Жумаев Маъмур Норбута угли
ООО «AD EXPRESS INVEST STROY»
Самарканд, Узбекистан

СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ПРОЕКЦИИ ГАУССА–КРЮГЕРА И СИСТЕМЫ КООРДИНАТ В ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТАХ

Аннотация: В данной статье выполнен анализ существующих геодезических проекций, даны расчеты необходимых предельных точностей в зависимости от предьяляемых к инженерно-геодезическим городским и маркшейдерским работам требований различным отраслими народного хозяйства в Кыргызской Республики.

Рассмотрены недостатки проекции Гаусса-Крюгера для городских, инженерно-геодезических и маркшейдерских работ. Отмечены преимущества стереографических проекций перед другими для этих видов геодезических работ.

Ключевые слова: топографическая съемка, координат, проекции Гаусса –Крюгера, стереографическая проекция, погрешность, горные районы, тоннель, переваль,геодезическая сеть.

Jumayev Ma’mur Norbuta ugli
“AD EXPRESS INVEST STROY” LLC
Samarkand Uzbekistan

MODERN APPLICATION OF THE GAUSS–KRÜGER PROJECTION AND COORDINATE SYSTEM IN ENGINEERING-GEODETIC AND MINING SURVEYING WORKS

Annotation: This article analyzes existing geodetic projections and provides calculations of the required maximum accuracy depending on the requirements for urban geodetic and surveying work by various sectors of the national economy in the Kyrgyz Republic.

The disadvantages of the Gauss-Kruger projection for urban, geodetic and surveying works are considered. The advantages of stereographic projections over others for these types of geodetic work are noted.

Keywords: topographic survey, coordinates, Gauss-Kruger projection, stereographic projection, error, mountainous areas, tunnel, pass, geodetic network.

Однако прежде чем приступить к решению этой задачи, рассмотрим современную практику применения *проекции и координат Гаусса-Крюгера в инженерных городских геодезических и маркшейдерских работах.*

С развитием инженерно-геодезических и городских работ недостатки системы координат Гаусса-Крюгера привели к тому, что ее стали постепенно заменять условными местными системами прямоугольных координат, которые более или менее отвечали требованиям градостроительной и маркшейдерской практики в территории Кыргызстана[12] .

Кратко проследим современную практику применения проекции и системы координат в главнейших областях инженерной деятельности, в частности:

- *В инженерно-геологических и геофизических работах;*
- *В гидро-энерго-строительстве;*
- *В градостроительстве;*
- *В промышленном и гражданском строительстве;*
- *В горно-маркшейдерских работах.*

При инженерно-геологических и геофизических работах Кыргызстана сравнительно невысокая относительная точности, порядка 1:1000-1:1500, производимых геологических и геофизических работ позволяет применять проекцию и координаты Гаусса-Крюгера независимо от расположения исследуемого участка от осевого меридиана 3-х или 6°-ти зоны.

Однако, предъявляемые требования к точности инженерно-геодезических и съемочных работ, выполняемых в масштабах 1:2000 -1:500 для инженерной геологической практики коренным образом меняют постановку вопроса о выборе целесообразной проекции[11].

Примем предельную графическую точность m_D *топографической съемки для точки D (рисунок 1), определяемой из геодезической привязки, тогда, следуя рассуждениями среднюю квадратическую ошибку точки к сети сгущения, как опорной, в худшем случае нужно иметь в два раза меньшую, чем* m_D, *т.е.*

$$m_k = \frac{m_D}{2} \qquad (1)$$

При соблюдении такого требования в государственной геодезической сети (пункты А, В, С) необходимо иметь точность в 2-3 раза выше, чем точность развиваемой сети сгущения, поскольку она предназначена не только для топографической съемки, но и для целого ряда геодезических измерений, выполняемых для проектных и строительных работ.

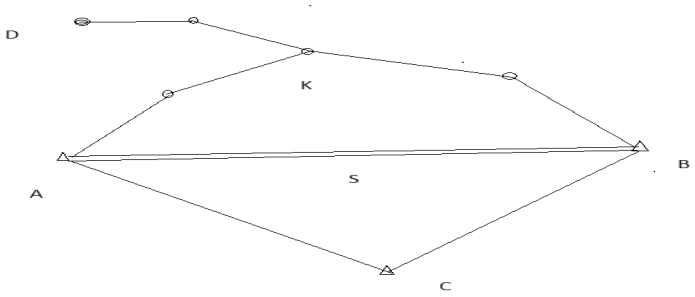


Рисунок 1 − Топографической съемки для точки D

Следовательно, $m_B = m_s = \frac{m_k}{z} = \frac{m_D}{4}$ (2)

