



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ТҰҢҒЫШ ПРЕЗИДЕНТІ - ЕЛБАСЫНЫҢ ҚОРЫ

«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ – 2017»

студенттер мен жас ғалымдардың
XII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ – 2017»

PROCEEDINGS
of the XII International Scientific Conference
for students and young scholars
«SCIENCE AND EDUCATION - 2017»



14th April 2017, Astana



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**«Ғылым және білім - 2017»
студенттер мен жас ғалымдардың
XII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2017»**

**PROCEEDINGS
of the XII International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2017»**

2017 жыл 14 сәуір

Астана

УДК 378

ББК 74.58

Ғ 96

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2017» студенттер мен жас ғалымдардың XII Халықаралық ғылыми конференциясы = The XII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2017» = XII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2017». – Астана: <http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2017. – 7466 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-827-6

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-827-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2017

Пайдаланган әдебиеттер тізімі:

1. Обиралов А.И., Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А. Фотограмметрия.-М.: Колосс, 2002.-240 с.
2. Бруевич П.Н. Фотограмметрия.-М.: Недра, 1990.-285 с.
3. Краткий топографо-геодезический словарь. 3-е изд. под ред. Б.С. Кузьмина.-М.: Недра, 1979.-312 с.

УДК 528.31

ПРЕДРАСЧЕТ ТОЧНОСТИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПУНКТОВ ОПОРНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Кучеренко Денис Анатольевич

denkucherenko@mail.ru

Магистрант 2-го курса кафедры «Геодезия и картография» ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель – С.С. Саттаров

На данный момент на территории Республики Казахстан активно ведется работа по формированию эффективной транспортно-логистической системы страны. В рамках инфраструктурных проектов автомобильной отрасли к 2020 году будут реконструировано и построено более 7 тыс.км дорог, что составляет более половины общей протяженности границ РК.

Качество геодезического обеспечения строительства и реконструкции дорожных сооружений определяет соответствие их фактических и проектных геометрических параметров, и, как следствие, надежность и долговечность дорожного объекта. В то же время, значительная протяженность линейных сооружений требует применения наиболее оперативных методов развития геодезических опорных сетей на всю территорию проведения изыскательных и разбивочных работ. Разработка и применение таких методов является актуальной темой в рамках развития дорожной сети РК.

В рамках данной статьи будет рассмотрен процесс построения геодезической основы для участка автомобильной дороги "Астана-Ерейментау-Шидерты" км 115-165, ПК 330+00 – 390+00, коридора Центр-Восток «Астана-Павлодар-Калбатау-Усть-Каменогорск». Также будет представлен процесс предварительного расчета точности в зависимости от геометрических параметров сети и применяемых геодезических приборов.

Плано-высотная основа рассматриваемого участка (рис. 1) представлена в виде магистральных теодолитных ходов, опирающихся на пункты спутниковой геодезической сети (СГС).

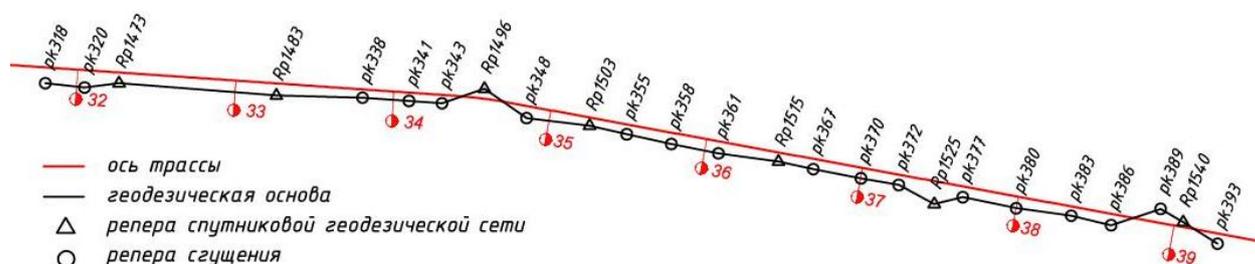


Рисунок 1 Схема геодезической основы на участке ПК 330+00 – ПК 390+00

Таким образом, развитие геодезической сети вдоль оси производится в два этапа: закрепление проектных реперов с применением GPS приемников и дальнейшее сгущение

спутниковой сети путем проведения наземных измерений оптико-электронными геодезическими приборами.

