

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНТАЖА АРКИ БУГРИНСКОГО МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ ОБЬ

П.П. Мурзинцев (Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск)

В 1982 г. окончил Новосибирский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии (в настоящее время — Сибирский государственный университет геосистем и технологий, СГУГиТ) по специальности «прикладная геодезия». После окончания института работает на кафедре инженерной геодезии и маркшейдерского дела СГУГиТ, в настоящее время — доцент. Кандидат технических наук.

Н.С. Косарев (Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск)

В 2011 г. окончил Сибирскую государственную геодезическую академию (в настоящее время — Сибирский государственный университет геосистем и технологий, СГУГиТ) по специальности «космическая геодезия», в 2013 г. — магистратуру по направлению «геодезия и дистанционное зондирование». С 2010 г. работал в ООО ГП «Сибгеотех», с 2013 г. — в ФГУП «СНИИГГиМС». С 2014 г. работает в СГУГиТ, в настоящее время — младший научный сотрудник.

А.В. Никонов (АО «Сибтехэнерго», Новосибирск)

В 2011 г. окончил Сибирскую государственную геодезическую академию (в настоящее время — Сибирский государственный университет геосистем и технологий) по специальности «прикладная геодезия», а в 2014 г. — аспирантуру. С 2012 г. работает в АО «Сибтехэнерго», в настоящее время — инженер-геодезист.

Коллекцию уникальных инженерных сооружений России в 2014 г. пополнил еще один объект — Бугринский мост через реку Обь в Новосибирске с самым большим в странах СНГ арочным пролетом. Мост запроектирован как магистральная улица общегородского значения, предназначенная для непрерывного движения транспорта с расчетной скоростью 100 км/ч. Общая длина мостового перехода с подходами по пойме реки составляет 2091,2 м, при этом левобережный пойменный участок моста составляет 296,33 м, правобережный — 1414,01 м, а арочный пролет — 380,86 м. Уникальная металлическая арка, безусловно, — главная конструктивная особенность мостового перехода (рис. 1).

Арочный пролет является вторым по размеру для арок аналогичной конструкции в ми-

ровом мостостроении, а если учесть экстремальные условия строительства и эксплуатации в



Рис. 1

Общий вид Бугринского моста (<http://geliovostok.ru>)



Рис. 2
Процесс монтажа арки Бугринского моста

Западной Сибири, то можно представить всю сложность задач, решаемых проектировщиками, строителями и геодезистами [1, 2].

В качестве затяжки арки используется стальная ортотропная плита проезжей части моста шириной 34,56 м (рис. 2). Ортотропная плита состоит из двух стальных коробчатых и двух главных стальных балок двутаврового сечения и закреплена на неподвижной части опоры 6.

На временные опоры 4В–7В затяжка опирается через карточки скольжения, а на опоры 8В и 9В — через двухкатковые опорные части. Опираие затяжки на постоянной опоре 5 осуществляется со смещением в сторону постоянной опоры 6. Стрела подъема комбинированной арки с затяжкой составила 74 м [3]. Монтаж металлоконструкций свода арки и установка их в проектное положение проводились методом надвигки с конвейерно-тыловой сборкой. Надвигка полусводов арки осуществлялась одновременно с двух сторон от постоянных опор 5 и 6 к середине пролета 5–6 (рис. 2).

Сборка каждой половины арки проводилась на своем стапеле из отдельных блоков коробчатого сечения (блоки

