

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/08SATS319.pdf>

DOI: 10.15862/08SATS319 (<http://dx.doi.org/10.15862/08SATS319>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Горбачев С.Е., Пономарев А.В. Технология сборки и перевозки на плаву арочных пролетных строений моста через Волгу в Нижнем Новгороде // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №3, <https://t-s.today/PDF/08SATS319.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/08SATS319

For citation:

Gorbachev S.E., Ponomarev A.V. (2019). Technology of Assembly and transportation afloat arch spans bridge over the Volga in Nizhny Novgorod. *Russian journal of transport engineering*, [online] 3(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/08SATS319.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/08SATS319

УДК 624.21/.8

ГРНТИ 67.11.35

Горбачев Сергей Евгеньевич

ОАО «Институт Гипростроймост», Москва, Россия

Вице-президент

E-mail: Gorbachev.se@giprosrm.ru

Пonomarev Андрей Владимирович

ОАО «Институт Гипростроймост», Москва, Россия

Главный инженер проектов

E-mail: ponomarev@giprosrm.ru

Технология сборки и перевозки на плаву арочных пролетных строений моста через Волгу в Нижнем Новгороде

Аннотация. В статье рассмотрены некоторые интересные инженерные решения, реализованные в процессе выполнения работ по монтажу арочных пролетных строений русловой части мостового перехода через р. Волга в г. Нижнем Новгороде, обусловленные конструктивными особенностями арочных пролетных строений и местными условиями: технология сборки арок на береговом стапеле; конструкция стапелей для сборки затяжки и арочных ферм арки; технология поперечной передвижки арок по пирсам на перекаточных каретках; конструкция выкаточных пирсов, перекаточных кареток и толкающего устройства; технология погрузки и перевозки арок на плавучих опорах; конструкция плавучих опор, их обстройки, усиления применяемых барж; оснастка для позиционирования плавучих опор; монтажное усиление арочных пролетных строений временными стойками и подвесками; технология подъема и установки арок в проектное положение; применяемое оборудование и плавучие средства; способ погружения трубчатых свай пирсов и методика подтверждения их несущей способности; необходимые согласования с контролирующими организациями.

Инженерная новизна приведенных технических решений в способе монтажа арочных пролетных строений с гибкой затяжкой и вантовыми подвесками – конструкции, изначально не приспособленной к наплавному монтажу.

Автором приведены чертежи и фотографии наиболее характерных вспомогательных конструкций и технологических процессов, имевших место при возведении арочных пролетных строений моста.

Данный материал может послужить аналогом при проектировании и строительстве подобных внеклассных мостов через большие судоходные реки.

Ключевые слова: Борский мост; арочное пролетное строение с вантовыми подвесками; перевозка на плаву пролетных строений; плавучие опоры; сборочный стапель; пирсы; каретки; толкающее устройство

Введение

В 2017 году было завершено строительство мостового перехода через Волгу в Нижнем Новгороде, осуществляемое генеральным подрядчиком ПАО «Мостотрест» силами Нижегородской территориальной фирмы «Мостоотряд-1» по рабочей документации, разработанной ОАО «Институт Гипростроймост» [4; 10].

Архитектурной доминантой мостового перехода стали арочные пролетные строения, перекрывающие судоходные пролеты 15–16 и 16–17 (рисунок 1). Монтажу арочных пролетных строений в проектное положение, произведенному в сентябре (пролет 16–17) и в октябре (пролет 15–16) 2015 года, предшествовал целый комплекс подготовительных работ по их сборке, поперечной передвижке и перевозке на плаву, а также по устройству необходимых вспомогательных сооружений (сборочного стапеля, выкаточных пирсов, перекаточных кареток, плавучих опор, погрузочного «ковша»).

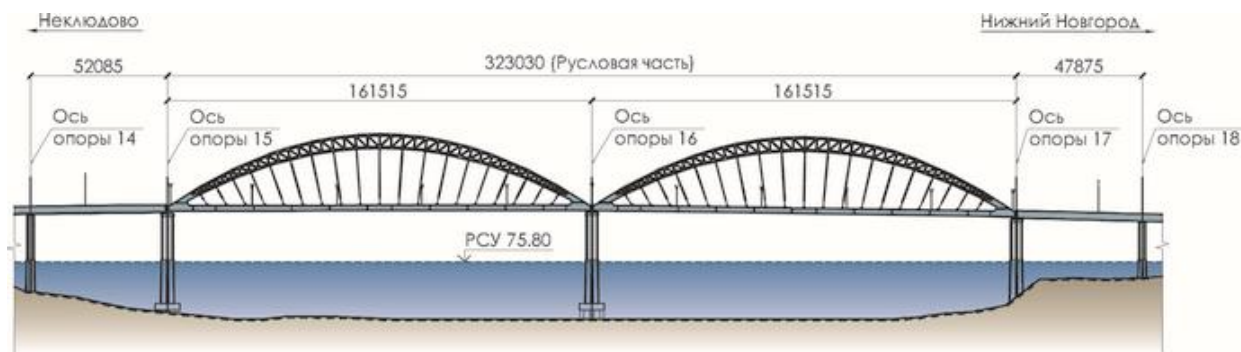


Рисунок 1. Общий вид моста (разработано автором)

Следует отметить некоторые интересные инженерные решения, разработанные ОАО «Институт Гипростроймост» в рабочей документации с учетом рекомендаций [1; 2; 8; 9] и реализованные НТФ «Мостоотряд-1» в процессе выполнения данных работ, обусловленные конструктивными особенностями арочных пролетных строений и местными условиями.

1. Проектирование производства работ

Одной из проблем, повлиявших на конструкцию вспомогательных сооружений и технологию их возведения, оказалось наличие большого количества техногенных инородных включений в грунте в зоне уреза правого берега (бревен, металлоконструкций и других), затрудняющих погружение стального шпунта и трубчатых свай на расчетную глубину.

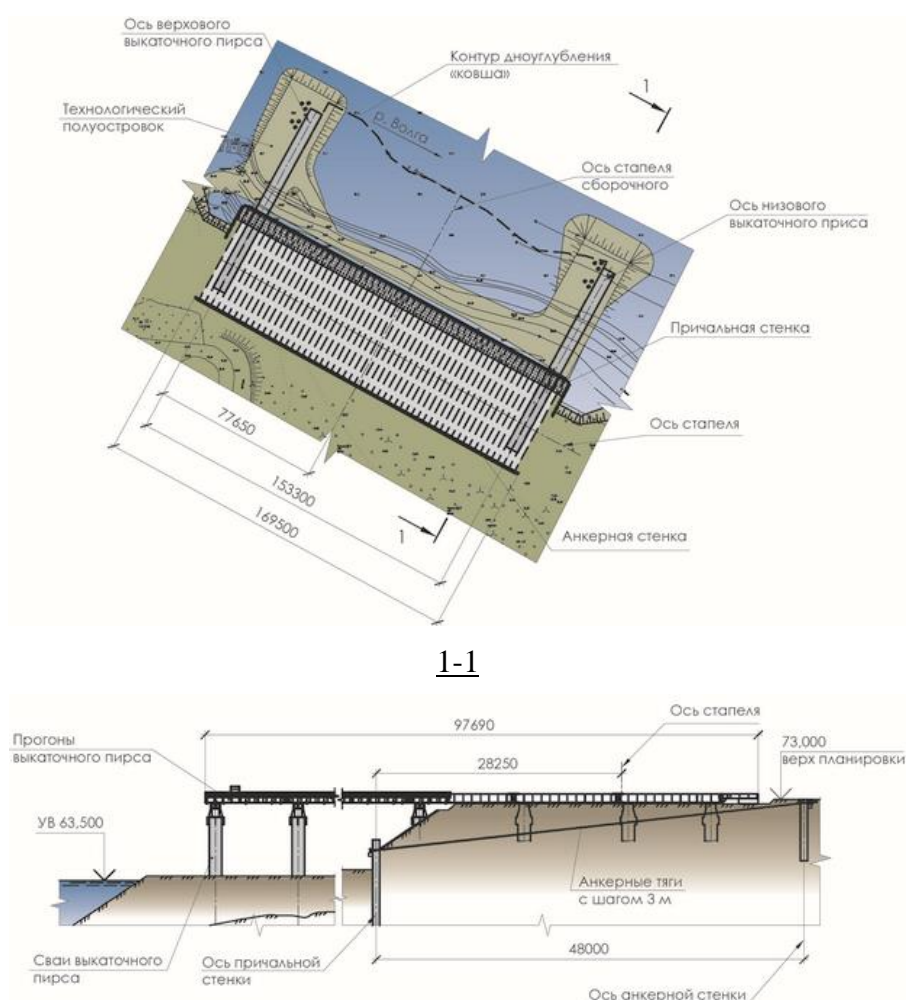


Рисунок 2. Выкаточные пирсы (разработано автором)

Например, для обеспечения устойчивости причальной стенки стапельной площадки потребовалось усиление стенки анкерными тягами, закрепленными к дополнительной анкерной шпунтовой стенке (рисунок 2), так как глубина погружения стального шпунта ПШС, необходимая для обеспечения несущей способности стенки в свободностоящей схеме, не могла быть достигнута в данных геологических условиях.