Специфика построения геодезических опорных сетей методом спутниковых измерений заключается в том, что точность определения координат каждого отдельного пункта практически не зависит от геометрии самой сети. Как правило, существует два основных требования по обеспечению точности определяемых пунктов: для одних сетей в первую очередь необходимо обеспечить требуемую точность определения координат пунктов относительно исходных пунктов; для других типов сетей - обеспечить максимальную точность взаимного положения пунктов сети. [1]

В данный момент на территории г. Астаны и прилегающих к ней районах Акмолинской области развернута сеть референционных станций (рис. 2), размещенных в районных центрах Акмолинской области (Акколь, Ерейментау, Егиндыколь, Астраханка, Аршалы, Коргалжын) и непрерывно работающих в режиме реального времени. Центр управления и обработки данных измерений располагается в Астане. [2]

Наличие стабильной референционной станции в г. Ерейментау позволило достаточно оперативно и с высокой точностью развернуть спутниковую геодезическую сеть на территории рассматриваемого участка в форме магистрального хода, протянутого вдоль оси возводимой автомагистрали (рис. 2). Расстояния между закрепленными проектными реперами в среднем равны 1 км и не превышают 2 км.

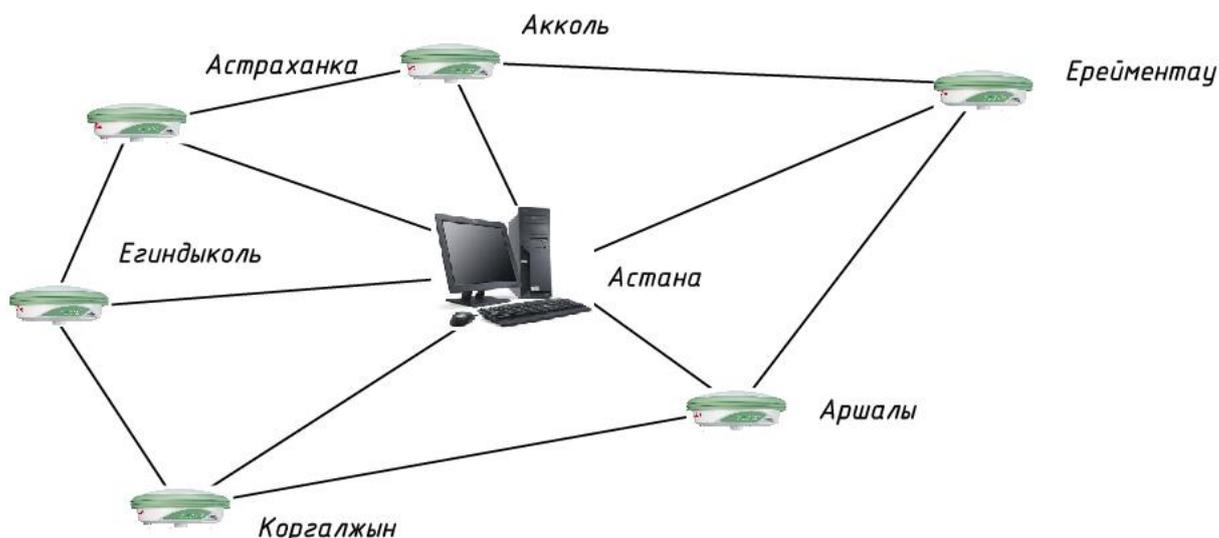


Рисунок 2 Схема сети референционных станций в городе Астане и прилегающей территории

Применение GPS приемника LEICA GX 1220GG позволило определить плановые координаты проектных реперов в режиме кинематика с точностью $m_{x,y} = 10\text{мм} + 1 \cdot 10^{-6} D\text{мм}$, где D – длина стороны СГС. На данный момент нормативная строительная документация Республики Казахстан не регламентирует точность построения плановых СГС, но, согласно [3], относительная точность линейных измерений при построении геодезической плановой основы вне застраиваемых территорий (дорожных объектов) составляет $1/2000 =$