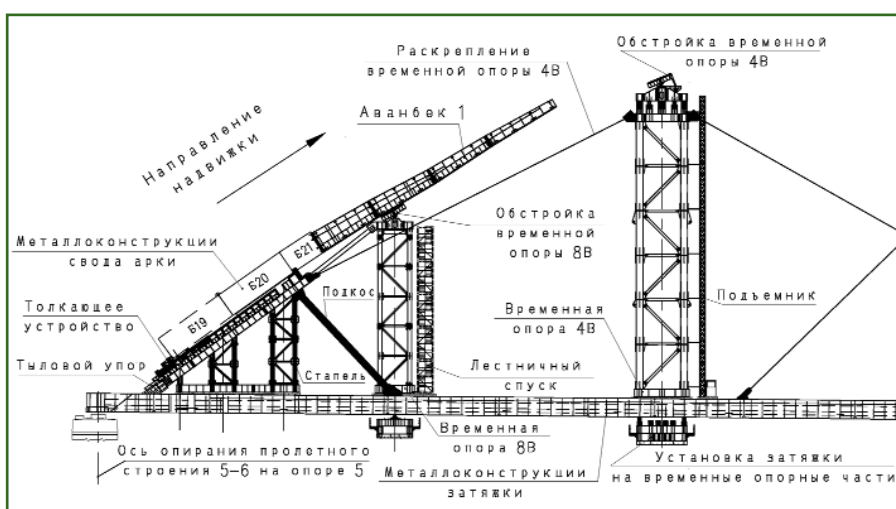


Рис. 3
Схема надвигки металлических конструкций полусвода арки моста

Б21, Б20 и т. д., рис. 3). К блоку Б21 был закреплен аванбек — вспомогательная направ-

ляющая конструкция в виде консоли. Блоки свода перемещались по временным опорам,



Рис. 4
Надвигка блоков арки на стапеле

оборудованным накаточными путями и боковыми упорами. Плановое положение стапеля, в связи с изменением параметров арочного пролетного строения, по мере монтажа изменялось (рис. 4).

Каждый блок арки перед установкой на стапель обмерялся с целью определения фактических параметров отдельных элементов и узлов заводского изготовления. Во время обмеров на блоках по заранее рассчитанным данным наносились осевые риски и накернивались контрольные точки (по 4 точки на каждом блоке), по которым определялось пространственное положение блоков в процессе надвигки. Для проверки положения оси арочного пролетного строения на первой паре блоков каждого полусвода арочного пролетного строения (ближайших к аванбеку) наклеивались по две

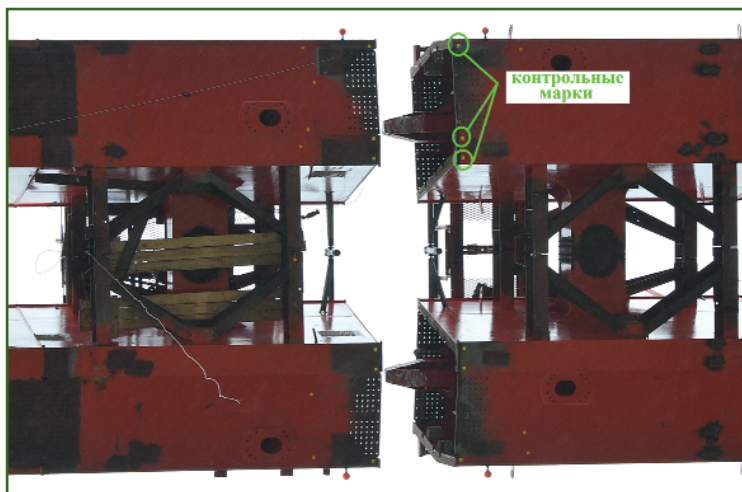


Рис. 5
Стыковка полусводов арочного строения (вид снизу)

отражательные марки (пленки), такие же марки (осевая и контрольная) крепились на аванбеках.

Первая пара блоков устанавливалась на стапеле в проектное положение по координатам, предоставленным проектной организацией, особенно тщательно, так как их положение задавало начальное направление надвигки и влияло на качество последующей сборки двух половинок свода арки, а также на выполнение их окончательной стыковки.

