапе строительства конструктивное решение пролетного строения было пересмотрено в пользу решетчатой конструкции. В итоге русловое пролетное строение от опоры № 6 до опоры № 14 представляет собой неразрезную 8-пролетную ферму со схемой  $63,21 + 108,36 + 108,36 + 117,39 + 117,39 + 144,48 + 144,48 + 90,30$ . Длина панели фермы 9,03 м, высота фермы в осях поясов 6,9 м. Ортотропные плиты нижнего (два пути метропоезда) и верхнего (четыре полосы автопоезда) поясов включены в совместную работу сечения. Пролетное строение запроектировано под полунавесной монтаж с устройством вспомогательных опор в каждом пролете. Масса пролетного строения 12–16 т/п. м.

В данной статье речь пойдет об особенностях монтажа руслового пролетного строения.

Рис. 1. Метромост через Оку в Нижнем Новгороде



\*Статья впервые опубликована в ежегодном информационно-техническом журнале «Институт Гипростроймост», 2009 – № 2. – с.34–40

При постановке задачи монтажа данного пролетного строения ОАО «Институт Гипростроймост» исходило из того, что разрабатываемая технология и все вспомогательные устройства и приспособления должны обеспечивать возможность выполнения монтажа в больших судоводных пролетах ( $L_p=144,48$ ) без использования вспомогательных опор. Такая задача не в полной мере соответствовала первоначальным конструктивным решениям пролетного строения, однако в процессе разработки технологии монтажа в тесном творческом взаимодействии с ОАО «Трансмост», ОАО «Мостотрест» и НТФ «Мостоотряд № 1» все вопросы были решены.

Монтаж пролетного строения начался с пролета 6–7, расположенного на левом берегу р. Оки. Монтаж начального участка на сплошных подмостях обслуживался козловым краном К-651 (рис. 7). Этот же кран осуществлял погрузку укрупненных элементов пролетного строения на самоходную платформу для подачи по плите метропроезда укрупненных металлоконструкций под монтаж.

Навесной монтаж обслуживался монтажным деррик-краном (за-

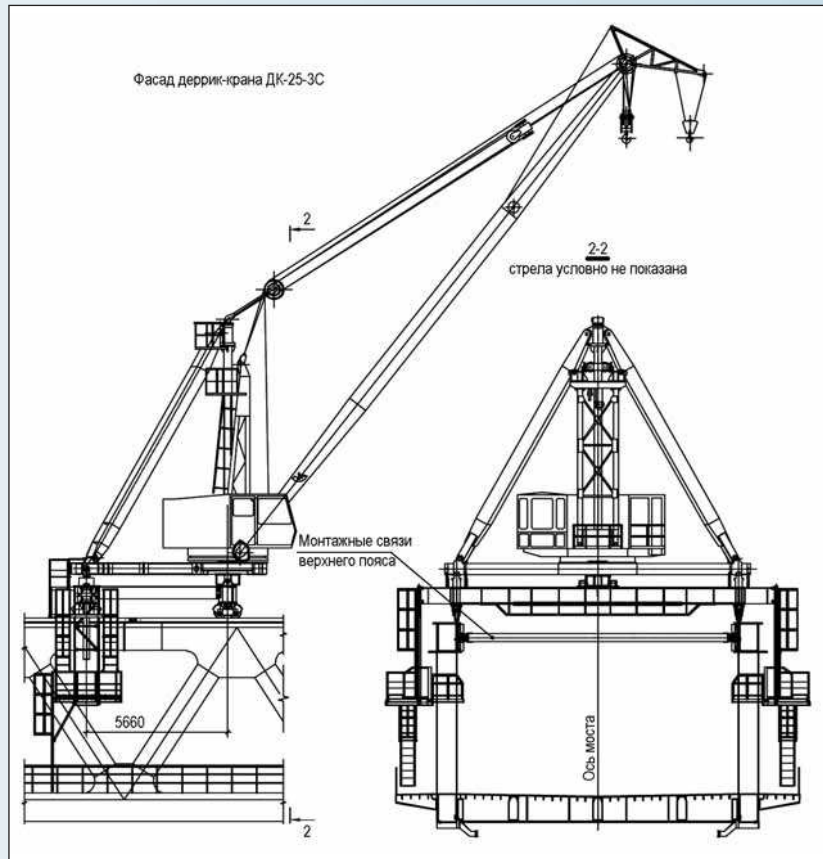


Рис. 2. Монтажный кран

проектирован нашей организацией в 1980 г.), установленным на верхнем поясе главных ферм на специальной подставке (рис. 2). Конструкция подставки предусма-

