

**Утверждаю**

**Проректор по научной,**

**инновационной деятельности и**

**цифровому развитию**

**ФГБОУ ВО «Государственный**

**университет по землеустройству»**

**д.т.н., профессор Д. А. Шаповалов**

**« 14 » сентября 2021 г.**



## **ОТЗЫВ**

**ведущей организации на диссертационную работу**

**Зверевой Татьяны Геннадьевны:**

**«Разработка методики геодезического контроля за деформациями**

**мостовых сооружений в процессе строительства»,**

**представленную на соискание ученой степени кандидата технических**

**наук по специальности 25.00.32 - «Геодезия»**

### **Актуальность темы исследования**

Россия занимает третье место в мире (после США и Китая) по протяженности имеющихся железных и автомобильных дорог. Однако для огромной территории, которую занимает наша страна, её освоение, с целью дальнейшего развития экономики и общения народов, требуется дальнейшее развитие дорожной сети. Правительство России уделяет этой проблеме достаточно внимания, например, сейчас строится высокоскоростная железнодорожная магистраль сообщением г.г. Москва – Санкт-Петербург, реконструируется Байкало-Амурская ж/д магистраль, строятся окружные железные и автомобильные дороги вокруг городов-мегаполисов, эстакады

внутри городов для подъема автотранспорта на другие уровни с целью повышения пропускной способности городских проездов, авторазвязки.

Возникает необходимость в строительстве мостовых переходов для проведения дорог через природные и антропогенного происхождения препятствия. Но на строительство мостов, впрочем, как и других строящихся объектов, оказывают влияния деформации, вызываемые технологическими процессами, изменением температурных условий внешней среды, ветровой нагрузкой, солнечной радиацией. Так как стальные мосты монтируются из элементов, изготовленных на заводах, требуется высокая точность их взаимного расположения как в плановом, так и в высотном отношении (2мм-4мм), обеспечивая реализацию проекта, - сборку мостового пролета, надвижку и его установку на капитальные опоры. Средние квадратические погрешности положения пунктов геодезической разбивочной основы (ГРО) не должны превосходить: в плане - 6 мм, а по высоте – 3 мм и 5 мм (рабочие реперы). Это - задачи геодезической службы, сопровождающей строительство. При этом крайне важно исключить деформации или минимизировать их остаточные величины до допустимого проектом предела при строительстве моста. Для этого необходимо выполнить исследования по определению величин деформаций, вызываемых указанными выше факторами, их зависимости, разработать меры по устранению деформаций на всех технологических этапах строительства, используя геодезические методы, как наиболее оперативные. От точности сборки пролета моста и установки на капитальные опоры зависит срок его эксплуатации, а это большие капитальные вложения, следовательно, в итоге - большой положительный экономический эффект.

### **Оценка содержания и качества работы**

Диссертационная работа Зверевой Татьяны Геннадьевны охватывает практически все основные технологические циклы монтажа плетей пролетных строений (ПС) стального моста коробчатого сечения на стапеле (стапелях на обоих берегах препятствия), с последующей циклической

надвижкой на капитальные опоры, в том числе и с замыканием двух протвоположно надвинутых, в единую конструкцию. При этом, используя разработанные геодезические методики, учитываются и устраняются деформации, отрицательно влияющие на качество строительства моста. В работе так же решена проблема учета деформаций опалубки при изготовлении проезжей железобетонной плиты, по месту, вызываемой нагрузками стального каркаса и уложенным в нее бетоном, для пролетов длиной 14 м, 16 м, при строительстве крутых виражей на автомобильных развязках. Работа представляет собой законченный труд, ее структура и содержание соответствуют поставленным целям, решению задач, возникающих при строительстве мостов со сборкой ПС на стапеле и последующей циклической надвижкой на капитальные опоры, окончательной установкой на опорные части. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка используемой литературы из 95 наименований. Текст работы изложен на 138 машинописных страницах, содержит, для иллюстрации наглядности, 42 рисунка, имеет 5 таблиц и 3 приложения.

Решения задач в диссертации последовательно раскрываются, следуя технологическим этапам строительства, в соответствующих главах со ссылками на таблицы и построенные по результатам исследований, выполненных геодезическими методами, графики зависимостей суммарных величин деформаций, вызываемых указанными выше факторами. Дополнительным изменением проектных значений стройподъемов монтируемых блоков ПС на стапеле, взятых из графиков, применяя специальные геодезические методики, исключаются деформации или минимизируются их остаточные значения до допустимых проектом, что и является целью работы.

В главе 1 «Общие сведения о мостах» излагается классификация мостов по различным признакам: названиях по назначению, материалам изготовления, конструкции, протяженности, углу пересечения препятствия,

др. Даны определения мостового перехода и моста, отдельных его элементов, регуляционных устройств. Это позволяет лучше понять роль и место геодезических методов на всех этапах проектирования и строительства мостов.