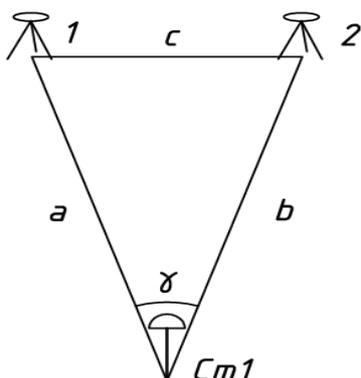


Рисунок 3 Схема СГС

$m_{x,y} = 20\text{мм} + 10 \cdot 10^{-6} D\text{мм}$. Следовательно, практическая точность построения рассматриваемой основы превышает соответствующую заявленную необходимую точность. Приняв среднее расстояние от референционной станции до участка проведения работ равным 10 км, получим $m_{x,y} = 20\text{мм}$.

При дорожном строительстве важнее точность определения координат смежных пунктов относительно друг друга, нежели относительно базовой станции. На рис. 3 представлена схема построения СГС состоящей из референционной станции (*Cm1*) и двух закрепляемых смежных пункта (*1* и *2*). Исходя из схемы, смежную сторону *c* можно вычислить по теореме косинусов:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma \quad (1)$$

Так как с увеличением дистанции и отклонением геометрии треугольника от равнобедренного $\gamma \rightarrow 0$, то $\cos \gamma \rightarrow 1$. Тогда формула 3.4 принимает вид:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \Rightarrow c^2 = (a-b)^2 \quad (2)$$

$$c = a - b \quad (3)$$

Дифференцируя функцию 3.6, получим формулу вычисления СКП положения смежных пунктов m_c :

$$m_c^2 = m_a^2 + m_b^2 \quad (4)$$

$$m_c = \sqrt{20^2 + 20^2} = 28\text{мм}$$

Заявленная точность определения превышения между референционной станцией и наблюдаемой точкой GPS приемника LEICA GX 1220GG в кинематическом режиме составляет $m_z = 20\text{мм} + 1 \cdot 10^{-6} D\text{мм}$. Таким образом, при $D = 10\text{км}$ $m_z = 30\text{мм}$. СКП взаимного положения двух смежных пунктов по высоте составляет 42 мм. Данная величина значительно превышает 15мм, величина погрешности определения превышения на 1 км [3], следовательно, точность определения высотных отметок не может считаться удовлетворительной. Решение данного затруднения будет рассмотрено далее.

Несмотря на то, что спутниковые технологии обладают значительным количеством преимуществ перед классическими методами (более высокая производительность, возможность создания геодезических построений без взаимной видимости между пунктами, всепогодность, высокая автоматизация полевых и камеральных работ и др.) имеют они и ряд недостатков. Наиболее значительными из них являются невозможность в определенных ситуациях обеспечить видимость достаточного количества спутников, особенно проблема остра в условиях городской застройки, многолучевость, невозможность точного определения невязок в спутниковых геодезических построениях, низкая точность определения аппликат точек.

Комплексное применение спутниковых и линейно-угловых построений позволяет задействовать преимущества каждого из методов, исключив при этом их недостатки. Наиболее эффективным для взаимодействия со спутниковой аппаратурой является электронный тахеометр.

Сочетание спутниковых и наземных средств и методов дает новые преимущества. Среди можно выделить: определение координат пунктов в местах, где невозможно

выполнить спутниковые измерения; повышение точности координатных определений за счет увеличения числа избыточных измерений и более высокой в ряде случаев точности традиционных измерений; возможность выявления ошибок систематического характера за счет использования измерений разного вида; оперативное определение ошибок в координатах существующей сети и их исключение из совместной обработки; возможность выполнения измерений в сжатые сроки и др.

Так как расстояние между пунктами СГС составляет не менее 1 км и представляет величину значительно большую, чем оптимальное расстояние между реперами для проведения геодезических разбивочных работ, следующим шагом создания опорной сети стало сгущение сети СГС.

Пункты сгущения располагаются на расстоянии ~300м от проектных реперов и друг от друга. Передача плановых координат на новые пункты производилась путем развития теодолитных ходов, опирающихся на смежные пункты СГС. Построение данных ходов выполняло двойную функцию: во-первых, данный ход легко проанализировать на наличие невязок и уравнять, во-вторых, развитие хода от одного пункта спутниковой сети до другого позволяет выявить грубые ошибки определения координат пунктов СГС.

