

УДК 528.4
DOI 10.17513/use.38471

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ НА КРАЮ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ЗОН С УЧЕТОМ МАСШТАБНОГО КОЭФФИЦИЕНТА НА ПРИМЕРЕ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ РЕКУ ОБЬ

Яковлев В.Г.

*Общество с ограниченной ответственностью «Мостовое бюро», Санкт-Петербург,
Российская Федерация, e-mail: vasiliiyakovlev@mail.ru*

Целью исследования является разработка методики устранения влияния масштабного коэффициента при развитии геодезической разбивочной основы для строительства. Масштабный коэффициент (или коэффициент масштаба) – это отношение длины линии на карте (проекции) к ее истинной длине на местности, учитывающее искажения, возникающие при переходе от кривизны Земли к плоской проекции, и зависящее от конкретной проекции (например, Гаусса – Крюгера) и расстояния от осевого меридиана. Масштабный коэффициент может иметь негативное влияние в процессе строительства мостов большой протяженности, так как он вносит искажения в длины линий, полученные спутниковыми методами определения координат. Произведен расчет предельного значения масштабного коэффициента для территории Российской Федерации, на основании требований нормативной документации определена необходимость устранения его влияния на геодезическую разбивочную основу для строительства. На примере моста через р. Обь в районе г. Сургута рассчитано теоретическое значение масштабного коэффициента для данного района строительства и произведено сравнение его значения с фактически полученным коэффициентом по материалам полевых наблюдений спутниковой аппаратурой и электронным тахеометром. Определена методика устранения данного влияния на геодезическую разбивочную основу для строительства мостов, произведен анализ возможного искажения высотных отметок в результате примененного метода. Выполнен анализ необходимости использования данной методики для мостов различной протяженности. Результаты исследования позволили разработать методику, дающую возможность исключить влияние масштабного коэффициента в случаях, когда выполнены геодезические изыскания на краю картографической зоны и по этим материалам произведено проектирование большого мостового сооружения, для дальнейшей реализации проекта на местности без возможных ошибок, связанных с искажением длин линий из-за влияния масштабного коэффициента на геодезическую разбивочную основу.

Ключевые слова: масштабный коэффициент, геодезическая разбивочная основа для строительства, измеренная длина линии, мостовой переход, мост, геодезическое обеспечение строительства мостов

GEODETC SUPPORT FOR THE CONSTRUCTION OF BRIDGE STRUCTURES AT THE EDGE OF CARTOGRAPHIC ZONES, TAKING INTO ACCOUNT THE SCALE FACTOR USING THE EXAMPLE OF A BRIDGE CROSSING ACROSS THE OB RIVER

Yakovlev V.G.

*Limited Liability Company “Bridge Bureau”, Saint Petersburg, Russian Federation,
e-mail: vasiliiyakovlev@mail.ru*

The aim of the work is to develop a methodology for eliminating the influence of the scale factor in the development of a geodetic survey basis for construction. A scale factor (or scale factor) is the ratio of the length of a line on a map (projection) to its true length on the ground, taking into account the distortions that occur during the transition from the curvature of the Earth to a flat projection, and depending on the specific projection (e.g. Gauss-Krüger) and the distance from the central meridian. The scale factor can have a negative impact on the construction of long bridges, as it introduces distortions into the line lengths obtained using satellite coordinate determination methods. The maximum value of the scale factor for the territory of the Russian Federation was calculated, and the need to eliminate its impact on the geodetic survey basis for construction was determined based on the requirements of regulatory documentation. Using the example of a bridge across the Ob River near the city of Surgut, the theoretical value of the scale factor for this construction area was calculated and compared with the actual coefficient obtained based on field observations using satellite equipment and an electronic tachometer. A method for eliminating this influence on the geodetic survey basis for bridge construction has been determined, and an analysis of the possible distortion of elevation marks as a result of the method applied has been carried out. An analysis of the need to use this method for bridges of varying lengths was carried out. The results of the study made it possible to develop a methodology that makes it possible to exclude the influence of the scale factor in cases where geodetic surveys have been carried out at the edge of a cartographic zone and a large bridge structure has been designed based on these materials. To further implement the project on the ground without possible errors associated with the distortion of line lengths due to the influence of the scale factor on the geodetic survey basis.