где m_s*- средняя квадратическая ошибка в длине стороны триангуляции, приравненная к ошибке определения пункте.*

Таким образом согласно инструкции для последней ступени съемки в масштабе 1:500 при точности построения топографической основы геологических карт равной ±0,3мм, имеем $m_D = 0{,}15$ *м,* $m_k = 0{,}075$ *м,* $m_s = 0{,}038$ *м.*

Другими словами, самая слабая сторона триангуляции 4 класса длиной 2 км должна определяться с относительной ошибкой $\frac{m_s}{4} = \frac{0.038}{2000} = \frac{1}{50000}$

Относительная ошибка сети сгущения, проложенной между пунктами триангуляции 4 класса, определяется по формуле.

$$\frac{1}{N} = \frac{2m_k}{2500} = \frac{1}{17000} \quad (3)$$

Для съемочного обоснования, при длине теодолитного хода между точками полигонометрии равной 0.5 км, получим $\frac{1}{N} = \frac{2m_D}{d} = \frac{2 \times 0.15}{500} = \frac{1}{1700}$

Откуда следует, что если пользоваться численными результатами съемок в проекции Гаусса-Крюгера, то при выносе проектов инженерно-геологических объектов в натуру мы должны и углы, рассчитанные по координатам, вводить поправки за переход с плоскости на эллипсоида. Это, конечно, доставляет больше неудобства в вычислениях. Поэтому, чтобы избежать этого на практике весьма часто пользуются местной системой координат[12,13].

В гидро-энергостроительство планы выполняются в масшабе 1:5000-1:500 влибо в проекции Гаусса-Кюгера в 3^0-х зонах, либо в местной системе координат.

В зависимости от вида за проектированного гидротехническгго сооружения определяется и рассчитывается точность инженерно-геодезических работ, которая согласно инструкциям по инженерно-геодезическим работам для гидротехнического стрительства достаточно высокая и составляет от 20 до 1 мм.

Точность обычных геодезических сетей в таких случаях не всегда удовлетворяет указанному допуску. Поэтому для этих целей используется специальная гидротехническая триангуляция трех разрядов. Особенность ее заключается в том, что при наличии коротких сторон сети, она обеспечивает получение длин сторон, углов и координат с высокой степенью точности[15].

Показывают результаты исследований точности государственной геодезической сети Кыргызстана, что относительная ошибка наиболее слабой стороны гидротехнической триангуляции находится в пределах от 1:70000 до 1:200000. Государственное обоснование не может представить исходных данных для указанной сети специального назначения, т.к. ошибки этих данных одного порядка с соботвенно ошибками измерения наиболее

ответственных сторон. Следовательно, чтобы не вносить ошибок исходных данных в сети специального назначения, госуларственные геодезические сети Кыргызстана должны иметь относительные ошибки слабо определленых сторон от 1:40000 до 1:400000.

Поэтому геодезичекие сети гидротехнической триангуляции следует создавать на собственных базисах, используя лишь ориентировку направлений и координаты одного изпунктов гооударственной геодезической сети. Высокоточная гидротехническая геодезическая сеть должна обрабатываться в такой проекции котороя дала бы неощутимме искажения расстояний и редукции углов[11,13].

По этой причине вопросы целесообразного выбора повериности относимости и осевого меридиана в гидро-энергостроительстве имеют большое принципиальное значение.

Так, к примеру, при обработке высокоточный гидротехнический триангуляции 2 разряда, выполненной автором для строительства выскогорного Кировского водохранилища в территории Кыргызстана, пришлось вообще отказаться от проекции Гаусса-Крюгера, поскольку длина плотины в 257 м, вычисленная в ней, на 50 мм больше действительной, а отводного тоннеля длиной 360 м, - соответственно на +68 мм.

По Токтогульской ГЭС соответствущие величины значительно больше.

Естественно, что на практике при использовании геодезических данных, если они вычислены в проекции Гаусса-Крюгера, в проектировании и строительстве возникают определенные трудности [12-13].

Для проектирования и строительства городов согласно СНиП КР 10-01:2017 необходимо иметь топографические карты и планы в масштабов 1:10000 -1:500.

Настоящие строительные нормы определяют основные требования, предъявляемые на территории Кыргызстана к составу и содержанию материалов, порядку разработки, рассмотрения, согласования и утверждения всех стадий градостроительной документации.

Из всех перечисленных картаграфических материалов карты и планы масштабов 1:10000-1:5000 выполняются обычно в проекции и по координатам Гаусса-Крюгера, а остальные либо в условнной, либо в местной системе координат.