Линейно-угловые измерения производились с применением тахеометра Leica TS06plus. Данный тахеометр имеет следующие технические характеристики:

- Точность угловых измерений – 5";
- Точность линейных измерений на одну призму – ±1,5 мм + 2 мм/км;
- Точность линейных измерений без отражателя – ±2 мм + 2 мм/км.

Точность вычисления СКП положения наиболее слабой точки (точки, расположенной в середине хода) можно рассчитать с применением формулы:

$$m_t = \sqrt{m_s^2 \frac{n}{4} + \left(\frac{m_\beta}{\rho} L\right)^2 \frac{n^2 + 2}{48n}} \quad (5)$$

где m_s – СКП измерения расстояний;

m_β – СКП измерения углов;

L – периметр хода;

n – число углов в ходе;

Рассмотрим теодолитный ход проложенный между проектными реперами Rp1525 и Rp1540 как самый протяженный из всех представленных $L = 1633,02$ м. Количество станций данного хода $n = 5$. Подставив соответствующие значения, имеем:

$$m_t = \sqrt{1,5^2 \cdot \frac{5}{4} + \left(\frac{5}{206265} \cdot 1633020\right)^2 \frac{5^2 + 2}{48 \cdot 5}} = 13 \text{ мм}. \quad (6)$$

Следовательно, СКП положения слабой точки относительно начального репера составляет 13мм. Поскольку, положение репера определено с ранее вычисленной погрешностью, то абсолютная погрешность положения рассматриваемого пункта хода в пространстве составит:

$$m_{\text{тааб}} = \sqrt{m_t^2 + m_{\text{исх}}^2}, \quad (7)$$

$$m_{\text{тааб}} = \sqrt{13^2 + 20^2} = 24 \text{ мм}, \quad (8)$$

где $m_{исх}$ – СКП положения исходного пункта.

Как отмечалось ранее точность определения высотных отметок спутниковыми методами не отвечает необходимым требованиям. При дорожном строительстве к точности разбивки высотных координат предъявляются большие требования, чем к разбивке плановых координат. В связи с этим для повышения точности высотного обоснования отметки закрепленных проектных реперов и пунктов сгущения были переопределены путем проложения нивелирных ходов с применением геометрического метода нивелирования «из середины». Привязка нивелирного хода производилась к пунктам государственной нивелирной сети.

При проложении нивелирных ходов применялся оптический нивелир Leica NA720 с точностью определения среднего превышения на 1 км двойного хода $m_{кмср} = 2.00$ мм и точностью единичного измерения на расстоянии 30м равным 1.2 мм. Данный прибор позволяет прокладывать нивелирные ходы с погрешностью, не превышающей нормативных предельных невязок, указанных ранее.

Таким образом, в данной статье были рассмотрены этапы создания планово-высотной геодезической основы с применением новейших спутниковых и наземных измерительных приборов. Рассмотрены основные преимущества, предоставляемые GPS технологиями, электронными тахеометрами, а также их консолидации. Мобильность и оперативность спутниковых измерений, высокая точность наземных измерений на малых расстояниях позволило создать сеть, полностью удовлетворяющую требованиям нормативной документации и параметрам, необходимым для комфортного проведения съемочных и разбивочных работ.

Также на каждый этап построения опорной сети произведен предварительный расчет точности результата измерительных работ. Все вычисленные погрешности соотнесены с соответствующими допусками, регламентированными строительной нормативной документацией. Представлены возможности повышения точности определения координат пунктов, в случае если фактическая погрешность превышает допустимую.

Список использованных источников

1. Кандыбо С.Н. Особенности применения спутниковых методов позиционирования при создании съемочных и разбивочных геодезических сетей [Текст] / С.Н. Кандыбо, Л.Ф. Зуева // Современная наука: проблемы и пути их решения, 2015. – С. 12-16.
2. Сыздыкова Г.Н. Развитие сети референчных станций в Казахстане [Текст] / Г.Н. Сыздыкова // ГЕОМАТИКА, 2011, №4. – С. 82-84.
3. СП РК 1.03-103-2013 «Геодезические работы в строительстве» [Текст]