Согласно проекту, монтаж арочного пролетного строения включал 18 стадий. После каждой стадии надвигки, с помощью электронного тахеометра Leica TS02, определялись плановые координаты и высоты контрольных точек на последней паре блоков, установленных на стапеле (по четырем контрольным точкам на каждом блоке), отражательных марок на первой паре блоков у аванбека и на аванбеке. В соответствии с проектом производства геодезических работ [3], максимально допустимые отклонения в определении положения контрольных точек при сборке в плане составляли 2–3 мм, а по высоте — 1–2 мм. Измеренные значения координат и вы-

сот передавались в проектную организацию для согласования положения смонтированных блоков и вычисления координат и высот контрольных точек для установки следующей пары блоков на стапеле. Только после получения от проектной организации рассчитанных координат и высот контрольных точек блоков устанавливалась следующая пара блоков на стапеле.

К началу 14-й стадии монтажа аванбеки опирались на обстройку временных опор 5В и 6В, а по завершении надвигки на этой стадии аванбеки демонтировались. Дальнейший процесс монтажа осуществлялся без аванбеков и завершился на 18-й стадии стыковкой полусводов арки (рис. 5). Монтаж арки от установки первой пары блоков до стыковки полусводов арки проводился с декабря 2013 г. по апрель 2014 г., в течение 129 дней.

Геодезический контроль процесса надвигки полусводов арки Бугринского моста выполнялся с использованием трех двухчастотных приемников ГНСС TRIUMPH-1 (JAVAD GNSS). Один приемник, выполнявший роль базового, устанавливался стационарно на подходе к мосту, на пункте



Рис. 6
Базовый приемник, установленный на пункте геодезической сети мостового перехода

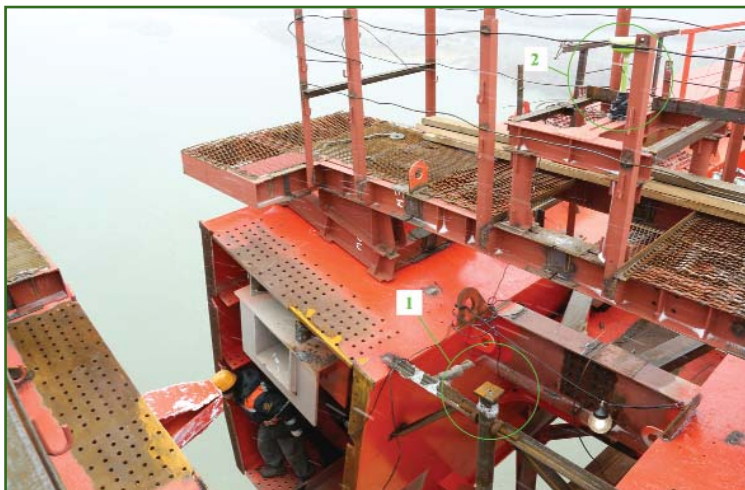


Рис. 7
Места установки подвижного приемника на полу своде арки в процессе монтажа: во время надвигки (1), во время стыковки двух полу сводов арки (2)

геодезической сети (рис. 6), а два других (подвижных приемника) — надежно крепились между первой парой блоков каждого полу свода арки посредством специальных приспособлений, обеспечивающих их вертикальность. Перед стыковкой двух полу сводов арки подвижные приемники были размещены на временных металлоконструкциях (рис. 7).

Во время монтажа измерения выполнялись в режиме реального времени (RTK), в местной системе координат — системе координат моста: ось X совмещалась с осью арочного пролетного строения — от опоры 5 на опору 6. В этой системе координат были определены все пункты геодезической сети, созданной для контроля монтажа арочного свода. Достоинством этой условной системы координат является тот факт, что при определении прямоугольных координат подвижных приемников сразу видны их смещения влево или вправо от оси мостового перехода (координата Y), а также удаление приемников (первых блоков каждой половины свода арки) от оси пос-

тоянной опоры 5 (координата X).

Для обеспечения работы в режиме RTK каждый приемник ГНСС оснащался SIM-картой, поддерживающей дополнительную опцию статического IP. В результате появилась возможность управлять работой приемников и получать измеренные ими данные по сети Интернет на удаленный компьютер с установленным на нем программным обеспечением JAVAD Justin [1].