В главе 2 «Геодезическая разбивочная основа для строительства мостового перехода» (ГРО) подробно рассматриваются вопросы проектирования, закрепления на местности планово-высотных пунктов разбивочной сети, геодезическим измерениям в сети и уравнивание результатов измерений. Отмечается высокая точность создания ГРО, средние квадратические погрешности (скп) положения пунктов: в плане 6 мм, по высоте – 3 мм и 5мм (рабочие реперы), указанных в СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы». В связи с недостаточной, как правило, точностью координат пунктов государственной или городской опорной сети при привязке к ним в диссертации **предложены особые методы уравнивания сети ГРО**, позволяющие получить координаты пунктов, используемых в разбивочных работах, значения (скп) которых не превышают допустимых, что является новизной в решении задач геодезии.

**Разработана методика передач высот через препятствия** на расстояниях до 1000 м методом тригонометрического нивелирования, с использованием комплекта электронного тахеометра. Выполнены теоретические расчеты требуемой точности измерений углов наклона для различных расстояний передачи отметок, число приемов измерений для ЭТ с точностью измерений углов наклона одним приемом 1" и 3", указаны состояния внешних условий при выполнении измерений. Методика апробирована и внедрена в производство. Это новизна в геодезии.

Обосновывается и предлагается **внести изменения в СП 46.13330.2012** по увеличению числа плановых и высотных пунктов не менее 3-х на каждом берегу, с наличием взаимной видимости между ними, для мостов протяженностью 100 м и более. Это обосновывает практическую значимость работы.

В главе 3 рассматриваются виды деформаций, причины их возникновения при сборке пролета стального моста коробчатого сечения на стапеле и его циклической надвижке на капитальные опоры.

Одной из главных задач в мостостроении является исключение или минимизация влияния деформаций на конструкцию моста, что обусловлено высокой точностью взаимного расположения элементов в плане и по высоте объединяемых элементов в единую конструкцию сварочными и болтовыми соединениями, точностью расположения осей опирания (опорных диафрагм) мостового пролета на капитальных опорах. В мостостроении в понятия деформации – изменение положения конструкции в пространстве относительно ранее зафиксированного в определенный момент времени, добавляется определение – изменение размеров и формы наблюдаемых элементов или всего объекта в целом.

**Выполнены исследования «усадки» металла** после сварки ортотропных плит верха пролета – 2 мм на шов, измерением зафиксированных отрезков на металле поперек шва до сваривания и после, что в целом составляет 24 мм. Эту деформацию предложено устранять увеличением ширины сварного зазора на 2мм, что внедрено в производство, и является предметом защиты.

Посредством геодезических измерений **выполнены исследования величин сварочных деформаций элементов моста** (нижних и верхних поясов главных балок, вертикальных вставок в стенки, вставок в горизонтальные ребра стенок) в зависимости от температуры воздуха во время выполнения сварочных работ. **Построены графики зависимости деформаций**, позволяющие определить изменение стройподъема стыкуемого блока на стапеле путем опускания концов несущих наружных и внутренних балок (хвост) на временных опорах стапеля, что исключает или минимизирует сварочные деформации до пределов допустимых значений.

Предложена фиксация хвоста внутренних главных балок при помощи привариваемых талрепов, удерживающих пристыковываемый блок на

проектной оси монтируемого пролета, что исключает влияние солнечной радиации. Талрепы позволяют корректировать положение хвоста на оси монтажа ПС. Предложенные технические решения обеспечивают прямолинейность сборки пролета и проектное положение на оси с требуемой точностью.

В главе 4 рассматривается устройство стапельной площадки для монтажа части ПС с последующей циклической надвижкой на капитальные опоры. **Разработана методика геодезического сгущения ГРО:** у каждого стыковочного узла закладывается в бетон (ниже уровня поверхности земли 5-10 см) стальная пластина, на которой закрепляется кернением проектная ось ПС, приваривается фрагмент болта с сферической головкой - высотный знак. Ось закрепляется с использованием комплекта ЭТ прямым визированием с конечных пунктов, закрепляющих ось ПС на местности, при круге лево и право, а также из середины, точность положения оси – 1мм-2мм. Высоты передаются геометрическим нивелированием из середины между смежными пунктами в прямом и обратном направлениях. При этом используется 2-х метровый фрагмент деревянной нивелирной рейки, с прикрепленным к ней полотном стальной рулетки. Ноль полотна совмещен с пяткой рейки. Отсчеты по рейке берутся до 0,1 мм. Такая плотность пунктов позволяет вести разбивочные и контрольные измерения на коротких расстояниях 12м-15м, до 25м, с соблюдением равноплечья. В плановое положение главные балки монтируются на стапельных опорах с использованием метода бокового нивелирования. Используется 4-х метровая деревянная рейка, скрепленная накладками в цельную. Зона отсчетов размечается штрихами через 1 мм, а проектное расстояние отмечается красным штрихом, что повышает точность отсчета по рейке. Погрешность метода, согласно выполненным теоретическим расчетам, составляет 1,1мм. И это подтверждается практикой.