тривала возможность регулирования положения рамы по высоте для того, чтобы компенсировать продольный уклон монтируемого пролетного строения, возникаю-

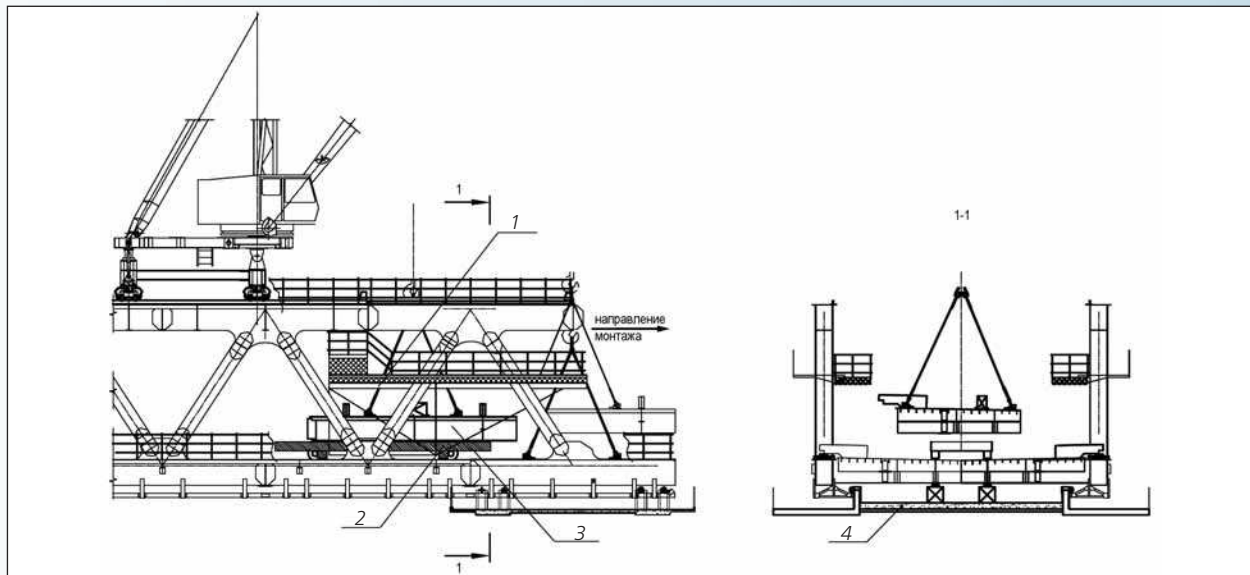


Рис. 3. Монтаж панели. Монтаж плит метропроезда: 1 – подмости верхнего пояса; 2 – самоходная платформа; 3 – укрупненный элемент пролетного строения; 4 – подмости передвижные