Аналогичный вопрос встал с погружением свай выкаточных пирсов (труб диаметром 1420 мм, длиной до 25 м). Вибропогружение в таких условиях не позволяло заглубить сваи до требуемой отметки. В качестве альтернативы был применен способ вдавливания свай обсадным столом бурового агрегата. Параллельно производилась выборка грунта грейфером (с сохранением ядра грунта в подошве сваи). На береговом участке пирсов работы производились непосредственно со стапельной площадки. На русловом участке ввиду малых глубин и низкого уровня воды были отсыпаны технологические полуостровки на период производства работ (рисунок 2).

Поскольку примененный способ погружения не позволял с достаточной точностью контролировать фактический отказ свай, для подтверждения их несущей способности были произведены выборочные статические испытания двух штук: одной береговой и одной русловой.

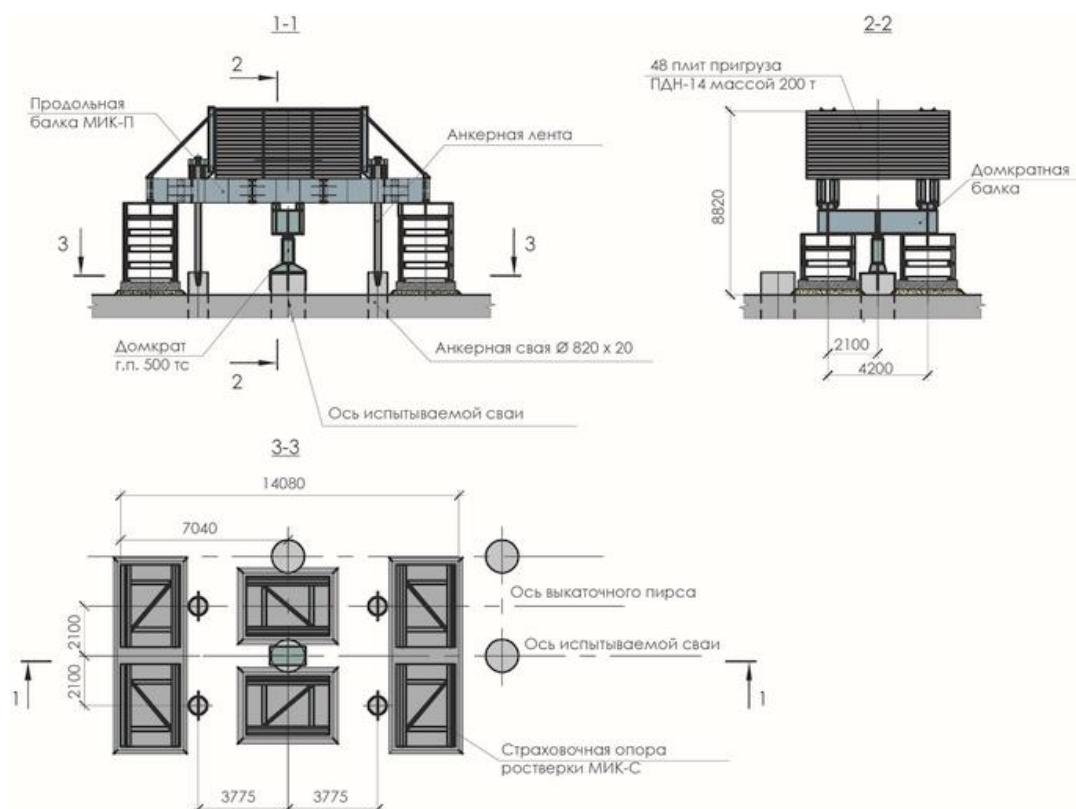


Рисунок 3. Стенд статических испытаний свай пирсов (разработано автором)

Испытания свай производились при помощи специального испытательного стенда (рисунок 3), который представлял собой балочную клетку, закрепленную за четыре анкерные сваи диаметром 820 мм и длиной 16 м, с пригрузом массой 200 т из дорожных плит. Работа по испытанию сваи вдавливающей возрастающей нагрузкой проводилась гидродомкратом грузоподъемностью 500 тс.

Подтвержденная испытаниями несущая способность при допустимых перемещениях составила 410 тс (при расчетной нагрузке от каретки 300 тс). Отсутствие заметных осадок опор пирсов на стадии эксплуатации подтвердило выводы статических испытаний свай вдавливающей нагрузкой.

Общая длина пирсов составила 91 м: береговой участок (до шпунтовой стенки) длиной 38,5 м и русловой участок длиной 52,5 м.

Расстояние между верховым и низовым пирсами составило 153,3 м (рисунок 2).

Каждый из пирсов был перекрыт двумя неразрезными пролетными строениями по схеме $9,5 + 6 \times 12 + 9,5$, раздвинутыми в поперечнике на расстояние 4,2 м (данная колея обеспечивала возможность передвижения по прогонам пирсов гусеничного крана для их монтажа пионерным способом). Каждое пролетное строение состояло из 3 ниток двутавровых балок № 100Б4, объединенных в поперечнике сварными диафрагмами.

Каждая из опор пирсов представляла собой в поперечнике две сваи из труб диаметром 1420×16 мм, объединенные ригелем из двух двутавровых балок № 100Б1. На ригеле, по осям прогонов, были установлены опорные пакеты с тангенциальными опорными частями, обеспечивающими шарнирное опирание, а также упоры, препятствующие продольному и поперечному угону прогонов и их отрыву.

Дноуглубление в «ковше» между пирсами производилось непосредственно накануне перевозки черпаковым плавучим земснарядом, а также плавкраном, оборудованным грейфером

(рисунок 4). Извлекаемый грунт и включения древесины грузились на баржу и вывозились на утилизацию. По окончании дноуглубительных работ было произведено подводное водолазное обследование и выполнена исполнительная съемка дна «ковша».



Рисунок 4. Дноуглубление ковша (разработано автором)

Последовательность сборки арок на стапеле была определена очередностью их перевозки и монтажа в русле: в первую очередь для пролета 16–17, во вторую очередь для пролета 15–16. Сборка каждого из арочных пролетных строений происходила в два этапа: монтаж поясов и плит затяжки, монтаж арочных ферм.

Сборочный стапель для сооружения затяжки арочных пролетных строений (рисунок 5) представлял собой вспомогательные опоры из элементов МИК-С, установленные на дорожные плиты ПАГ-14. Вспомогательные опоры устанавливали под каждый стык блоков и укрупненных элементов затяжки. Для производства работ по оформлению продольных и поперечных стыков блоков поясов и ортотропных плит затяжки устанавливали рабочие настилы из инвентарных подмостей (ИПРС).