Keywords: scale factor, geodetic survey basis for construction, measured length of line, bridge crossing, bridge, geodetic support for bridge construction

Введение

Масштабный коэффициент (или коэффициент масштаба) – это отношение длины линии на карте (проекции) к ее истинной длине на местности, учитывающее искажения, возникающие при переходе от кривизны Земли к плоской проекции, и зависящее от конкретной проекции (например, Гаусса – Крюгера) и расстояния от осевого меридиана. В геодезической практике неоднократно встречаются ситуации, когда на стадии изысканий под строительство линейных объектов (автомобильных дорог) производится картографирование земной поверхности с учетом масштабного коэффициента. В последующем на основании полученных топографических планов проектируются автомобильные дороги с искусственными сооружениями на них. Для реализации проекта производится развитие геодезической разбивочной основы для строительства, которая будет строиться с учетом того же масштабного коэффициента.

Наличие масштабных искажений может оказывать негативное влияние на процесс строительства мостов большой протяженности.

В основу исследования данной проблематики были положены материалы геодезических наблюдений во время строительства мостового перехода через р. Обь в районе г. Сургута.

Сургутский мост построен вблизи г. Сургута в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре.

Характеристики моста:

- схема сооружения: $(84,0 + 105,0 + 126,0 + 6 \times 153 + 126 + 105 + 84) + (3 \times 63)$ м;
 - длина моста – 1758,22 м;
 - категория автомобильной дороги – II.
- Пролетные строения отдельные под каждое направление движения – неразрезные металлические балочные сплошностенчатые с ортотропной плитой проезжей части;
- опоры – сборно-монолитные, нижняя часть опоры единая на оба направления, из контурных блоков с заполнением железобетоном, верхняя часть опоры – отдельная монолитная железобетонная;
 - подмостовой габарит русловой части моста $2 \times (140 \times 17)$ м.

Данное мостовое сооружение относится к внеклассным мостам. Ширина р. Обь в районе мостового перехода достигает более 1 км, что является основной причиной увеличенного расстояния между пунктами геодезической разбивочной основы на разных берегах. Для увеличенных расстояний

масштабный коэффициент вносит значительные искажения в длину линии, следовательно, существует необходимость в устранении его влияния на создаваемую геодезическую сеть.

Цель исследования – разработка метода устранения влияния масштабного коэффициента при развитии геодезической разбивочной основы для строительства мостового сооружения.

Материалы и методы исследования

В Российской Федерации при картографировании (создании топографических планов) широко применяются местные зональные плоские прямоугольные координаты X и Y в проекции Гаусса – Крюгера.

«Местная система координат устанавливается в отношении ограниченной территории, не превышающей территорию субъекта Российской Федерации, и устанавливается в 3-градусной или 6-градусной зонах картографической проекции общего земного эллипсоида, применяемого в государственной геодезической системе координат 2011 г. (ГСК-2011)» [1; 2].

На осевом меридиане зоны (меридиане, принятом за ось какой-либо местной системы координат на поверхности [3, п. 60], в которой выполнена съемка) значение масштабного коэффициента равно единице, что означает отсутствие искажений длин вдоль осевого меридиана.

По мере удаления от осевого меридиана зоны происходит нарастание масштаба, вследствие чего длины линий искажаются. Величину искажения длины линии характеризует масштабный коэффициент.

Масштабный коэффициент m_y можно вычислить по приближенной формуле [4, с. 97]:

$$m_y = 1 + \frac{Y^2}{2R^2}, \quad (1)$$

где Y – ордината, эквивалентная удаленности середины редуцируемой линии от осевого меридиана, км;

R – средний радиус кривизны эллипсоида, 6371 км.

Для проекции Гаусса с зонами величиной 6° и значением большой полуоси $a = 6378,1365$ км [5], можно получить ширину зоны l на экваторе по формуле

$$l = \frac{2\pi a}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6378,1365}{60} = 667,6 \text{ км.} \quad (2)$$

Тогда расстояние от осевого меридиана до края зоны на экваторе составит половину

полученного значения 333,8 км. Наибольшее удаление от осевого меридиана для Российской Федерации будет находиться на широте $B = 41^{\circ}11'$, для этой широты удаление края зоны от осевого меридиана можно найти по формуле

$$\frac{l}{2} \cos B = 333,8 \cdot \cos 41^{\circ}11' = 251 \text{ км. (3)}$$

Используя формулу (1), найдем значение масштабного коэффициента при удалении точки от осевого меридиана на 251 км. Оно составит 1,000776, то есть при измерении длины линии в 1 км искажение составит 776 мм. Полученное значение будет максимальным при картографировании на территории Российской Федерации.