**Разработана методика геодезического контроля** за положением в плане и по высоте лидирующего торца ПС при его циклической надвижке на капитальные опоры. При этом используется программа ЭТ «Базовая линия» и

наклеенные на аванбеке и центре пролета светоотражательные марки (катафоты). Тахеометр при этом может устанавливаться на оси надвижки на смежной опоре или в другом удобном месте. Измеряя визированием на марки автоматически «отступ» до марок и сравнивая его с проектным значением, определяется отклонение торца от оси надвижки (оно не должно быть не более  $\pm 50$  мм). Если прибор установлен на оси надвижки, а на торце ПС закреплен фрагмент нивелирной рейки, то прямым визированием можно видеть отклонение торца в любой момент времени надвижки, что очень важно, но прогиб консоли можно определять только в момент остановки надвижки (при обратной выкачке тяговых домкратов). Метод точен ( $\pm 2$  мм), оперативен, внедрен в производство. Так же изложен метод контроля возможной деформации верха опоры при наезде на неё ПС, используя электронный тахеометр.

**Глава 5** посвящена геодезическим работам на последнем цикле надвижки ПС на капитальные опоры, определению момента остановки последней выкачки тяговых домкратов и замыкания двух плетей пролета, надвинутых с противоположных берегов, в единый пролет, который после завершения объединения устанавливается на капитальные опоры. Точность установки ПС по высоте: 3 мм между опорами в одном поперечном сечении и 5 мм в абсолютных отметках относительно проекта. Использовался нивелир 3-го класса точности (B30 фирмы Sokkia). **Разработанная методика** успешно реализована при строительстве российскими строителями стальных мостов в Турции (кольцевой автобан г.Анкары).

В **главе 6** изложены исследования геодезическими методами величин деформаций опалубки строящейся проезжей железобетонной плиты, по месту, пролетов длиной 14м и 16м, вызываемых нагрузкой стального каркаса и уложенным в неё бетоном, виражей крутых радиусов эстакады автомобильных съездов, в зависимости от удаления от осей опирания плиты на капитальных опорах. Построен график дополнительного к проекту стройподъема опалубки для этих пролетов, использование которого

позволяет исключить или минимизировать величины деформаций опалубки, следовательно, и плиты виража съезда.

Ознакомление с диссертацией, авторефератом, публикациями в научно-технических журналах, заслушивание доклада автора на заседании членов кафедры позволяет заключить – соискатель ученой степени кандидата технических наук Зверева Татьяна Геннадьевна успешно справилась с реализацией цели и решением поставленных задач. Выводы и рекомендации в диссертационной работе научно обоснованные, аргументированные. Разработка методик геодезического обеспечения монтажа пролета стального моста коробчатого сечения на стапеле, циклической его надвигке на капитальные опоры, замыкании и установке на капитальные опоры успешно внедрены в производство, что подтверждается справками о внедрении, выданными ведущими мостостроительными организациями: «Мостотрест», «Мосинжпроект», ООО «АВТОБАН-МОСТ», положительными отзывами других мостостроительных организаций.

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов, рекомендаций**

Результаты, полученные автором диссертации, являются научными данными в области инженерно- геодезического обеспечения строительства мостов.

Предложены новые методы уравнивания сети геодезической разбивочной основы (ГРО), позволяющие исключить недостаточную точность координат пунктов опорной государственной или городской сети, что встречается на практике довольно часто, искажающие результаты высокоточных геодезических измерений в сети ГРО.

Теоретически доказана возможность передачи высот через препятствия с погрешностью  $\pm 3$  мм методом тригонометрического нивелирования на расстояниях до 1000 м, с использованием комплекта электронного тахеометра. Методика апробирована и успешно внедрена в производство.

Выполненные исследования зависимостей величин деформаций, влияющих на сборку металлического пролетного строения несущей коробчатой конструкции на стапеле, вызванные сварочными работами, болтовыми соединениями, изменением температуры внешней среды, солнечной радиацией, геодезическими работами, позволили построить графики зависимостей суммарных величин деформаций, используя которые можно определить величину дополнительного изменения проектного стройподъема монтируемых блоков на стапеле, что исключает или минимизирует величину остаточных деформаций до допустимых проектом. Это повышает качество сборки пролета.