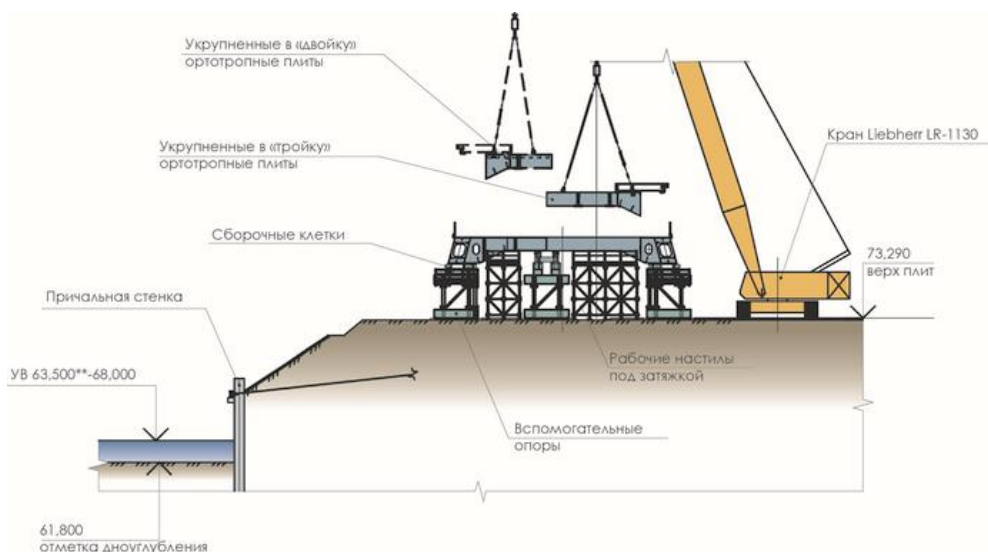


Рисунок 5. Сборочный стапель (разработано автором)

Сборка ортотропных плит затяжки в монтажные блоки производилась на стенде укрупнительной сборки. Ортотропные плиты укрупнялись в каждой панели в два блока: по две

плиты – в «двойку», по три плиты – в «тройку». Затем производилась установка укрупненных блоков плит на стапель: «тройки» – на ближнюю к крану сторону, «двойки» – на дальнюю.

Сборка арочных ферм также производилась укрупненными блоками с временным опиранием на вспомогательные опоры из элементов ИПРС, установленные на собранной затяжке. Для обеспечения проектного положения монтируемых блоков их укрупнение и строповка производились на специальном стенде, имитирующем проектный уклон плоскостей арочных ферм (рисунок 6).

Монтаж металлоконструкций арок выполнялся следующими стреловыми кранами: гусеничным краном Liebherr LR-1130 грузоподъемностью 130 т, гусеничным краном Hitachi КН 300-3 грузоподъемностью 63 т, гусеничным краном SENNEBOGEN 690HD грузоподъемностью 90 т, пневмоколесным краном Liebherr LR-1160-5,1 грузоподъемностью 130 т.

Арочное пролетное строение, выдвигаемое с оси сборки на ось погрузки, опиралось в четырех точках через опорные части на перекаточные каретки.

Перекаточная каретка (рисунок 7) состояла из двух кареток, которые скользили по выкаточному пирсу через карточки скольжения. На каретках были установлены опорные балки, объединенные ригелем через четыре резиновые опорные части (РОЧ). В конструкции перекаточных кареток были предусмотрены два гидродомкрата грузоподъемностью 500 тс для возможности поднятия (для раскруживания на стапеле и погрузки на плавучие опоры) пролетного строения на высоту до 1 160 мм с установкой дополнительных опорных и домкратных клеток. Перекаточная каретка была оборудована системой направляющих и фиксирующих упоров, ограничивающих перемещения во время передвижки и подъема пролетного строения.

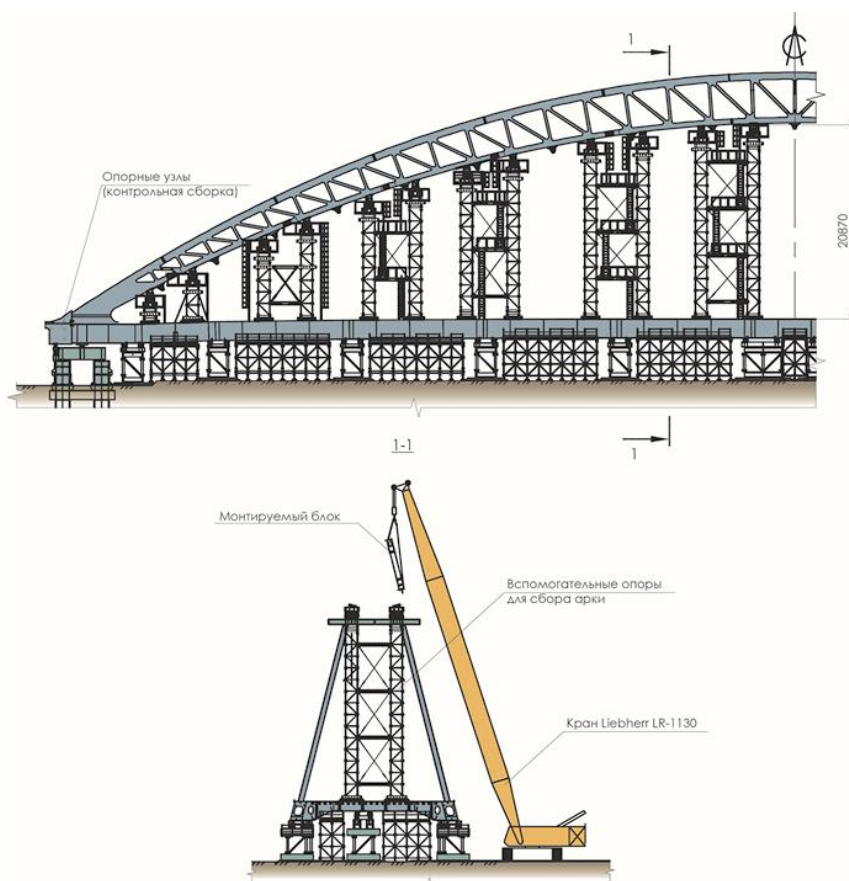


Рисунок 6. Оборудование для сборки арочных ферм (разработано автором)

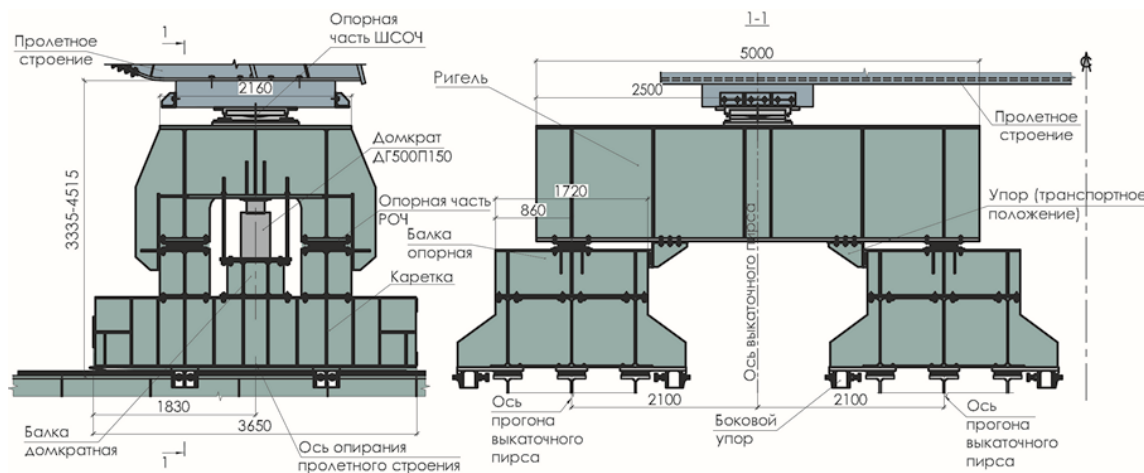


Рисунок 7. Перекаточная каретка (разработано автором)

Перекаточная каретка с полированным листом перемещалась по накаточному пути. Накаточный путь представлял собой набор фанерных прокладок толщиной 60 мм с перфорацией для обхода болтов стыков выкаточного пирса. Фанерные прокладки были закреплены на выкаточном пирсе через металлические штыри. На фанерные прокладки устанавливались карточки скольжения РТФЕ скользящей поверхностью вверх.