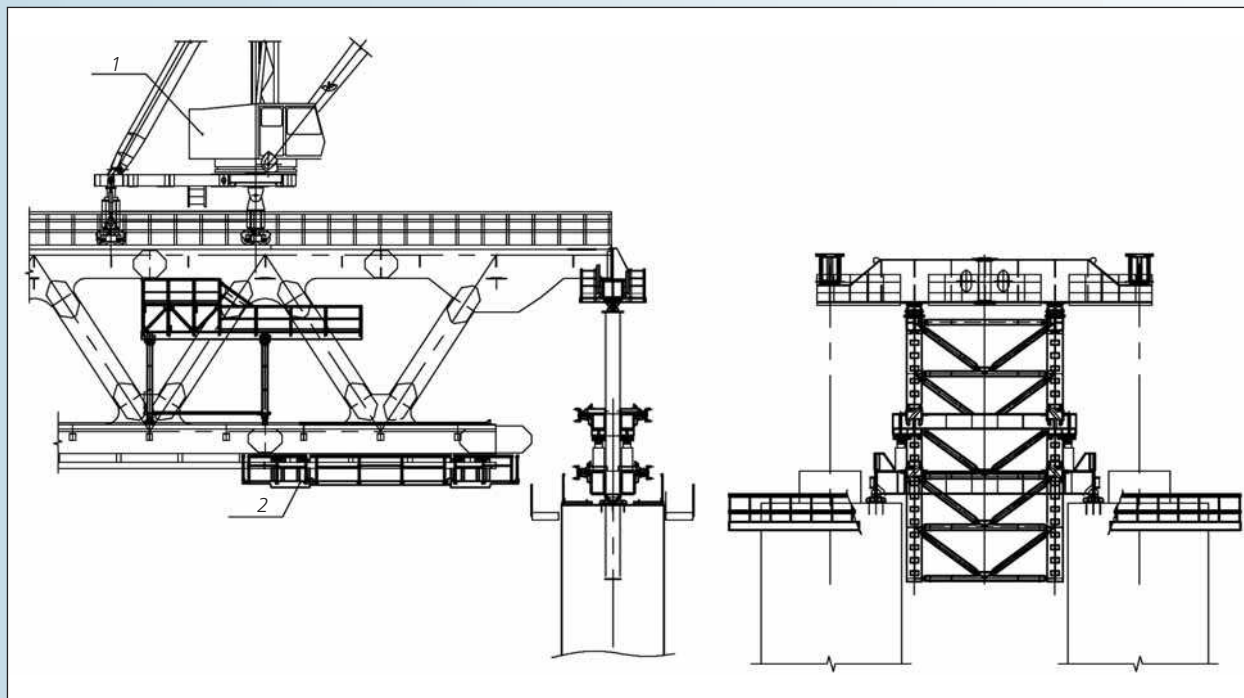


Рис. 4. Установка для выборки прогиба консоли. Положение после выборки прогиба: 1 – монтажный кран ДК-25-3С; 2 – передвижные подмости плиты метропроезда

щий на конце консоли вследствие упругого прогиба, и привести кран в рабочее положение, когда он находится на конце большой консоли (144,48 м). Анкеровка крана предусмотрена в двух исполнениях: тяжами за поперечные балки плиты автопроезда (на участках монтажа полным сечением) и захватами за верхний пояс (на участках монтажа неполным сечением).

Навесной монтаж рядовой панели осуществлялся в следующей последовательности: нижние пояса, раскосы и верхние пояса (при монтаже там, где это было возможно по условиям грузоподъемности крана, мостоотряд укрупнял раскосы и верхний пояс в один монтажный элемент). Затем монтировались нижние ортотропные плиты метропроезда и верхние плиты автопроезда (средние и консольные). Нижние плиты метропроезда (четыре плиты в поперечнике) подавались на монтаж двойками (укрупненными в поперечном сечении по две штуки). Укрупненные блоки плит опирались на передвижные подмости нижнего пояса. С этих же

подмостей производились оформление стыков и сварка (рис. 3).

Платформа передвижных подмостей передвигалась по специальным вспомогательным путям нижнего пояса, которые после окончания монтажа было решено оставить в эксплуатации для перемещения смотрового агрегата.

Верхние плиты также подавались на монтаж двойками. Плиты опирались на передвижные подмости верхнего пояса. Подмости располагались на плите метропроезда и предусматривали проем для пропуска самоходной платформы с укрупненными элементами пролетного строения.

При навесном монтаже в концевых панелях консоли не устанавливались верхние плиты, вместо которых монтировались временные связи. В местах обрыва плит устанавливались «косынки» во избежание создания концентраторов напряжений. Связи заменялись плитами после достижения консолю капитальной опоры. Деррик-кран возвращался назад и попанельно производил замену связей на плиты. Приварка

плит к поясам фермы осуществлялась после разгрузки пояса панели от продольных усилий. Разгрузка выполнялась путем подъема-опускания консоли пролетного строения на установке выборки прогиба.

Установка для выборки прогиба консоли (рис. 4) грузоподъемностью 1400 тс с высотой подъема до 6 м конструктивно представляла собой по фасаду моста шарнирную стойку, неподвижно закрепленную на капитальной опоре и к верхнему поясу надпорной панели пролетного строения. Устройство обеспечивало полный выбор упругого прогиба, а также возможность регулировки усилий в элементах пролетного строения, для достижения нулевых продольных сил в верхних поясах при приварке к ним ортотропных плит. Элементы устройства монтировались и демонтировались деррик-краном с консоли пролетного строения.