Разработанная методика геодезического контроля за положением лидирующего торца пролета в пространстве в плане и по высоте при надвижке на капитальные опоры, практически в любой момент времени, позволяет избежать возможных деформаций ПС, что приводит к большим временным и финансовым потерям. Чрезвычайно важный этап строительства моста.

Предложен геодезический метод определения момента замыкания двух надвинутых плетей ПС с противоположных стапельных площадок посредством построения графиков положения консолей плетей по высоте в зависимости от температуры металла, т. е. окружающей среды (воздуха). По пересечению построенных графиков определяется отметка и температурный момент замыкания двух плетей в единый цельный пролет.

Выполнены исследования величин деформаций опалубки проезжей железобетонной плиты, изготавливаемой по месту, эстакад виражей крутых радиусов автосъездов, в зависимости от нагрузки стального каркаса, уложенного в опалубку бетона и удаления от осей опирания плиты на капитальных опорах к середине пролета длиной 14м, 16м. Изменение стройподъема опалубки, определяемое по построенному графику, позволяет исключить или минимизировать их остаточные значения. Повышает качество строительства эстакады.

Практическая значимость работы заключается в повышении качества строительства мостов, что продлевает время их эксплуатации, в конечном итоге – к существенному положительному экономическому эффекту, исходя из высокой стоимости этих инженерных сооружений.

Научный интерес представляет предложение особых методов уравнивания геодезической разбивочной основы, опирающейся на

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 5 статьях научных журналов, рекомендованных ВАК РФ, доложены на 2-х научно-технических конференциях, в том числе Международной: «Геодезическое и геоинформационное обеспечение киберфизических систем на транспорте», 03-04 декабря 2020 г., г. Москва.

Работа выполнена на высоком научном уровне, имеет большую практическую значимость в инженерно-геодезических изысканиях в мостостроении. Методика выполненных исследований величин деформаций, влияющих на качество строительства, с целью их исключения, может быть использована для строительства мостов других конструкций.

Решая поставленные в работе задачи, диссертант Зверева Т.Г. продемонстрировала профессиональные знания по геодезии, навыки исследователя, способность анализировать проблемы и умение их решать. Выводы, приведенные по каждой главе, научно обоснованы и убедительны, практически значимые, что подтверждается справками о внедрении в производство мостостроительными организациями.

#### **Общие замечания по диссертационной работе**

Следует указать на имеющиеся недостатки в работе:

1. В работе отсутствует анализ зарубежного и отечественного опыта учета деформаций и их исключений при строительстве стальных мостов и эстакад крутых виражей автосъездов.
2. Не раскрыто понятие «от общего к частному» при построении геодезических сетей для обеспечения строительного комплекса.

3. Используется термин «точность плановых и высотных построений сетей», следует использовать «средние квадратические погрешности», указанием конкретных величин, или, например, «предельные погрешности».

4. Имеются неточности построений предложений, затрудняющих однозначность их понимания по тексту. Имеются опечатки.

Отмеченные недостатки не снижают достоинств рассматриваемой диссертационной работы, не оказывают влияния на её содержание.

### **Заключение**

Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным самостоятельно автором на высоком научно-техническом уровне. Полученные в работе результаты можно квалифицировать как новые научные достижения в геодезическом обеспечении строительства стальных мостов коробчатой конструкции, эстакад с железобетонными плитами проезда виражей автосъездов крутых радиусов, с длиной пролетов между опорами 14м и 16м. При этом практически исключаются деформации, вызываемые технологическими процессами строительства (сварочными работами, болтовыми соединениями, монтажом), изменениями температуры внешней среды, солнечной радиацией, надвижкой на капитальные опоры, что повышает качество строительства мостов и увеличивает сроки их эксплуатации. Это приводит к существенному положительному экономическому эффекту, так как мосты – дорогостоящие инженерные объекты.

Методика выполненных исследований величин деформаций и их исключение могут быть использованы при строительстве мостов других конструкций.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Вывод: диссертационная работа Зверевой Татьяны Геннадьевны «Разработка методики геодезического контроля за деформациями мостовых

сооружений в процессе строительства» является самостоятельным законченным научным трудом, решающим актуальную проблему исключения деформаций или минимизации их остаточных значений до допустимых проектом значений в процессе строительства. Работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям пп.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (ред. от. 20.03.2021 г.), а ее автор, Зверева Татьяна Геннадьевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.32 – «Геодезия».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры геодезии и геоинформатики ФГБОУ ВО «Государственный университет по землестройству» 10 сентября 2021 г. протокол №2.

Заведующий кафедрой  
геодезии и геоинформатики  
д.т.н., проф.



В.Н. Баранов

Доктор технических наук, профессор  
Баранов Владимир Николаевич