При этом в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59865-2022 п. 8.17 «Мостовую геодезическую разбивочную основу (МГРО) необходимо создавать с применением масштабного коэффициента, равного 1,0000000, с целью исключения влияния редукции» [6, с. 12]. Отметим, что данное требование не распространяется на пункты геодезической разбивочной основы (ГРО) для строительства автомобильной дороги.

При этом расстояния между осями опирания фактически собранных мостовых опор должны строго совпадать с осями опирания надвигаемого пролетного строения, собранного на берегу, иначе будет невозможно установить надвинутое пролетное строение на опорные части, которые,

в свою очередь, установлены на подферменники мостовых опор. Отметим, что несовпадение осей опирания на опоре с осями опирания на пролетном строении может привести к необходимости переустройства подферменных площадок и изменения конструкции деформационных швов на устоях. Следовательно, измеренные длины линий должны быть свободны от редуccionного влияния масштабного коэффициента.

Приведем вычисление масштабного коэффициента на примере строительства мостового перехода через р. Обь в районе г. Сургута. На подготовительном этапе строительства подрядной организацией была создана геодезическая разбивочная основа для строительства моста (рис. 1, 2).

Определение плановых координат пунктов ГРО для строительства автомобильной дороги и мостового перехода выполнялось с применением спутниковой аппаратуры в режиме статика, от пунктов государственной геодезической сети (ГГС), в местной системе координат МСК-86 зона 3 Таймырский (Долгано-Ненецкий) автономный округ [7, с. 25]. Средняя ордината для пунктов мостового ГРО имела значение $y = 3\,581\,000$ м, где первая цифра (3) – номер зоны. Тогда удаленность средней точки сети от осевого меридиана составит $581\,000 \text{ м} - 500\,000 \text{ м} = 81\,000 \text{ м} = 81 \text{ км}$.

Используя формулу (1), получим значение масштабного коэффициента, равное 1,000080.



Рис. 1. Схема автомобильной дороги с мостовым переходом
Примечание: составлен автором по результатам исследования

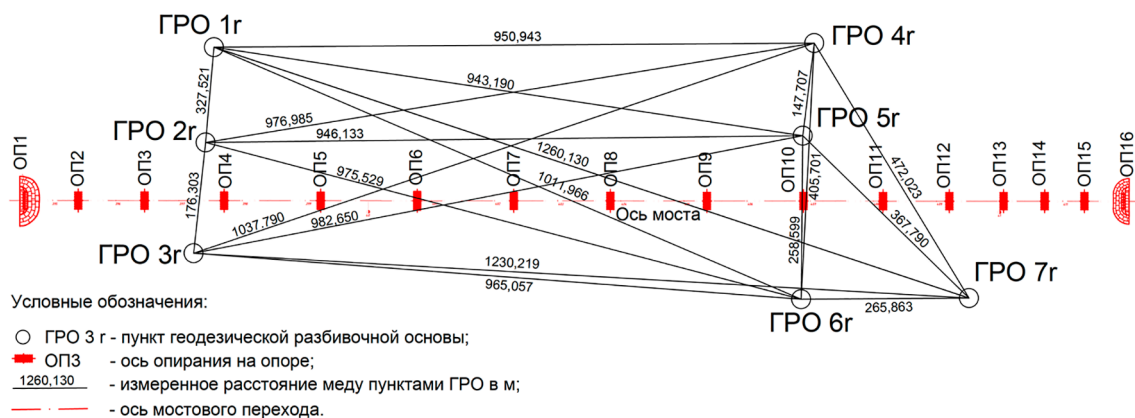


Рис. 2. Схема геодезической сети для строительства моста
Примечание: составлен автором по результатам исследования