Упругий прогиб консоли в больших пролетах достигал такой величины, что нижний пояс пролетного строения оказывался ниже верха капитальной опоры. Поэтому вы-

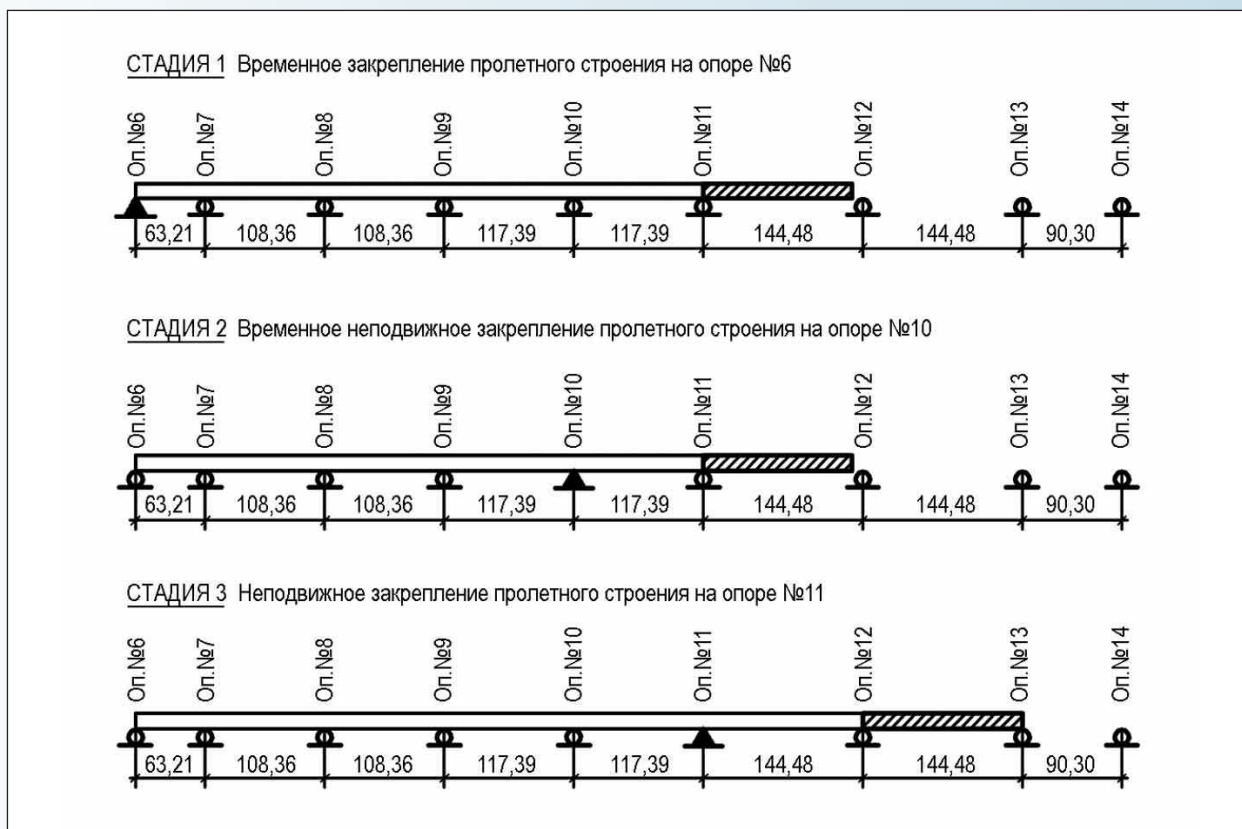


Рис. 5. Схема неподвижного закрепления

бор прогиба производился за верхний пояс, а последовательность монтажа элементов надопорной панели отличалась от последовательности монтажа рядовой панели. После выборки упругого прогиба пролетное строение опиралось верхним поясом на стойку установки выборки прогиба. В этом положении деррик-краном, который уже смонтировал ранее неустановленные плиты верхнего пояса, монтировались нижние надопорные

пояса и опорные раскосы пролетного строения. Затем пролетное строение опускалось на заранее установленные опорные части, производился демонтаж элементов установки выборки прогиба и затем монтировались нижние и верхние плиты.