Чтобы обеспечить точность изображаемых предметов городских территортий со сложым надземним и подземным хозяйством в поледней стадии съемок в масштабе 1:500, необходимо определять точки съемочных ходов со средней квадратической ошибкой ±0,2 мм на плане что соответствует m_d=±0,10 м на местности.

Тогда относительная ошибка определения слабой стороны городской триангуляции 4 класса при S=2 км должна быть $\frac{m_s}{s}=\frac{0,025}{2000}=\frac{1}{80000}$

Относительная ошибка для сети сгущения проложенной между пунктами триангуляции равно $\frac{m_k}{s}=\frac{2\times 0,05\,м}{2500}=\frac{1}{2500}$

Для съемочного обоснования при длине теодолитного хода 0,8 км между точками полигонометрии, при масштабе 1:500 аналогично прежнему получим

$$\frac{m_d}{d}=\frac{2\times 0{,}010}{800}=\frac{1}{4000}$$

Соответственно, при длине теодолитного хода d=500м, вместо данной точности 1:2000, относительная ошибка будет $\frac{m_d}{d}=\frac{2\times 0{,}10}{500}=\frac{1}{2500}$

Очевидно, созданное постоянное обоснование такой точности будет достаточным при решении многих инженерно-технических задач градостроительства.

Перенесение в натуру проектов планировки и застройки городов производится действием обратным съемке местности. Геодезические разбивочные работы в большинстве случаев по точности в несколько раз выше точности работ, производимых при съемке. Для обеспечение разбивки, а также для контроля ее необходимо, чтобы положение пунктов разбивочной опорной сети было определено с точностью в 2 раза больше той которая принята при разбивке сооружений. Поэтому предельная относительная ошибка взаимного положения пунктов плановой опорной сети в последней стадии должна быть принята соответственно 1:5000, что соответствует 2 разряду по классификации городской полигонометрии[12-15].

Созданное плановое обоснование такой точности в системе координат Гаусса-Крюгера во многих случаях практики городских работ потребует обратного перехода к натуральным значениям длин сторон и углов.

В противном случае, при выполнение инженерно-геодезических работ с относительной ошибкой выше 1:2500 для разбивки уникальных сооружений и коммуникаций потребуются специальные локальные сети ограниченного распространения, или на собственных базисах, измеренных с высокой степенью точности без введения каких-либо поправок в длины сторон и углов.

Геодезические съемки территорий промышленных предприятий, за исключением специальных объектов, по методу выполнения близки к городским крупномасштабным. Следовательно, точность триангуляции, полигонометрии и сетей сгущения одинаковой с рассчитанной для градостроительства. Относительные невязки теодолитных ходов не должны превышать 1:2500 при максимальной длине хода 0,5 км.

Однако при современных методах строительства из сборных конструкций и элементов требуется наибольшая точность при разбивке зданий по сравнению с точностью разбивки кирпичных сооружений. В связи с этим, требования промышленного и гражданского строительства к инженерно-геодезическим работам увеличиваются и как следствие этого, чаще возникает потребность в создании специального высокоточного геодезического обоснования[11-13].

Поэтому много проектные и строительные организации пользуются топографическими планами масштабов 1:2000-1:500 и аналитическими

данными в условной или местной системах координат, так как размеры крупнейших сооружений длиной более 1км вынесенные в натуру по геодезическому обоснованию в проекции Гаусса-Крюгера, на краю 3°-х зон увеличиваются до 20 см, что значительно превышает технические допуски в строительстве.

В горно-маркшейдерских работа Кыргызстана гораздо чаще, чем в других из-за отсутствия исходных данных и значительных искажений проекции Гаусса-Крюгера, применяется условная система координат, приведенная к средней уровненной поверхности участка горных работ.

Так к примеру, если использовать плановое обоснование для автодорожного тоннеля Too-Ашуу по трассе Бишкек-Ош длиной 2370 м в проекции Гаусса-Крюгера, то для края 3°-й зоны (у $_{m=}120_{км}$) под широтой 45°, получим

$$\Delta S_{3^\circ} = S\frac{y^2 m}{2R^2 m} = S\frac{1}{5000} = 0{,}474\,м$$

А если учесть широкий размах горно-маркшейдерских работ (например, строительство тоннеля через перевал Кок-Арт длиной 3,8 км в Кыргызстане. Всего на объекте пройдено 3 861,9 метра из 3 890), то станет ясным и вопрос несоответствия между точностью специального обоснования и искажениями проекции. При исследованиях была выбрана реально существующая территория в Кыргызской Республике, а именно, район высокогорного тоннеля Too-Ашуу и "Кок-Арт".