Таблица 1

Материалы контрольных измерений

| Пункт стояния | Пункт наблюдения | Измеренное горизонтальное проложение, м | Горизонтальное проложение из отчета, м | Разность длин, м | Масштабный коэффициент |
|---------------|------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|------------------|------------------------|
| GRO-1r | GRO-7r | 1260,130 | 1260,224 | 0,094 | 1,0000746 |
| | GRO-6r | 1011,966 | 1012,038 | 0,072 | 1,0000711 |
| | GRO-2r | 151,231 | 151,239 | 0,008 | 1,0000529 |
| | GRO-3r | 327,521 | 327,549 | 0,028 | 1,0000855 |
| | GRO-4r | 950,943 | 951,010 | 0,067 | 1,0000705 |
| | GRO-5r | 943,190 | 943,256 | 0,066 | 1,0000700 |
| GRO-2r | GRO-3r | 176,303 | 176,324 | 0,021 | 1,0001191 |
| | GRO-5r | 946,133 | 946,203 | 0,070 | 1,0000740 |
| | GRO-4r | 976,985 | 977,058 | 0,073 | 1,0000747 |
| | GRO-6r | 975,529 | 975,602 | 0,073 | 1,0000748 |
| GRO-3r | GRO-4r | 1037,790 | 1037,871 | 0,081 | 1,0000780 |
| | GRO-5r | 982,650 | 982,726 | 0,076 | 1,0000773 |
| | GRO-6r | 965,057 | 965,130 | 0,073 | 1,0000756 |
| | GRO-7r | 1230,219 | 1230,315 | 0,096 | 1,0000780 |
| GRO-4r | GRO-5r | 147,707 | 147,718 | 0,011 | 1,0000745 |
| GRO-6r | GRO-4r | 405,701 | 405,737 | 0,036 | 1,0000887 |
| | GRO-5r | 258,599 | 258,623 | 0,024 | 1,0000928 |
| | GRO-7r | 265,863 | 265,886 | 0,023 | 1,0000865 |
| GRO-7r | GRO-4r | 472,023 | 472,065 | 0,042 | 1,0000890 |
| | GRO-5r | 367,790 | 367,824 | 0,034 | 1,0000924 |
| | | | | Среднее | 1,0000800 |

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования.

В результате выполненных работ был составлен каталог координат пунктов ГРО, координаты которых были определены с учетом данного масштабного коэффициента. При этом в самом отчете о наличии масштабного

коэффициента не упоминалось. Этот коэффициент был выявлен в процессе проведения контрольных измерений на пунктах мостового ГРО с применением электронного тахеометра, данные о которых представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что расчетный масштабный коэффициент совпал с фактическим. При схеме надвигаемого пролетного строения мостового перехода $84,0 + 105,0 + 126,0 + 6 \times 153,0 + 126,0 + 105,0 + 84,0$ м его длина составит $1548 \text{ м} = 1\,548\,000 \text{ мм}$. С учетом масштабного коэффициента расстояние между собранными крайними опорами, построенными от пунктов ГРО, редуцированных на плоскость в проекции Гаусса, составило бы $1\,548\,000 \times 1,0000800 = 1\,548\,123 \text{ мм}$, то есть было бы на 123 мм длиннее, чем само собранное пролетное строение, что является недопустимым.

Основной причиной влияния масштабного коэффициента на координаты пунктов ГРО для строительства моста явилась совместная обработка спутниковых наблюдений, которые были выполнены на пунктах для строительства моста и автомобильной дороги, с последующим приведением координат на плоскость в проекции Гаусса.

Из описанного выше видно, что при возведении протяженных мостовых переходов возникает необходимость создания отдельной геодезической сети для строительства больших мостов, причем создана она должна быть так, чтобы данная сеть могла сопрягаться с геодезической сетью для строительства автомобильной дороги.

Методика устранения влияния масштабного коэффициента на геодезическую сеть

Для решения этой задачи при проектировании и дальнейшем создании геодезической разбивочной основы для линейного

объекта необходимо производить построение такой сети отдельно для искусственных сооружений и отдельно для автомобильной дороги.

При этом необходимо, чтобы:

– разбивочные точки, полученные путем выноса с пунктов ГРО для строительства автомобильной дороги, имели минимальные отличия с одноименными точками, полученными с пунктов мостового ГРО;

– поперечное смещение оси моста дороги отсутствовало, то есть продольная ось моста и автомобильной дороги должны однозначно определяться как с пунктов мостового ГРО, так и с автодорожных пунктов ГРО;

– продольное смещение оси (нахождение пикетов) при работе с обеими сетями ГРО было минимальным и не оказывало существенного влияния на продольный профиль дороги.