Неподвижное закрепление фермы пролетного строения на стадии эксплуатации расположено на опоре № 11. Монтаж велся с опиранием на капитальные опорные части, па-

раметры которых назначались с учетом условий монтажа. В начале монтажа закрепление было на опоре № 6 (рис. 5), затем, когда расчетные температурные перемещения на дальних от этого места опорах стали такими, что опорный узел мог оказаться вне опоры, неподвижное закрепление было перенесено на опору № 10. После достижения пролетным строением опоры № 13 неподвижное закрепление было организовано на опоре № 11, при этом

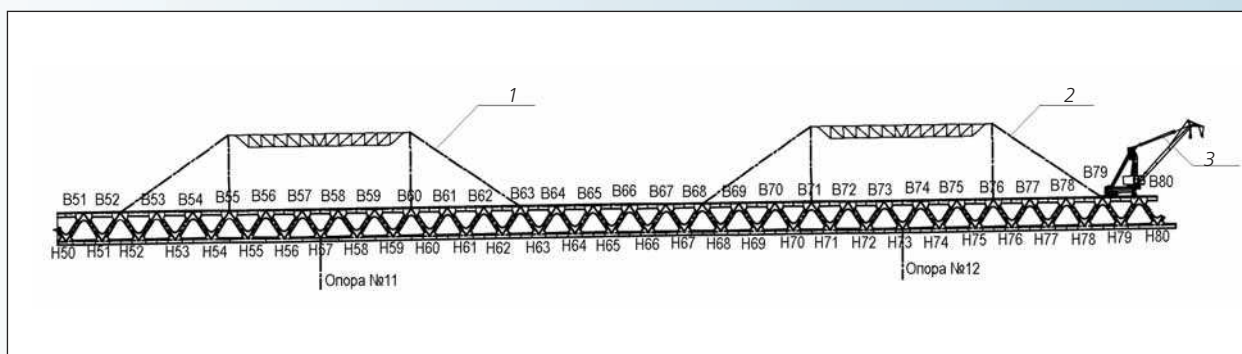


Рис. 6. Схема установки шпренгеля: 1 – шпренгель переставной (положение 1); 2 – шпренгель переставной (положение 2); 3 – кран ДК-25-3С

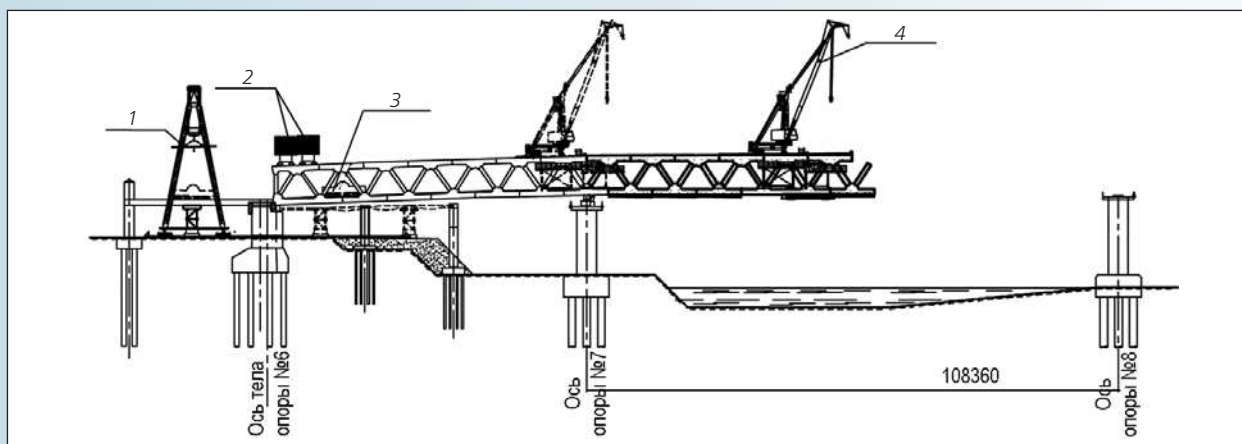


Рис. 7. Схема монтажа в пролете 7–8: 1 – кран К-651; 2 – пригруз; 3 – тележка для подачи металлоконструкций; 4 – кран ДК-25-3С

