

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАЗЕМНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

*Антонович Антон Сергеевич, Гринкевич Илья Вадимович,
Мартиневич Илья Сергеевич, студенты 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Мысливчик Е.Ю., старший преподаватель)*

Согласно общепринятому определению, Геодезические спутники искусственные спутники Земли, запускаемые в качестве объектов наблюдения для решения задач спутниковой геодезии. Материалами для решения таких задач служат измеренные в результате наблюдений направления на тот или иной спутник (позиционные наблюдения) и расстояния до него.

Геодезические связи между пунктами Земли, удалёнными друг от друга до нескольких тыс. км (например при межконтинентальной космической триангуляции) устанавливаются путём позиционных фотографических наблюдений спутника движущегося на высоте 4-6 тыс. км одновременно из двух или более пунктов. Для обеспечения таких наблюдений спутниковыми фотокамерами средних размеров запускаются надувные Г. с. - баллоны диаметром до 30-40 м из алюминированной пластмассовой плёнки. В динамической спутниковой геодезии используют более массивные спутники движение которых в меньшей мере зависит от неоднородностей атмосферы, а определяется в основном особенностями гравитационного поля Земли; такие Г. с. запускают на высоты до 3 тыс. км.

Для повышения точности одновременных позиционных наблюдений и измерения расстояний до спутников на Г. с. устанавливается специальное оборудование. Мощные импульсные источники света, работа которых контролируется бортовыми кварцевыми часами и управляется с Земли, облегчают позиционные наблюдения и позволяют синхронизовать их с высокой точностью при одновременном участии в работе нескольких станций. Приёмопередатчики, ретранслирующие радиосигналы, посылаемые на Г. с. наземными станциями, позволяют путём измерения сдвига фазы принятого на станции сигнала относительно посланного определять расстояния до спутника. Расстояния до Г. с. определяются также на основе анализа изменений частоты

сигналов установленных на Г с. радиопередатчиков вследствие Доплера эффекта.[1.]

Наилучшее решение задачи достигается, когда используются наблюдения или данные о движении спутников с орбитами разных наклонов и высот, а также данные наземной гравиметрической съёмки. Для исследования или исключения таких возмущений, как, например, сопротивление атмосферы Земли, используют т. н. геодезические спутники, орбиты которых выбирают для этой цели особо. В настоящее время в решении динамических задач С. г. всё большую роль играет применение радиотехнических и лазерных методов наблюдений движения спутников и далёких космических объектов.

Точностные характеристики GPS - методов измерений не только удовлетворяют, но и превышают установленные при строительстве тоннелей требования. Спутниковые методы измерений отличаются не только высокой точностью определения взаимного положения (приращений координат) смежных пунктов, но и высокой производительностью и оперативностью, возможностью производить измерения при любых погодных условиях. При определении координат пунктов сети спутниковыми методами взаимная видимость между пунктами не требуется, поэтому их расположение и плотность устанавливается в основном с учетом дальнейшего использования, в частности, для сгущения геодезической сети. Единственным требованием для приема сигналов со спутников является отсутствие препятствий, закрывающих небо выше 15-20° над горизонтом, расположение зданий и сооружений ближе 15м и телевизионных передатчиков ближе одного км.

Из известных спутниковых методов определения местоположения точек наиболее приемлемыми по точности для построения тоннельных опорных сетей являются дифференциальные (относительные) методы определения положений в статическом, кинематическом и псевдокинематическом режимах. Наибольшая точность определения взаимного положения смежных пунктов достигается при статическом режиме дифференциального метода измерений. При применении современных геодезических GPS - приемников точность характеризуется средней относительной ошибкой порядка $(1^2)10'$.

При создании главной плановой геодезической основы необходимо иметь в качестве исходных не менее трех пунктов государственной или городской триангуляции или полигонометрии высших классов. Чем больше сеть, тем больше требуется исходных пунктов. Для небольших сетей с пятью и менее определяемыми пунктами исходных пунктов может быть два. Возможная схема расположения пунктов главной основы, создаваемой GPS - методом, представлена на рис. 16. Сгущение главной плановой сети для передачи

координат и дирекционного угла в районы строительных площадок может быть также осуществлено дифференциальными методами GPS - измерений.