Поставленная выше задача может быть решена с применением следующей методики:

1. Проектирование геодезической сети для строительства мостового перехода должно выполняться таким образом, чтобы хотя бы пара пунктов размещалась вдоль оси мостового перехода или с одинаковым удалением от нее. В такую геодезическую сеть желательно включить минимум два пункта ГРО для строительства автомобильной дороги. На стадии проектирования необходимо определиться с методами геодезических построений, точностными характеристиками используемого оборудования, методами уравнивания. Пример сети мостовой ГРО приведен на рис. 3.

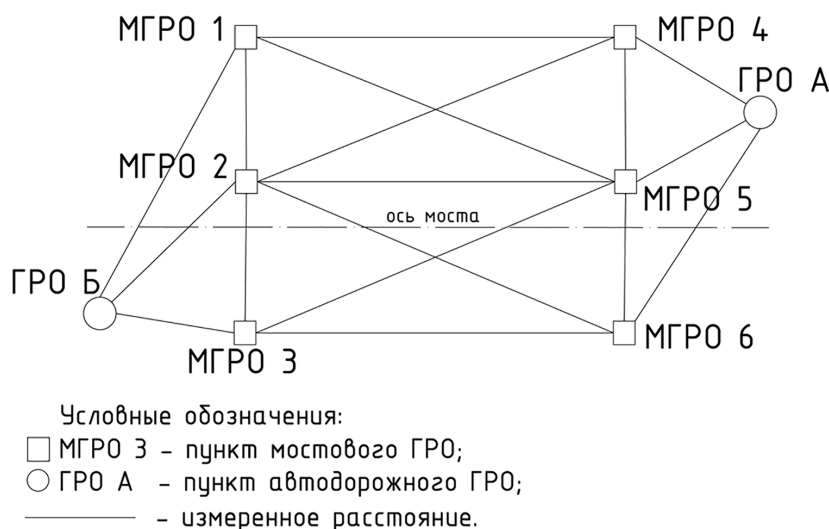


Рис. 3. Пример схемы мостовой геодезической разбивочной основы
Примечание: составлен автором по результатам исследования

2. Геодезические измерения для планового определения пунктов МГРО и ГРО должны производиться одним из способов, используемых для построения таких сетей (спутниковые определения в режиме «Статика», линейно-угловые построения или трилатерация). В случае использования спутниковых методов в процессе обработки материалов наблюдений получаемые векторы должны быть свободны от влияния масштабного коэффициента.

3. После измерений, так как полученная сеть является геодезической сетью специального назначения, необходимо произвести свободное уравнивание полученной сети и выполнить оценку точности по материалам уравнивания [8; 9]. Среднеквадратическая погрешность взаимного определения координат пунктов МГРО не должна превышать значения в 6 мм [6, с. 12; 10, табл. 1].

4. Затем из решения обратной геодезической задачи [11, с. 23] нужно дважды определить длины линии между пунктами ГРО А и ГРО Б: используя из каталогов координаты пунктов сети ГРО для строительства автомобильной дороги (получим длину D_a) и длину линии, полученную по координатам свободного уравнивания мостовой сети (получим длину D_m).

Формула для расчета длины линии имеет вид

$$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}. \quad (4)$$

Формула для расчета дирекционного угла имеет вид

$$\alpha = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X}. \quad (5)$$

5. Следующим действием рассчитывается разница длин линий D_a и D_m по формуле

$$\Delta = D_a - D_m. \quad (6)$$

6. Далее, необходимо, используя решение прямой геодезической задачи [11, с. 23], произвести пересчет координат пункта ГРО Б по направлению к пункту ГРО А на величину $\Delta/2$.

Вычисление новых координат пункта ГРО Б производится по формулам

$$X'_A = X_A + \frac{\Delta}{2} \cos \alpha, \quad (7)$$

$$Y'_A = Y_A + \frac{\Delta}{2} \sin \alpha. \quad (8)$$

7. Используя расстояние, полученное из свободного уравнивания D_m , рассчитывается значение новых координат пункта ГРО А по формулам

$$X'_A = X'_A + D_m \cos \alpha, \quad (9)$$

$$Y'_A = Y'_A + D_m \sin \alpha. \quad (10)$$

8. Наконец, необходимо произвести перерасчет координат всех пунктов МГРО, подставив полученные при выполнении п. 6 и 7 значения координат в материалы уравнивания сети в качестве исходных данных.