были выполнены операции по точной установке опорного узла пролетного строения на ось опоры. Перемещение пролетного строения в точное проектное положение было выполнено за счет суточных перепадов температуры и соответствующих им удлинений-укорочений пролетного строения. Временное закрепление конструкций выполнялось на специально сконструированных опорных частях и на предназначенном для этого вспомогательном устройстве на опоре № 6. На опорах № 10 и 11 были применены опорные части, конструкция которых предусматривала использование их на стадии монтажа как неподвижные (опора № 10) с последующей трансформацией в подвижные и как подвижные (опора № 11) с последующей трансформацией в неподвижные.

В процессе монтажа в первом большом пролете 11–12 ( $L_p=144,48$ ) на опоре № 10, на которой в этот момент располагалось неподвижное закрепление монтируемой конструкции, возникало отрывающее усилие, которое пришлось компенсировать устройством пригруза на верхней плите.

После проведения поверочных расчетов также пришлось производить местное монтажное усиление стенок балок метропроезда в надпорных участках, устойчивость которых на стадии монтажа без усиления не была обеспечена.

Работа наиболее напряженных на стадии монтажа элементов конструкции, имеющих местные ослабления и перфорацию, исследовалась в расчетных программах LUSAS и NASTRAN.

На участке между опорами 11–12 и 12–13 ( $L_p=144,48$ ) монтаж велся внавес полным сечением. Недостаточная несущая способность корневых сечений консоли компенсировалась устройством переставного сборно-разборного шпренгеля (рис. 6). Нашим институтом была разработана конструкция шпренгеля, технология его включения в работу, а также ППР на монтаж-демонтаж элементов шпренгеля кранами с верхней плиты пролетного строения. Необходимые изменения в конструкции пролетного строения в узлах крепления шпренгеля были выполнены ОАО «Трансмост».

В действительности разработанные технологические приемы и оснастка позволили гибко подходить к осуществлению монтажа и варьировать процесс в зависимости от финансирования строительства и условий производства работ в каждый момент времени.

Работы по монтажу пролетного строения начались значительно позднее этапа сооружения опор. Для сооружения опор использовались насыпные островки, которые стесняли русло. В результате длительного стеснения русла этими

островками произошли размывы дна реки, причем в месте размещения вспомогательной опоры в пролете 7–8 (Гребневский канал) увеличение глубины оказалось наиболее существенным, что значительно усложняло ее конструкцию и приводило к удорожанию работ.

После начала монтажа пролетного строения в пролете 6–7 подрядчиком был поставлен вопрос о разработке технологии чисто навесного монтажа (без вспомогательных опор) в последующих пролетах.

Принятый на этом этапе строительства проект навесного монтажа предусматривал:

- монтаж пролетного строения в пролете 6–7 на сплошных подмостях краном К-651;

- монтаж пролетного строения в пролете 7–8 ( $L_p=108,36$ ), с устройством пригруза на пролете 6–7 ( $L_p=63,21$ ) массой 1300 т, внавес неполным сечением (без ортотропных плит верхнего пояса в семи концевых панелях консоли) с установкой недостающих ортотропных плит после опирания консоли на капитальную опору № 8 (рис. 7);

- монтаж внавес каждого последующего пролета неполным сечением (без ортотропных плит верхнего пояса в семи концевых панелях консоли) с монтажом недостающих ортотропных плит после опирания консоли на капитальную опору.



Рис. 8. Монтаж шпренгеля над опорой № 11

Монтаж (сварка) ортотропных плит в семи концевых панелях верхнего пояса консоли выполнялся попанельно после разгрузки панели от осевых усилий растяжения за счет поддомкрачивания конца консоли установкой для выборки прогиба. Уровень напряжений инструментально контролировался привлеченной специализированной организацией.

В соответствии с описанной технологией были смонтированы участки пролетного строения в пролетах 6–7 и 7–8.

Для монтажа пролетного строения в пролетах 8–9, 9–10 и 10–11 использовались вспомогательные опоры, располагавшиеся на острове Гребневские пески. Пролетное строение монтировалось полным сечением. Монтаж на этом участке был произведен в межпаводковый период, что позволило уберечь вспомогательные опоры от воздействия ледовых нагрузок.