На рис. 16 показаны две схемы построения сети сгущения в виде отдельных локальных сетей в районе проведения тоннельных работ. Первая схема предусматривает определение трех приствольных пунктов GPS от пунктов главной основы 1 и 3. Вторая - определение ряда точек вдоль тоннеля, образующих базовый ход между исходными пунктами 3 и 7. В том случае, когда расположить станции GPS непосредственно у ствола невозможно из-за неблагоприятных условий на площадке и прилегающей территории, прокладывают ходы подходной полигонометрии.

При создании тоннельного высотного геодезического обоснования спутниковыми методами с использованием приемников GPS необходимо иметь в виду, что высоты, определяемые приёмниками GPS отсчитываются от поверхности эллипсоида, тогда как высоты из нивелирования отсчитываются от поверхности квазигеоида. Для пересчёта из одной системы высот в другую надо знать высоты квазигеоида над эллипсоидом.

В высотной сети, создаваемой GPS - методами, минимум четыре точки должны быть совмещены с марками и реперами государственного нивелирования, имеющими нормальные высоты, отсчитываемые от поверхности квазигеоида. По возможности используют как можно больше реперов, имеющихся в районе создаваемой сети. Учитывая, что при применении GPS - методов точность высотных определений на порядок ниже, чем плановых, предпочтение отдают созданию нивелирных сетей.[2.]

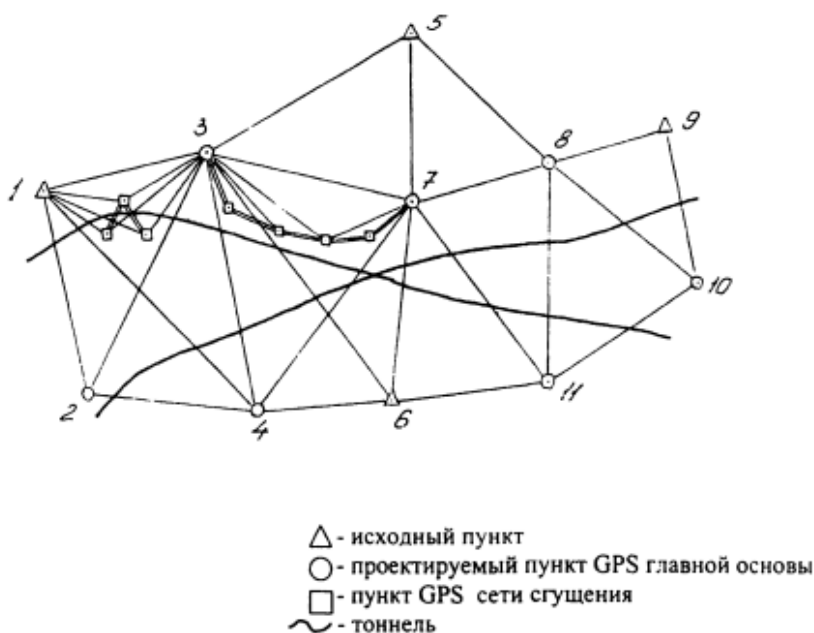


Рисунок 1 – Схема тоннельной геодезической основы, создаваемой спутниковыми методами

Литература:

1. Научный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studwood.ru/1238130/geografiya/ispolzovanie_sputnikovyh_tehnologiy_inzhenernoy_geodezii – Дата доступа: 08.12.2021.
2. Геодезические работы при строительстве тоннелей и подземных сооружений [Электронный ресурс]. <https://cyberpedia.su/14x7691.html> – Дата доступа: 08.12.2021.
3. Библиотека диссертаций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dslib.net> – Дата доступа: 08.12.2021.
4. Национальный правовой Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vlgr.ranepa.ru/about/struktura/podr/biblio/v-pomoshchnauchnoy-rabote/obraztsy-po-gost-7-1-2003.php> – Дата доступа: 13.12.2021.
5. Национальный правовой Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://coalguide.ru/markshejderskie-raboty-pri-stroitelstve-shakht-i-provedenii-gornyx-vyrabotok/623-markshejderskie-raboty-pri-stroitelstve-shakht/> – Дата доступа: 13.12.2021.