Данная методика позволяет при выполнении геодезических разбивочных работ как от пунктов мостового, так и от пунктов автодорожного ГРО получать на местности выносимую проектную ось автомобильной дороги, которая будет удовлетворять требованиям по точности взаимного положения смежных осей в 2 мм [12, табл. 11].

Оценим максимальное влияние величины продольного смещения пикетажа. Так как при удаленности объекта строительства от осевого меридиана зоны на 251 км масштабное искажение длины линии составит 776 мм, после редуцирования системы координат расхождение пикетных значений составит половину этого значения, то есть 388 мм. Максимальный продольный уклон, согласно нормативной документации, составляет не более 30 ‰ [13; 14], тогда расхождение высот из-за пикетажа при применении ГРО автодороги и МГРО на 388 мм составит 12 мм.

В соответствии с ГОСТ Р. 59120-2021 «Не более 10% результатов определений высотных отметок по оси оснований и покрытий дорожных одежд должны иметь отклонения от проектных значений не более ± 20 мм» [15, п. 8.10.2].

Рассчитанное расхождение в 12 мм укладывается в допустимое значение, при этом необходимо учесть, что расчет произведен для самого неблагоприятного (удаленного от осевого меридиана) участка картографической зоны, полученного применительно к территории Российской Федерации. Следовательно, при всех остальных положениях измеряемых длин линий на картографической проекции в пределах зоны расхождение будет еще меньше, а это значит, что данными несходимостями можно пренебречь и считать получаемый продольный сдвиг для значений отметок высот не оказывающим влияния на продольный профиль всего мостового перехода.

Таблица 2

Расчет значений поправок в длины линий
в зависимости от удаления от осевого меридиана зоны

| Удаленность от осевого меридиана, км | Масштабный коэффициент | Длина моста, м | | | | | | | |
|--------------------------------------------|---------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 3000 | 1500 | 1000 | 500 | 400 | 300 | 200 | 100 |
| 10 | 1,000001232 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 20 | 1,000004927 | 0,015 | 0,007 | 0,005 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,000 |
| 30 | 1,000011087 | 0,033 | 0,017 | 0,011 | 0,006 | 0,004 | 0,003 | 0,002 | 0,001 |
| 40 | 1,000019709 | 0,059 | 0,030 | 0,020 | 0,010 | 0,008 | 0,006 | 0,004 | 0,002 |
| 50 | 1,000030796 | 0,092 | 0,046 | 0,031 | 0,015 | 0,012 | 0,009 | 0,006 | 0,003 |
| 60 | 1,000044346 | 0,133 | 0,067 | 0,044 | 0,022 | 0,018 | 0,013 | 0,009 | 0,004 |
| 70 | 1,00006036 | 0,181 | 0,091 | 0,060 | 0,030 | 0,024 | 0,018 | 0,012 | 0,006 |
| 80 | 1,000078838 | 0,237 | 0,118 | 0,079 | 0,039 | 0,032 | 0,024 | 0,016 | 0,008 |
| 90 | 1,000099779 | 0,299 | 0,150 | 0,100 | 0,050 | 0,040 | 0,030 | 0,020 | 0,010 |
| 100 | 1,000123184 | 0,370 | 0,185 | 0,123 | 0,062 | 0,049 | 0,037 | 0,025 | 0,012 |
| ... | | | | | | | | | |
| 251 | 1,000776 | 2,327 | 1,164 | 0,776 | 0,388 | 0,310 | 0,233 | 0,155 | 0,078 |

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

Предложенная методика позволяет уменьшить влияние масштабного коэффициента, устанавливается новая система координат для строительства искусственного сооружения (моста), при этом ось моста в поперечнике будет совпадать с осью автомобильной дороги на подходах. Различие пикетажа у автомобильной дороги и мостового сооружения на 388 мм (данное значение является максимально возможным для территории России) не окажет весомого значения на перепады высот в продольном профиле дороги.