Знаменитый перевал Too-Ашуу находится в горах Ала-Too на стратегической трассе Бишкек-Ош, которая соединяет северные и южные регионы Кыргызстана. Высота перевала - 3 400 метров над уровнем моря.

А так же тоннеля "Кок-Арт" находится на границе Тогуз-Тороуского и Сузакского районов, на 334-338-м км альтернативной дороги Север - Юг.

Согласно требованиями, предъявляемым к строительству и эксплуатации горных предприятий устанавливается классификация локальных геодезическо-маркшейдерских сетей по типу гидротехнической триангуляции с относительной ошибкой слабо определяемой стороны 1:70000 -1:200000. Подобная триангуляция, создаваемая для контроля неподвижности пунктов, от которых ведутся наблюдения за горизонтальными и вертикальными смещениями сооружений должна обеспечивать положения этих пунктов со средней квадратической ошибкой не более ±3-5 мм. Допуски смещений сооружений рассчитываются в зависимости от ожидаемых величин оседаний и горизонтальных с движений[12-15].

Результаты

Таким образом, этот краткий обзор современной практики инженерно-геодезических и маркшейдерских работ по применению проекции и координат Гаусса-Крюгера показывает, что без перерасчета топографо-геодезических данных из государственной системы координат, особенно на краях зон, в непосредственно измеренные величины, этими данными пользоваться нельзя.

Вследствие с этим, на территориях крупнейших строительств и городов со сложным наземным и подземным хозяйством, топографические и инженерно-геодезические работы в территории Кыргызстана выполняются на специальной геодезической основе и эти материалы обрабатываются в местных системах, причем такие работы зачастую занимают значительные территории.

В целях правильного и полного использования геодезических и маркшейдерских измерений и съемок, выполняемых проектными и строительными организациями, необходимо упорядочить вопрос с единой проекции и системе координат для этих видов работ.

Отмеченные недостатки проекции Гаусса-Крюгера имеют и другой аспект в нашей инженерной практике, а именно, значительные линейные искажения привели к тому, что формат топографических планов по своим размером не дает полного представления о местности в целом. Для более правильного и быстрого доведения этой информации до потребителя карт и планов становится выгодными применять не стандартную разграфку, а увеличенную, чтобы разместить на таком планшете весь комплекс сооружений.

Поэтому при разработке специальной проекции для инженерных городских геодезических работ необходимо тщательно исследовать вопросы искажений, удобства практического применения и связи с общегосударственной системой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Строительные нормы Кыргызской Республики СНиП КР 10-01:2017.- Бишкек 2017.

2.СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 [Электронный ресурс].– Введ. 01.07.2013.– М.:Минрегион России, 2013 //КонсультантПлюс.

3. ГКИНП-05-029-84. Основные положения по содержанию топографических карт масштабов 1: 25000, 1: 50000, 1 : 100000, 1 : 200000, 1 : 500000, 1 : 1000000 [Текст].– М.: РИО ВТС,1984.

4. ГКИНП-02-033-82. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1: 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500 [Электронный ресурс]. – Введ. 01.01.1983. – М. : Недра, 1982 // Консультант Плюс.

6. СНиП КР 11-01-98 «Инженерные изыскания под различные виды строительства», Госархстройинспекция при ПКР.

7. СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве».

8. СНиП КР 12-:2017 «Безопасность труда в строительстве».

9.СНиП КР 32-01:2004 «Проектирование автомобильных дорог». Взамен СНиП 2.05.02-85. Кыргыздортранспроект.

10.Сборник цен на изыскательские работы для капитального строительства. Часть I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII. Госстрой КР, 2016.

11. Герасимов, А. П. Местные системы координат [Текст] / А. П. Герасимов, В. Г. Назаров. – М.: Проспект, 2010. – 64с.

12.Абжапарова, Д. А. Обработка специальной геодезической сети в про екции на секущую плоскость (на примере Кировского водохранилища в Кыргызской республике) [Текст] // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 2(34).– С.14–
13. Абжапарова, Д. А. Разработка оптимальной геодезической проекции для новой системы координат в условиях Кыргызстана [Текст]/Д.А.Абжапарова // Вестник КРСУ. – 2017. – Т.17, № 8. – С. 79–84.
14. Афонин, К. Ф. Преобразование плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера из МСК-54 в СК НСО [Текст] / К. Ф. Афонин // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 1(12). – С.57–62.
15. Виноградов, А. В. Об установлении единой координатной системы в геодезических работах [Текст] / А. В. Виноградов // Геодезия и картография. – 2010. – № 5. – С.16–18.