На участке судоходных пролетов между опорами 11–12 и 12–13 ( $L_p=144,48$ ) монтаж велся

внавес полным сечением с использованием переставного сборно-разборного шпренгеля. На рис. 8 показан монтаж шпренгеля над опорой № 11.

Сооружение пролета 13–14 велось на сплошных подмостях параллельно с сооружением пролетов 11–12 и 12–13. Монтаж велся краном, установленным на поверхности насыпного полуострова в пролете 13–14. Замыкание основной плиты и участка 13–14 было произведено в панели, расположенной в 1/3 пролета 13–14. Участок пролетного строения в пролете 13–14 при этом находился в приподнятом положении над опорой 14 для того, чтобы после замыкания и опускания на опорные части внутренние усилия в пролетном строении были отрегулированы в соответствии с неразрезной схемой (рис. 9).

В ОАО «Институт Гипростроймост» была разработана вся основная документация ППР для монтажа пролетного строения по всем использованным технологиям, а также рабочая документация на все изготовленные для строительства СВСиУ:

- пригруз массой 1300 т;
- закрепление на опоре № 6;

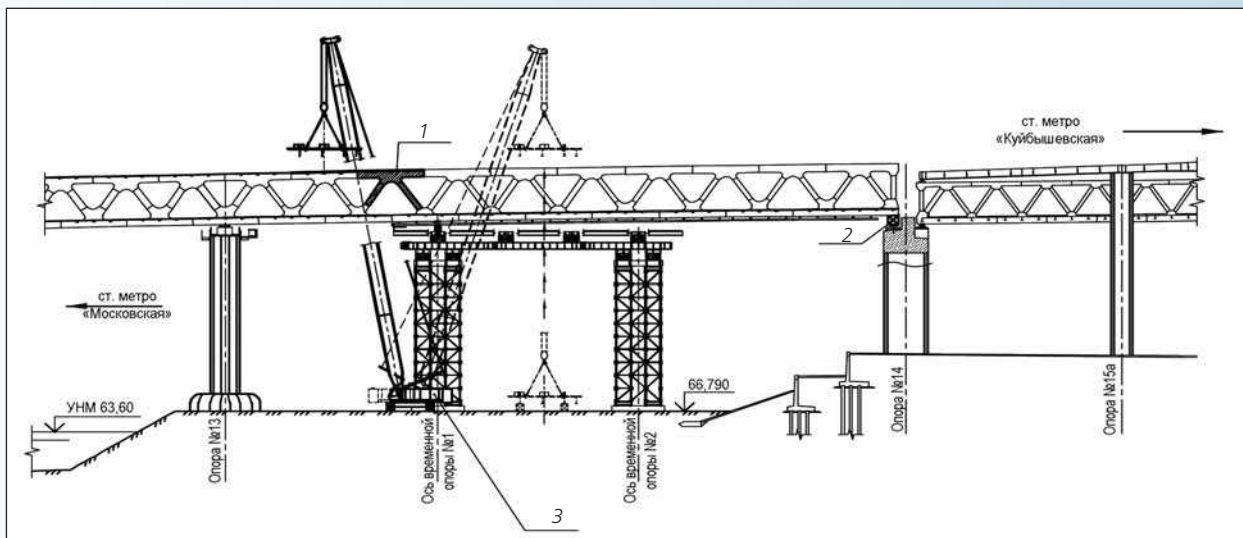


Рис. 9. Монтаж пролетного строения в пролете 13–14. Замыкание плиты 13–14 с основным участком: 1 – замковый блок; 2 – устройства регулирования; 3 – кран Liebherr LR 1130 (длина стрелы 56 м; противовес 50,9 т; центральный противовес 20 т; 2-широкая колея; крюк 40 т; оголовок 2017-1; 3-кратная запасовка каната)