Пролетное строение перемещалось по выкаточным пирсам на расстояние 62,75 м толкающими устройствами, расположенными по одному на верховом и низовом выкаточных пирсах. Синхронная работа обоих толкающих устройств обеспечивалась сплошной разметкой выкаточных пирсов (линейка) и постоянной связью между руководителями работ во время надвижки.

Каждое толкающее устройство состояло из гидроцилиндра грузоподъемностью 185 тс, упирающегося в прогоны выкаточного пирса через упоры, систему распределительных и упорных балок (рисунок 8). Перекаточные каретки объединялись связями между собой для исключения передачи нагрузки во время надвижки на опорные части перекаточных кареток. Для минимизации работ по перестановке упора в толкающем устройстве были предусмотрены наборные пакеты съемных распределительных балок.

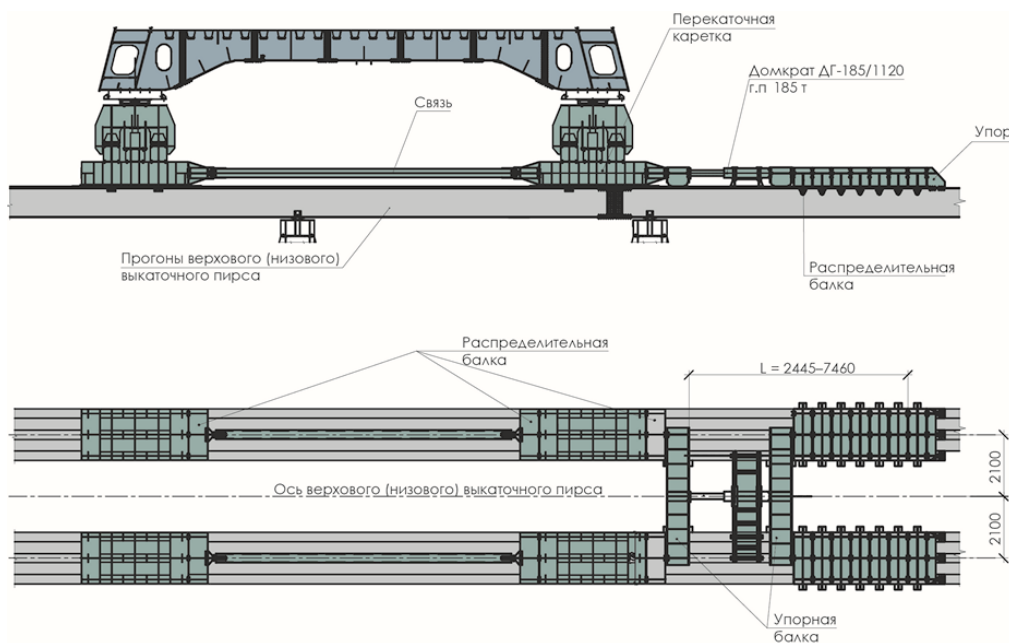


Рисунок 8. Толкающее устройство (разработано автором)

Для восприятия опорных реакций на стадии перевозки на арочных пролетных строениях были смонтированы транспортные стойки, представляющие собой коробчатые балки из индивидуального металла, устанавливаемые на тумбы и объединенные шарниром с возможностью поворота вокруг его оси (для удобства монтажа-демонтажа).

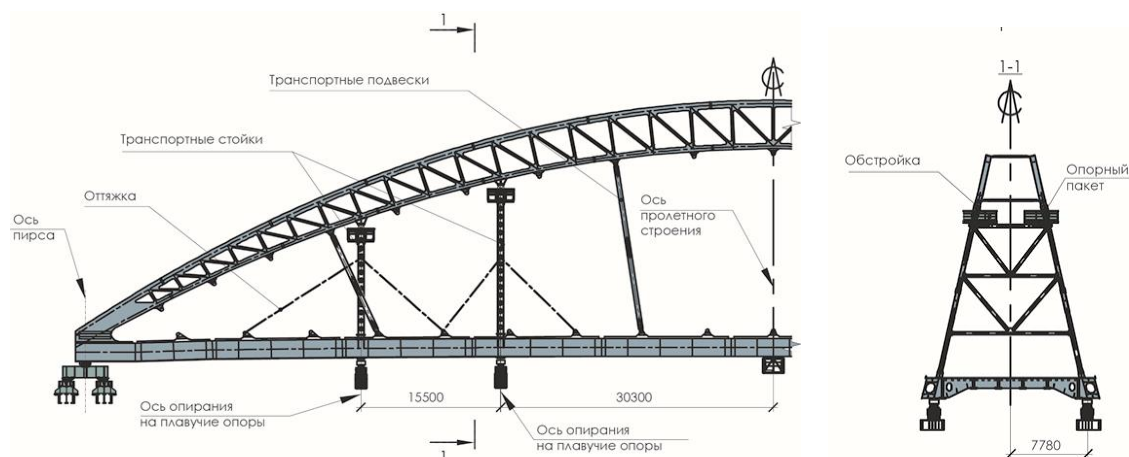


Рисунок 9. Транспортные стойки и подвески (разработано автором)

В поперечном направлении они устанавливались по осям арки и объединялись между собой связями. В продольном направлении они устанавливались по осям опирания на плавучие опоры и раскреплялись оттяжками (рисунок 9).

Транспортные стойки обстраивались подмостями для обслуживания опорных пакетов, устанавливавшихся перед перегрузкой пролетного строения с выкаточных пирсов на плавучие опоры с учетом деформационно-напряженного состояния пролетного строения.

Собранная в первую очередь арка для пролета 16–17 была выдвинута по пирсам на ось погрузки на плавучие опоры, освободив место на стапеле для сборки следующей арки – для пролета 15–16 (рисунок 10), затем, после погрузки и перевозки первой арки, цикл передвижки повторялся для следующей собранной арки.



Рисунок 10. Поперечная передвижка пролетного строения (разработано автором)

2. Наплавной монтаж пролетных строений

Особое внимание следует уделить проекту перевозки арок на плаву, разработанному ОАО «Институт Гипростроймост» с учетом конструктивных особенностей данного типа пролетных строений и примененных в качестве плавучих опор средств.

За многолетнюю историю ОАО «Институт Гипростроймост» накоплен колоссальный опыт проектирования перевозки пролетных строений мостов на плаву. Разработаны проекты, в том числе типовые, плавучих опор как из инвентарных понтонов, так и из речных барж – под различные типы пролетных строений. Из реализованного в последние годы следует отметить разработку проектов перевозки на плаву пролетных строений моста через реку Москву в город Бронницы и моста через реку Дон в город Ростов-на-Дону [5]. Также был проанализирован опыт проектов перевозки пролетных строений, реализованный другими отечественными организациями [3].

Разработка проекта началась с выбора барж. По опыту проектирования при предварительном подборе барж требуется грузоподъемность, примерно в два раза превышающая массу перевозимого пролетного строения (запас на массу распределительной обстройки, монтажного усиления и оборудования). Так как масса пролетного строения составляла 1 830 т, требовалась общая грузоподъемность плавучих средств не менее 4 000 т.

В результате изучения имеющихся в регионе барж были подобраны четыре сухогрузные баржи-площадки по проекту № 942 грузоподъемностью по 1000 т каждая. Было необходимо решить задачу их рациональной расстановки вдоль пролетного строения и объединения между собой с учетом оптимальной работы самой арки в монтажной схеме. В нашем случае арочное пролетное строение было гибким и требовало установки временных монтажных стоек в осях опирания на плавучие опоры для обеспечения несущей способности на стадии перевозки.

Было принято решение устроить четыре опорные оси (четыре плоскости монтажных стоек), сгруппировав их попарно симметрично центральной оси арки. При этом диаметрально оси барж совпадали с осями монтажных стоек. Для придания каждой плавучей опоре геометрической неизменяемости обстройки попарно расположенных барж были объединены жесткими поперечными связями.

Таким образом, пролетное строение при перевозке опиралось на две плавучие опоры, а каждая плавучая опора состояла из двух барж (рисунок 11).