Рассмотрим, при каких случаях данная методика может не использоваться.

Необходимость использования данного способа редуцирования геодезической сети зависит от длины моста, удаленности объекта от осевого меридиана зоны. В табл. 2 представлен расчет значений поправок в длины линий в зависимости от удаления их от осевого меридиана зоны.

Анализ табл. 2 показывает, что:

- при длине моста не более 3000 м и удалении объекта строительства от осевого меридиана зоны менее, чем на 10 км;
- при длине моста не более 1000 м и удалении объекта строительства от осевого меридиана зоны менее, чем на 20 км;
- при длине моста не более 400 м и удалении объекта строительства от осевого

меридиана зоны менее, чем на 30 км, при длине моста не более 200 м при удалении объекта строительства от осевого меридиана зоны менее, чем на 40 км;

– при длине моста не более 100 м и удалении объекта строительства от осевого меридиана зоны менее, чем на 60 км – масштабный коэффициент не вносит значительных искажений в геодезическую сеть. Поэтому для таких мостов сеть МГРО может развиваться с учетом масштабного коэффициента. Во всех остальных случаях необходимо устранять влияние масштабного коэффициента.

Заключение

Данная методика исключения влияния масштабного коэффициента применима в случаях, когда выполнены геодезические изыскания на краю картографической зоны и по этим материалам выполнено проектирование большого мостового сооружения, для дальнейшей реализации проекта на местности без возможных ошибок, связанных с искажением длин линий из-за влияния масштабного коэффициента на геодезическую разбивочную основу.

Список литературы

1. Российская Федерация. Законы. О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. (с изм. на 31 июня 2025 г.) ст. 30, п. 4., п. 5: Федер. закон

№ 431-ФЗ от 30 декабря 2015 г.: принят Государственной думой 22 декабря 2015 г.; одобрен Советом Федерации 25 декабря 2015 г.: внесены изменения 31 июня 2025 г. // Техэксперт. [Электронный ресурс]. URL: <https://boyard.kodeks.ru/docs/> (дата обращения: 19.11.2025).

2. Российская Федерация. Нормативный правовой акт. Об утверждении порядка установления местных систем координат» Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (с изм. на 20 июня 2022 г.) п. 3: Приказ Росреестра № П/0387 от 20 октября 2020 г.: принят Росреестр 20 октября 2020 г.: внесены изменения 30 июня 2022 г. // Техэксперт. [Электронный ресурс]. URL: <https://boyard.kodeks.ru/docs/> (дата обращения: 19.11.2025).

3. ГОСТ 22268-76. Геодезия. Термины и определения. Официальное издание. М.: Издательство стандартов, 1981. п. 60.

4. Граур А.В. Математическая картография. Л.: Издательство Ленинградского университета, 1956. 372 с.

5. Российская Федерация. Постановление Правительства Российской Федерации № 1240 от 24 ноября 2016 г. «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы» // Электронный фонд правовых и нормативных документов. [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201611280018> (дата обращения: 19.11.2025).

6. ГОСТ Р 59865-2022. Дороги автомобильные общего пользования. Сети геодезические для строительства и про-

ектирования. Общие требования. Официальное издание. М.: ФГБУ «РСТ», 2022.

7. Герасимов А.П., Назаров В.Г. Местные системы координат. 2-е изд. М.: Проспект, 2010. 64 с. ISBN 978-5-98597-168-2.

8. СП 317.1325800.2017. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Общие правила производства работ. п. 5.2.9. Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2018.

9. СП47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017. п. 5.1.5.

10. СП 46.13330.2012. Мосты и трубы. Официальное издание. М.: Минрегион России, 2011.

11. Чугреев И.Г., Усова Н.В., Владимиров М.Р. Основы геодезии. М.: МИИГАиК, 2017. 146 с.

12. ГОСТ 32869-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению топографо-геодезических изысканий. Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2016.

13. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2017. Таб. 11.2а.

14. СП 34.13330.2021. Автомобильные дороги. (с Изменением 1) Официальное издание. М.: ФГБУ «РСТ», 2025. п. 5.3.

15. ГОСТ Р 59120-2021. Автомобильные дороги общего пользования. Дорожная одежда. Общие требования. Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2021.

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The author declares that there is no conflict of interest.