После запуска приемников в режиме RTK, базовый приемник начинал передачу по сети Интернет корректирующих данных, которые записывались отдельным файлом, в программу обработки JAVAD Justin. Результаты измерений на подвижных приемниках по протоколу NTRIP по сети Интернет также поступали на компьютер, где в программе JAVAD Justin вычислялись их координаты и сравнивались с проектными значениями.

Следует отметить, что технологии ГНСС активно применяются в современном мостостроении [2], например, спутниковые приемники были задействованы при строительстве

уникального вантового моста на острове Русский с пилоном высотой 320,9 м [5].

Положение арки в процессе надвигки также контролировалось с помощью электронного тахеометра Leica TS02, оснащенного окулярной насадкой для наблюдения целей, близких к зениту (рис. 8). Тахеометр устанавливался на пункте геодезической сети, расположенном на затяжке арки (на оси мостового перехода) и оснащенном устройством для принудительного центрирования. Тахеометром (в режиме измерения расстояний «на пленку») определялись пространственные координаты контрольных отражательных марок (пленок), которые крепились на аванбеке, а также на блоках арки (рис. 5).

Смещение оси пролетного строения (арки) в поперечном направлении относительно оси моста в процессе надвигки, как правило, не должно превышать 50 мм [5]. Согласно [3], за максимально допустимую величину смещения надвигаемых



Рис. 8
Измерение координат контрольных точек арки с помощью электронного тахеометра Leica TS02

половинок арки относительно оси мостового перехода была принята величина 100 мм. В случае достижения максимального смещения, надвигка должна была быть приостановлена и приняты меры по возвращению конструкции арки в проектное положение.

Фактическое несовпадение осей полусводов арки на завершающем этапе надвигки составило ~30 мм.

Торжественное открытие Бугринского моста состоялось 8 октября 2014 г. при участии Президента РФ В.В. Путина.

Высокие требования к точности монтажа полусводов арочного строения были достигнуты, благодаря эффективному геодезическому контролю, основанному на совместном применении глобальных навигационных спутниковых систем и электронной тахеометрии.

Авторы благодарят за предоставленные материалы, использованные при подготовке данной статьи: В.И. Савинова, заместителя главного геодезиста ОАО «Сибмост», Ю.А. Чермошнцева, директора ООО «Запсибгеодезия» и А.А. Игнатовича, фотографа.

▼ **Список литературы**

1. Применение спутниковых ГНСС-технологий для обеспечения надвигки арки Бугринского моста через реку Обь / П.П. Мурзинцев, Н.С. Косарев, А.В. Никонов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). — Новосибирск: СГУГиТ, 2015. Т. 1. — С. 72–76.
2. Прикладная геодезия. Геодезическое обеспечение изысканий, строительства и мониторинга мостовых сооружений: учеб. пособие

/ А.П. Карпик, П.П. Мурзинцев, В.А. Падве. — Новосибирск: СГУГиТ, 2015. — 222 с.

3. Проект производства геодезических работ при сооружении арочного пролетного строения на объекте: «Мостовой переход через р. Обь по Оловозаводскому створу в г. Новосибирске». — СПб., 2013.
4. Применение геодезических приемников для обеспечения строительства опор моста через пролив Босфор «Восточный» на остров «Русский» в г. Владивосток / П.П. Мурзинцев, Н.А. Казаненко // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012: VIII Междунар. науч. конгр., 10–12 апр. 2012 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. — Новосибирск: СГТА, 2012. — Т. 1. — С. 155–160.
5. Геодезические работы при строительстве мостов / Коугия В.А., Грузинов В.В., Малковский О.Н., Петров В.Д. — М.: Недра, 1986. — 248 с.

Поставка
Ремонт
Обучение
Метрология



ЗАО «УГТ-Холдинг»

<http://ugt-holding.ru>

Екатеринбург	(343) 210-91-91
Новосибирск	(383) 335-13-57
Самара	(846) 276-35-55
Уфа	(347) 256-35-55
Москва	(495) 935-79-90



Trade-in
Лизинг
Тех. поддержка
Индивидуальный подход