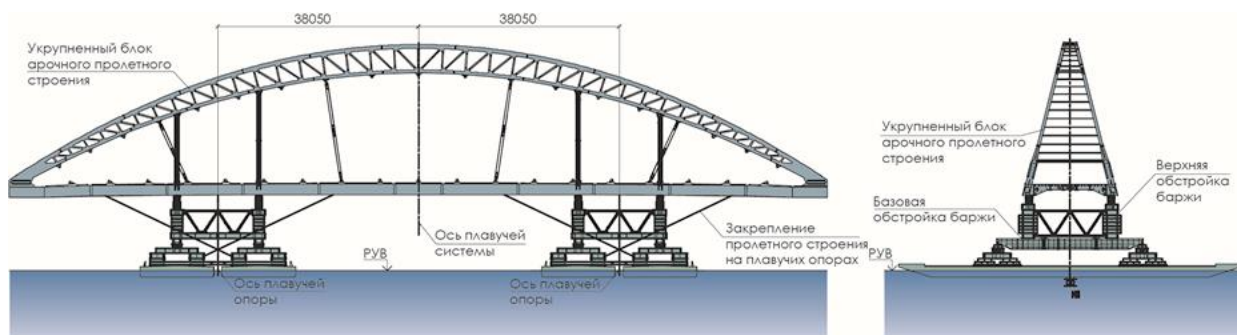


Рисунок 11. Общий вид плавучей системы (разработано автором)

В составе рабочей документации были разработаны конструкции усиления корпуса барж, фундаментов под обстройку и оборудование, базовая обстройка и верхняя надстройка плавучих опор, такелажная оснастка. На выбор конструктивной схемы обстройки плавучих опор повлияли следующие условия:

- величина предельного изгибающего момента от продольного изгиба, воспринимаемого корпусом баржи;

- величина предельно допустимого давления на палубу баржи (нагрузка на опорную точку на палубе);
- диапазон возможных колебаний уровней воды в реке при погрузке арок;
- обеспечение совместной работы двух корпусов барж в составе одной плавучей опоры.

Для снижения в корпусе продольного изгибающего момента оси опирания обстройки на палубу были раздвинуты относительно осей арки. Для передачи нагрузки с арки на опорные клетки в составе базовой обстройки были применены коробчатые балки высотой 2 м (рисунок 12).

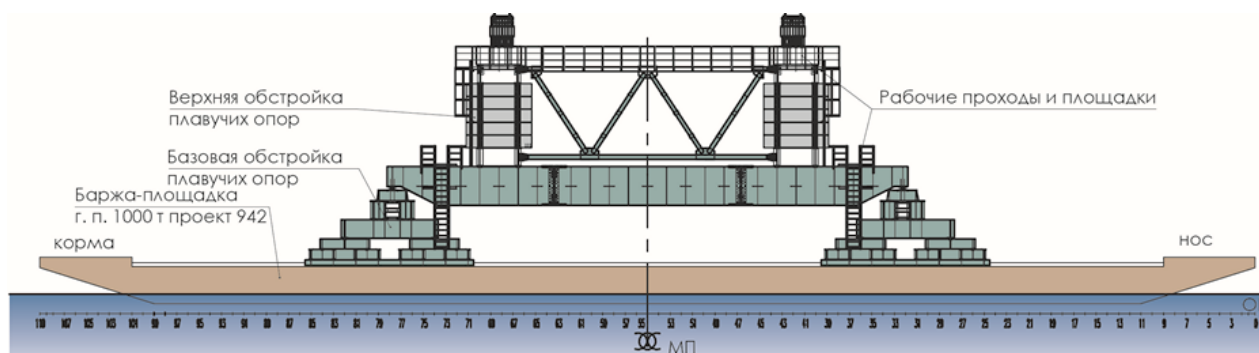


Рисунок 12. Схема обстройки плавучей опоры (разработано автором)

Величина допустимого давления на палубу определила необходимое количество опорных точек и, как следствие, количество распределительных ярусов опорных балочных клеток, то есть высоту базовой обстройки.

Расчетная несущая способность одной опорной точки, равная 12 т, потребовала распределения нагрузки на 64 точки по каждой барже. Для опирания обстройки на палубу, имеющую поперечный уклон, были устроены опорные столики (фундаменты) таврового сечения с подребрением (рисунок 13). Оси опорных столиков были совмещены с осями пересечения продольных и поперечных наборов корпуса (продольными переборками и шпангоутными рамами). Шпангоутные рамы в опорных шпациях были усилены путем устройства поперечных ферм.



Рисунок 13. Опорные фундаменты на палубе барж (разработано автором)

Работы по усилению барж и устройству фундаментов производились на судоремонтном заводе в Городце, монтаж конструкций обстройки и оборудования – НТФ «Мостоотряд-1» на месте.

Распределение нагрузки на опорные точки повлекло за собой необходимость устройства в составе базовой обстройки балочных клеток в 5 ярусов высотой около 4 м (рисунок 14). Кроме того, балки нижнего яруса служили поперечной связью между двумя спаренными баржами.



Рисунок 14. Распределительная обстройка плавопоры (разработано автором)

Верхняя надстройка на каждой плавучей опоре представляла собой четыре башни, расставленные по осям опирания пролетного строения и раскрепленные между собой пространственными связями (рисунок 15).



Рисунок 15. Плавучая опора (разработано автором)

Каждая из башен собиралась из инвентарных ростверков МИК-С, в максимальной сборке (при наименьшем уровне воды) – из пяти. Башни были развязаны между собой по периметру системой распорок и раскосных связей. Для обслуживания узлов опирания пролетного строения на обстройку плавучих опор, для обеспечения доступа с одной баржи на другую, а также с плавучих опор на перевозимое пролетное строение в составе обстройки были предусмотрены рабочие площадки, проходы и лестницы.

На оголовках в зависимости от текущего уровня воды собирался набор прокладных пакетов и листов. Опираие пролетного строения производилось через опорные листы толщиной 150 мм и резиновые опорные части (рисунок 16).

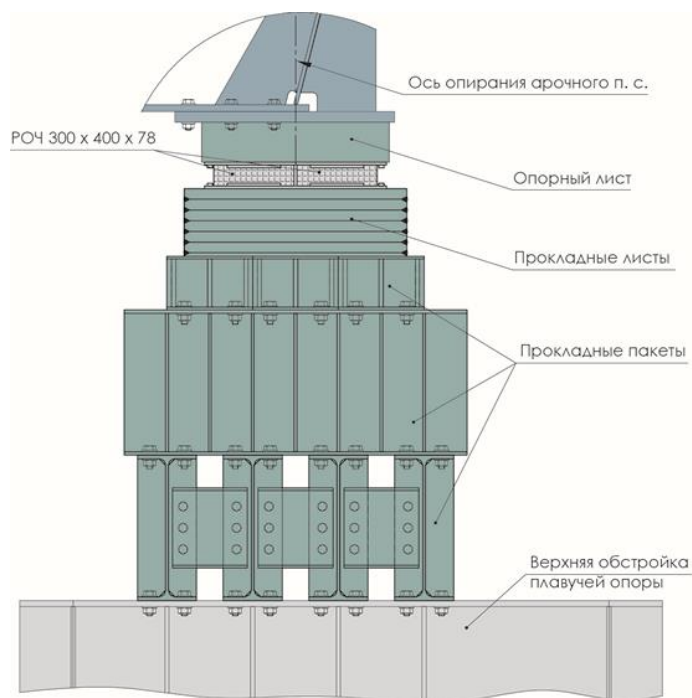


Рисунок 16. Опираие пролетного строения на плавучую опору (разработано автором)

Для производства швартовых, буксировочных и якорных операций каждая плавучая опора была оборудована такелажными обустройствами (рисунок 17).