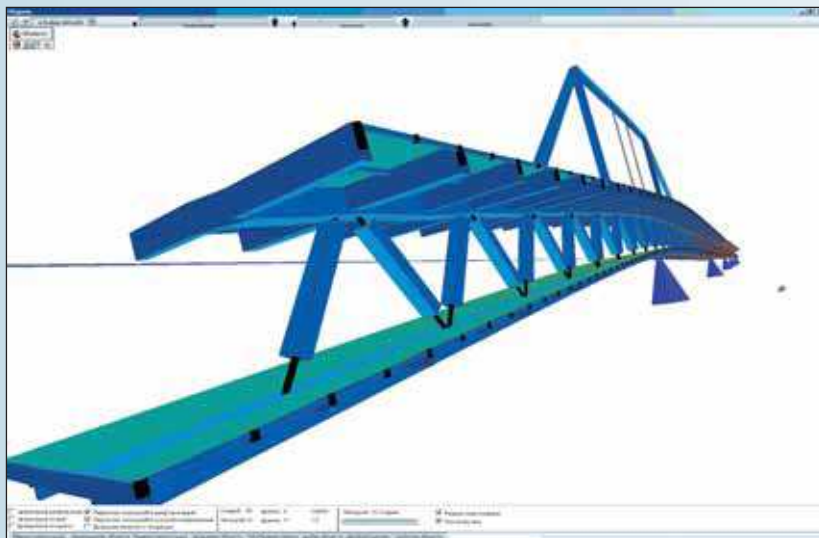


Рис. 10. Трехмерная модель

- установка на верхнем поясе главных ферм монтажного деррик-крана ДК-25-3С на подставке;
- самоходная платформа грузоподъемностью 25 тс для подачи по плите метропроезда укрупненных металлоконструкций под монтаж;
- передвижные сборочные подмости с путями под нижними поясами главных ферм;
- временные связи верхнего пояса на участках монтажа неполным сечением;
- вспомогательные опоры в пролетах 8–9; 9–10; 10–11 и 13–14;
- шпренгель;



Благодарственное письмо правительства Нижегородской области

- передвижные сборочные подмости на плитах метропроезда;
- установка для выборки прогиба консоли грузоподъемностью 1400 тс с высотой подъема до 6 м.

При строительстве были использованы шесть изобретений и полезных моделей, патентообладателем которых является ОАО «Институт Гипростроймост».

На торжественном празднике окончания монтажа (постановка «золотого болта») губернатор области В. П. Шанцев тепло поздравил строителей и проектировщиков с достигнутым успехом. Коллективу открытого акционерного общества по проектированию строительства мостов «Институт Гипростроймост» было вручено «Благодарственное письмо правительства Нижегородской области».

### Расчет руслового пролетного строения совмещенного моста на стадии монтажа

Для расчета поэтапного монтажа была использована программа, разработанная в ОАО «Институт Гипростроймост».

Для расчета была принята пространственная схема (рис. 10). Для описания схемы было использовано несколько типов элементов: изгибные стержни, шарнирные стержни, пластины. В общей

сложности для описания модели использовалось более 11 тыс. элементов. Жесткость узлов фермы была учтена использованием жестких вставок. В связи с большим количеством элементов была описана половина моста, а по оси симметрии установлено закрепление, моделирующее вторую половину. Нагрузка от собственного веса была принята для элементов в зависимости от площади их поперечного сечения. Для учета собственного веса элементов конструкции, таких как ребра, диафрагмы, фасонки, болты и т. п., не учтенных в площади сечения основных элементов, были подобраны коэффициенты к площади. Для моделирования монтажных нагрузок использовались узловые силы.

Для упрощения контроля ввода исходных данных был создан шаблон ввода данных с чертежей КМ (КМД). Геометрические характеристики элементов задавались вводом ширины и толщины металлических листов для стенок и поясов коробок и двутавров, листа настила и ребер ортотропной плиты. Положение монтажных нагрузок задавалось вводом узла фермы и сутками появления (исчезновения) в этом узле монтажной нагрузки.

Результаты расчета выводились в табличной и в графической форме.

По полученным в результате расчета перемещениям и проводимым в натуре геодезическим съемкам проводился контроль правильности сборки конструкции. Сравнение замеров фактических деформаций и теоретических данных показало минимальные расхождения, что подтвердило правильность выбранной расчетной схемы.

История строительства этого объекта еще не завершена: продолжается сооружение эстакад на подходах к мосту, идет проходка тоннелей метрополитена, возводится станция метро на правом берегу, прокладываются автомобильные подъездные дороги. ■