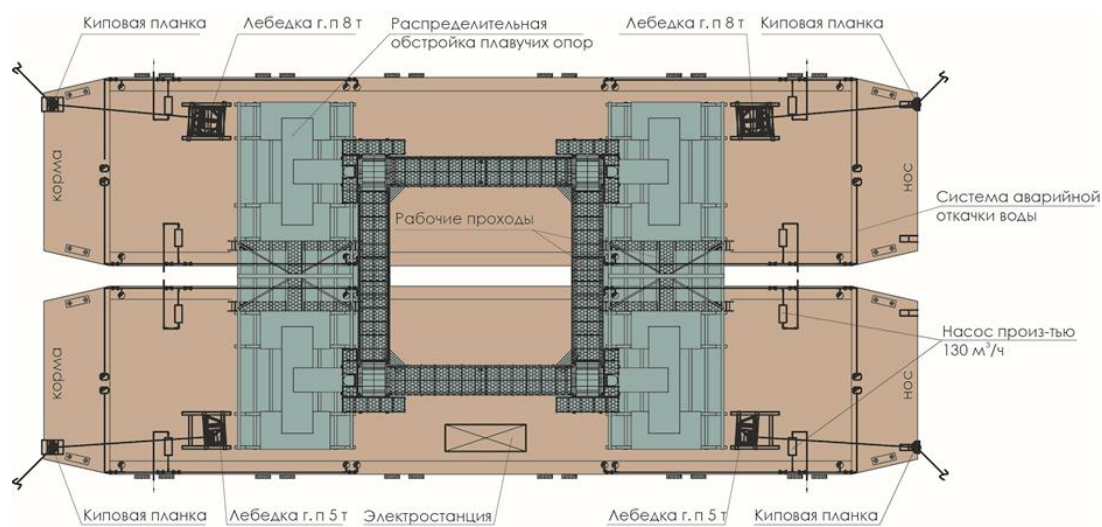


Рисунок 17. Такелажные обустройства (разработано автором)

На каждой плавопоре по внешним бортам в оконечностях устанавливались киповые планки: на носу – на существующие упоры, на корме – на опорные столики.

Также на каждой плавопоре по внешним бортам устанавливались тяговые лебедки грузоподъемностью 5 т типа ТЭЛ-5 (канатоемкость 220 м, канат диаметром 22,5 мм), по внутренним бортам – тяговые лебедки грузоподъемностью 8 т типа ЛМ-8 (канатоемкость 250 м, канат диаметром 27 мм).

На каждой барже была предусмотрена система аварийной откачки воды из трюмов, состоящая из насосов и разводящей сети.

Электроснабжение тяговых лебедок и системы аварийной водооткачки осуществлялось от дизельных электростанций (мощность 150 кВА), установленных на каждой из плавучих опор.

Для закрепления пролетного строения на плавучих опорах на период перевозки была предусмотрена система вантовых оттяжек. Развантовка была рассчитана на возможные нагрузки, возникающие от неравномерной тяги буксиров, от воздействий качки и ветра.

Для крепления оттяжек к плавучим опорам на кормовых и носовых упорах барж закреплялись проушины. Аналогичные проушины устанавливались на затяжке перевозимого пролетного строения. Между проушинами крест-накрест натягивались тросы диаметром 33 мм с помощью талрепов грузоподъемностью 20 т.

Техническая документация на плавучие опоры, в том числе необходимые расчеты плавучести, прочности и остойчивости, была разработана с учетом рекомендаций [7] и согласована с Верхне-Волжским филиалом Речного регистра РФ. Пространственный расчет прочности корпуса и обстройки выполнялся в программе Nastran (рисунок 18), для выполнения расчета остойчивости была применена одобренная Речным регистром программа «Диалог-Статик».

Проект производства работ по перевозке арок на плавучих опорах в части мероприятий по обеспечению безопасности судоходства и сохранности судовых ходов (путевые работы на судовых ходах, «окна» в движении судов, временная судоходная сигнализация) был разработан с учетом рекомендаций [6] и согласован с ФБУ «Администрация Волжского бассейна».

Перед заводкой плавучих опор в «ковш» арка, перемещенная на ось погрузки, поднималась на 1 м с помощью домкратов, встроенных в каретки. После этого производилась заклинка зазора между низом арки и верхом обстройки плавучих опор и последующее опускание арок. Расчетная осадка плавучих опор от веса пролетного строения составила 60 см.

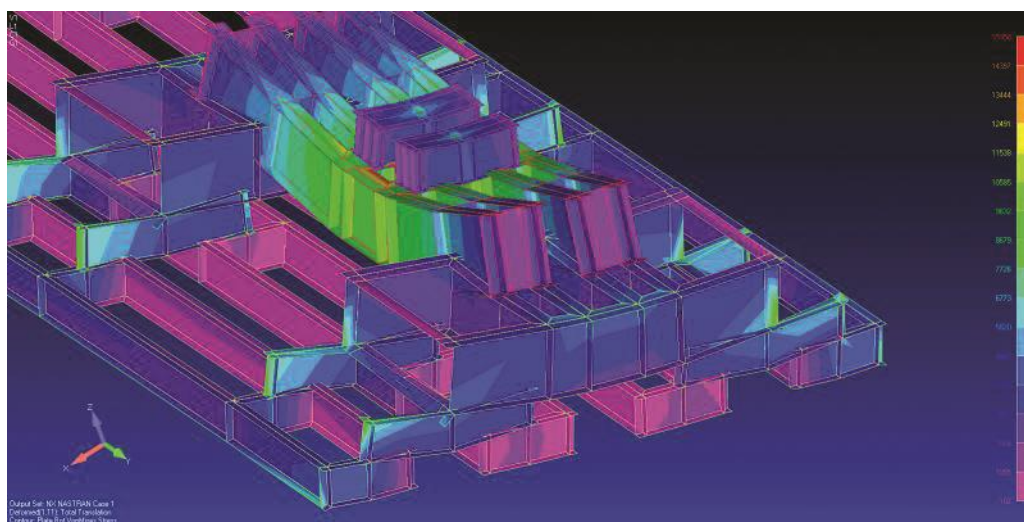


Рисунок 18. Расчетная модель обстройки плавучей опоры (разработано автором)

Траектория перемещения плавучей системы в пролет 16–17 складывалась из следующих этапов (рисунок 19):

- поворот плавучей системы на 90° относительно крайней опоры верхнего пирса с помощью буксиров;

- вывод плавсистемы из «ковша» с помощью лебедок;
- установка якорных закреплений и ввод плавсистемы в створ моста с помощью лебедок.

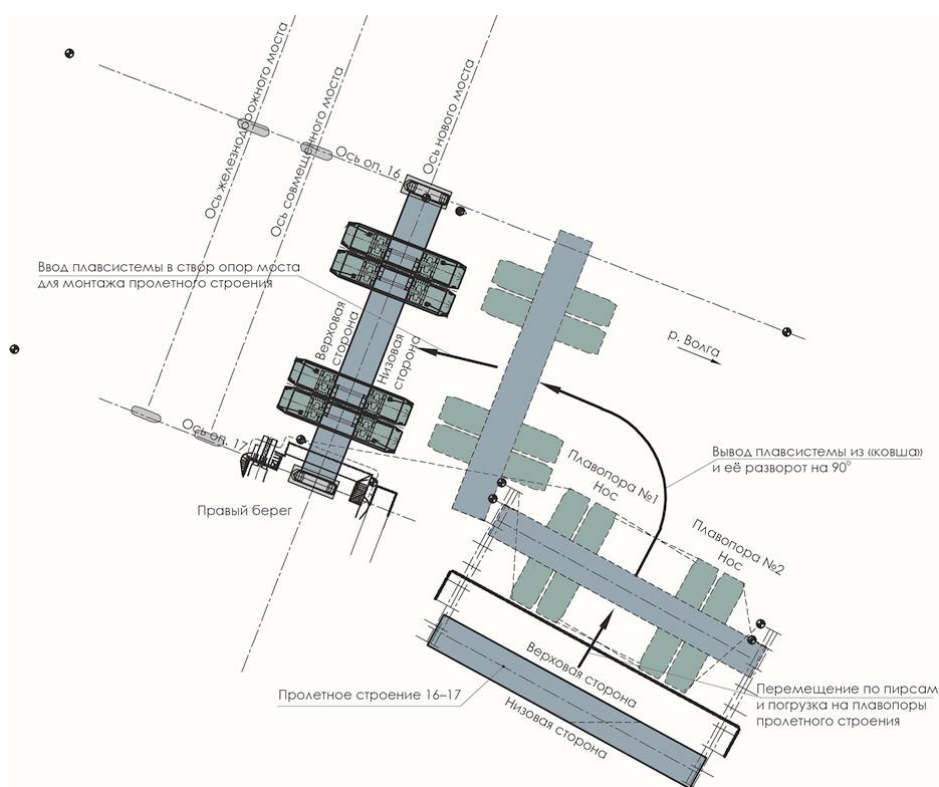


Рисунок 19. Маршрут перевозки на плаву пролетного строения 16–17 (разработано автором)

Для буксировки плавсистем использовались три основных буксира мощностью по 600 л.с. и два вспомогательных буксира для развоза поводков якорных тросов мощностью по 300 л.с. (рисунок 20). Для позиционирования и закрепления плавсистемы с пролетом 16–17 под монтаж понадобилось: два донных якоря грузоподъемностью 15 т, береговой якорь грузоподъемностью 15 т, два свайных якоря-закола и ошлаговка опоры № 16.

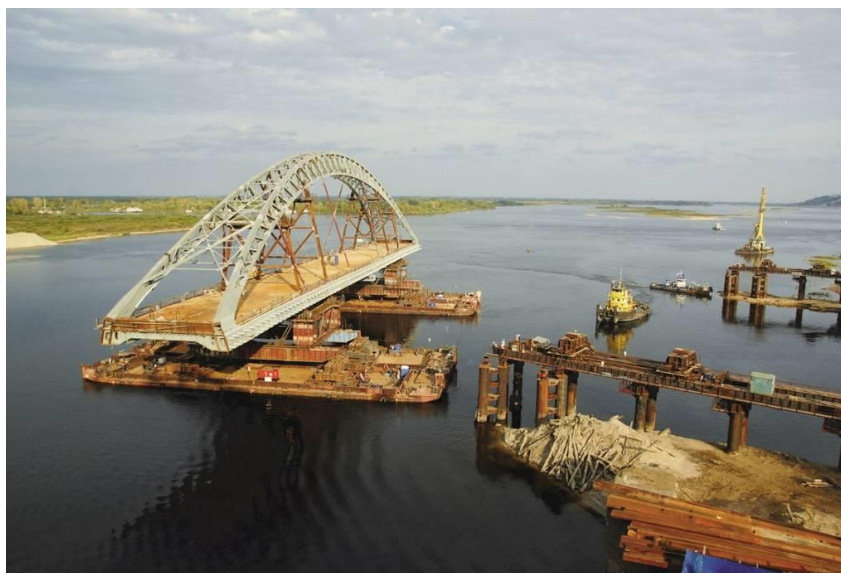


Рисунок 20. Перевозка пролетного строения в пролет 16–17 (разработано автором)

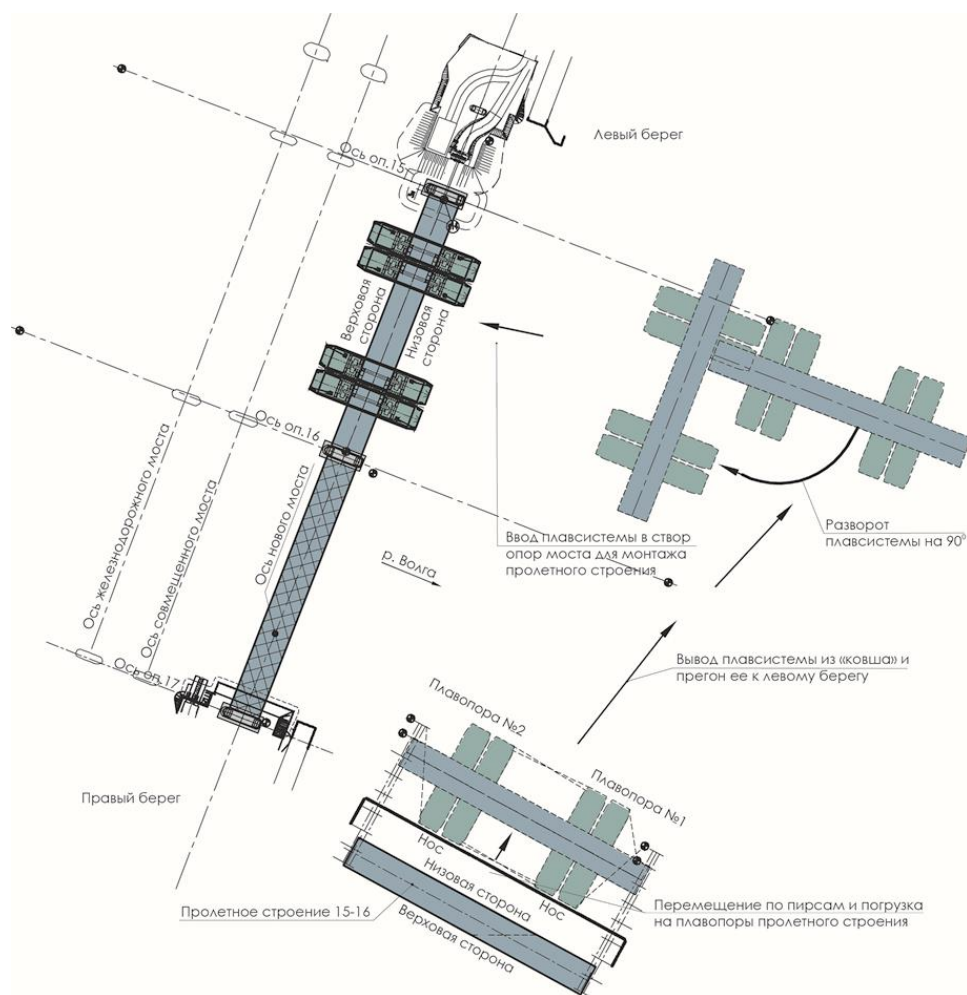


Рисунок 21. Маршрут перевозки на плаву пролетного строения 15–16 (разработано автором)

Траектория перемещения плавсистемы в пролет 15–16 складывалась из следующих этапов (рисунок 21):

- вывод плавсистемы из «ковша» с помощью лебедок;
- перегон плавсистемы через судовой ход к левому берегу с помощью буксиров;
- поворот плавсистемы на 90° относительно свайного якоря с помощью буксиров;
- установка якорных закреплений и ввод плавсистемы в створ моста с помощью лебедок.

Для позиционирования и закрепления плавсистемы с пролетом 15–16 под монтаж понадобилось: три донных якоря грузоподъемностью 15 т, два свайных якоря-закола и ошлаговка опоры № 16.

Работы по погрузке пролетных строений на плавучие опоры были произведены накануне перевозки и длились около суток (рисунок 22). Непосредственно транспортировка от пирсов в створ моста для каждой арки заняла около 8 часов. На позиционирование и закрепление плавсистем ушло еще по 4 часа. После строповки и отрыва арок от обстройки плавучие опоры отводились обратно в «ковш» с помощью буксиров.

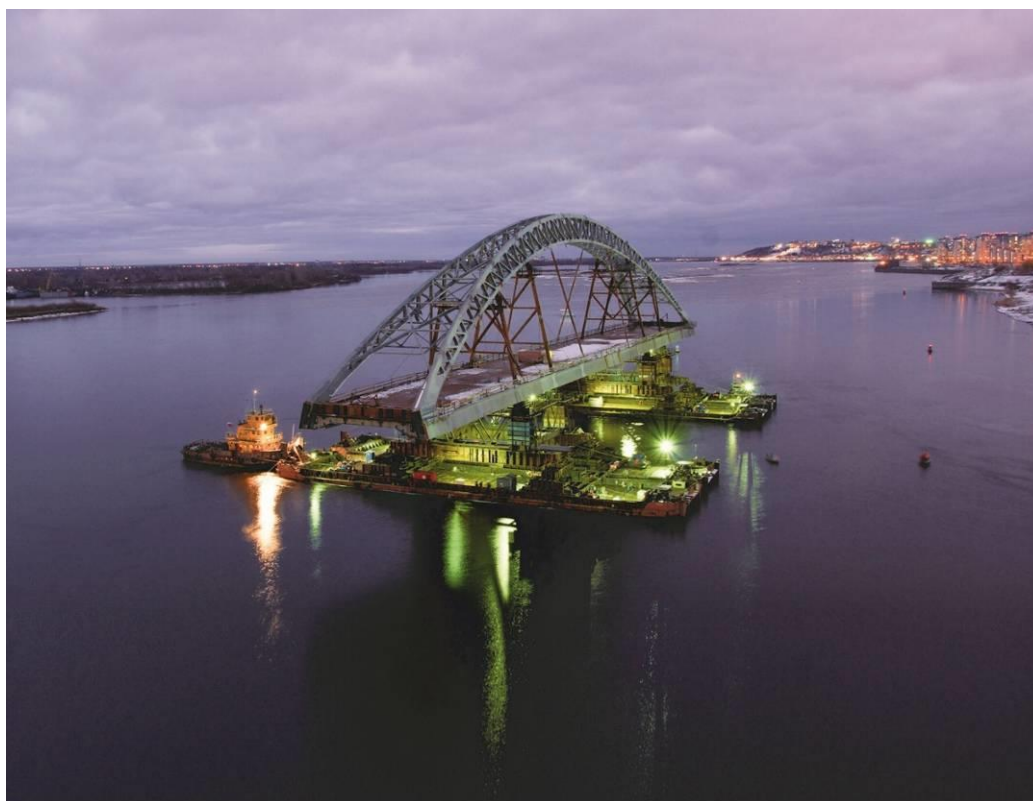


Рисунок 22. Перевозка пролетного строения в пролет 15–16 (разработано автором)

Заключение

На данный момент мост функционирует и является гордостью Нижнего Новгорода и инженеров-мостовиков, принимавших участие в его возведении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кручинкин А.В. Сборно-разборные временные мосты / А.В. Кручинкин. М.: «Транспорт», 1987 г. – 191 с.
2. Кручинкин А.В. Монтаж стальных пролетных строений мостов / А.В. Кручинкин, В.К. Белый – М.: «Транспорт», 1978 г. – 296 с.
3. Дядькин С.Н. Наплавной монтаж пролетных строений автодорожных мостов на примере строительства автодорожного моста через реку Иртыш в г. Ханты-Мансийске / С.Н. Дядькин, В.Ф. Солохин, И.Г. Овчинников, В.В. Раткин, Л.Б. Шапиро, В.В. Мартынов, Е.Г. Агафонов – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (Саратов), 2005 г. – 214 с.
4. Зубрилин Е.В. Проектирование мостового перехода через реку Волгу на автомобильной дороге Нижний Новгород – Шахунья – Киров в Нижегородской области // Е.В. Зубрилин, С.Е. Горбачев / Ежегодный информационно-технический журнал «Институт Гипростроймост», 2013.
5. Горбачев С.Е. Реконструкция мостового перехода через реку Дон в створе Ворошиловского проспекта в городе Ростове-на-Дону / С.Е. Горбачев, С.Н. Корнев, А.В. Пономарев, А.В. Барсуков, А.С. Урицк, А.Г. Газиян, С.С. Каринский // Ежегодный информационно-технический журнал «Институт Гипростроймост», 2015.
6. Снопков В.И. Управление судном / Снопков В.И. – СПб: Профессионал, 2004 г. – 536 с.
7. Борисов Р.В. Статика корабля / Р.В. Борисов, В.В. Луговский, Б.В. Мирохин, В.В. Рождественский – СПб.: «Судостроение», 2005 г. – 256 с.
8. Бобриков Б.В. Строительство мостов / Б.В. Бобриков, И.М. Русаков, А.А. Царьков – М.: «Транспорт», 1987 г. – 304 с.
9. Строительство мостов и труб / под ред. В.С. Кириллова – М.: «Транспорт», 1975 г. – 698 с.
10. Пономарев А.В. Технология сборки и перевозки на плаву арочных пролетных строений моста через Волгу в Нижнем Новгороде // А.В. Пономарев, М.В. Кузнецов, С.С. Каринский / Ежегодный информационно-технический журнал «Институт Гипростроймост», 2016.

Gorbachev Sergej Evgenevich

JSC «Institute Giprostroymost», Moscow, Russia
E-mail: Gorbachev.se@giprosm.ru

Ponomarev Andrej Vladimirovich

JSC «Institute Giprostroymost», Moscow, Russia
E-mail: ponomarev@giprosm.ru

Technology of Assembly and transportation afloat arch spans bridge over the Volga in Nizhny Novgorod

Abstract. The article deals with some interesting engineering solutions implemented in the process of installation of arch span structures of the channel part of the bridge crossing the Volga river in Nizhny Novgorod, due to the design features of the arch span structures and local conditions: technology of assembling arches on the coastal slipway; construction of the slipway for Assembly and tightening of the arch trusses of the arch; technology lateral shifting of the arches on the piers on carriage; design piers of the carriages and pusher device; technology of loading and transportation of arches on floating supports; design of floating supports, their adjustment, strengthening of used barges; snap-in for positioning floating supports; erection strengthening arched spans with temporary stands and pendants; technology of lifting and installation of arches in the design position; used equipment and floating means; a way of immersing the tubular piles piers and methods to confirm their load-carrying ability; necessary coordination with regulatory organizations.

The engineering novelty of the above technical solutions in the method of installation of arched superstructures with flexible tightening and cable-stayed suspensions – a design that was not initially adapted to surfacing installation.

The author presents drawings and photographs of the most typical auxiliary structures and technological processes that took place during the construction of arch span structures of the bridge.

This material can serve as an analogue in the design and construction of such out-of-class bridges across large navigable rivers.

Keywords: Bor bridge; arch span with a cable-stayed suspension; transport afloat spans; floating supports; Assembly slipway; piers; a carriage; a pushing device

REFERENCES

1. Kruchinkin A.V. (1987). *Sborno-razbornye vremennye mosty. [Collapsible temporary bridges.]* Moscow: "Transport", p. 191.
2. Kruchinkin A.V. (1978). *Montazh stal'nykh proletnykh stroeniy mostov. [Installation of steel bridge spans.]* Moscow: "Transport", p. 296.
3. Dyad'kin S.N., Solokhin V.F., Ovchinnikov I.G., Ratkin V.V., Shapiro L.B., Martynov V.V., Agafonov E.G. (2005). *Naplavnoy montazh proletnykh stroeniy avtodorozhnykh mostov na primere stroitel'stva avtodorozhnogo mosta cherez reku Irtysh v g. Khanty-Mansiyske. [Surfacing of spans of road bridges using the example of building a road bridge across the Irtysh River in Khanty-Mansiysk.]* Saratov: Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A., p. 214.
4. Zubrilin E.V., Gorbachev S.E. (2013). Designing a bridge over the Volga River on the highway Nizhny Novgorod – Shakhunya – Kirov in the Nizhny Novgorod region. *Annual Information and Technical Journal "Institute Giprostroymost"* (in Russian).
5. Gorbachev S.E., Kornev S.N., Ponomarev A.V., Barsukov A.V., Uritsk A.S., Gaziyan A.G., Karinskiy S.S. (2015). Reconstruction of the bridge over the Don River in the alignment of Voroshilovsky Prospekt in the city of Rostov-on-Don. *Annual Information and Technical Journal "Institute Giprostroymost"* (in Russian).
6. Snopkov V.I. (2004). *Upravlenie sudnom. [Ship management.]* Saint Petersburg: Professional, p. 536.
7. Borisov R.V., Lugovskiy V.V., Mirokhin B.V., Rozhdestvenskiy V.V. (2005). *Statika korablya. [Ship statics.]* Saint Petersburg: Shipbuilding, p. 256.
8. Bobrikov B.V., Rusakov I.M., Tsar'kov A.A. (1987). *Stroitel'stvo mostov. [Bridge construction.]* Moscow: "Transport", p. 304.
9. Ed. by Kirillova V.S. (1975). *Stroitel'stvo mostov i trub. [Construction of bridges and pipes.]* Moscow: "Transport", p. 698.
10. Ponomarev A.V., Kuznetsov M.V., Karinskiy S.S. (2016). The technology of assembly and transportation afloat of the arch spans of the bridge across the Volga in Nizhny Novgorod. *Annual Information and Technical Journal "Institute Giprostroymost"* (in Russian).