

УДК 528.441.21

05.20.01- Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Пшидаток Саида Казбековна
кандидат с.-х наук, доцент ВАК,
Заведующий кафедрой геодезии
Web of Science ResearcherID S-8667-2018
Scopus Author ID: 57212190745
РИНЦ SPIN-код: 6508-5958
saida.pshidatok@mail.ru

Солодунов Александр Александрович
кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры геодезии
Web of Science ResearcherID S-8667-2018
Scopus Author ID: 57212199000
РИНЦ SPIN-код: : 7147-3704
2602555@mail.ru

Сарксян Лариса Дмитриевна
студент землеустроительного факультета
lara.sarksyan.03@gmail.com

Харатян Артем Альбертович
студент землеустроительного факультета
artem.kharatyan.00@mail.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

В статье рассматриваются способы применения спутниковых технологий при выполнении геодезических изысканий для формирования полного и исчерпывающего представления о ситуации и рельефе местности, что является немаловажной задачей, для получения информации о существующих объектах капитального строительства, необходимых для комплексной оценки природных и техногенных условий территории

Ключевые слова: СПУТНИКОВЫЕ МЕТОДЫ, ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СЪЕМКА, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ, ПРИВЯЗКА К ПУНКТАМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-177-014>

UDC 528.441.21

05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

EXPERIENCE IN THE USE OF SATELLITE GEODETIC EQUIPMENT DURING ENGINEERING AND GEODETIC SURVEYS

Pshidatok Saida Kazbekovna
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Geodesy
Web of Science ResearcherID S-8667-2018
Scopus Author ID: 57212190745
RSCI SPIN-code: 6508-5958
saida.pshidatok@mail.ru

Solodunov Alexander Alexandrovich
Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Geodesy
Web of Science ResearcherID S-8667-2018
Scopus Author ID: 57212199000
RSCI SPIN-code: 7147-3704
2602555@mail.ru

Sarksyan Larisa Dmitrievna
student of the Faculty of Land Management
lara.sarksyan.03@gmail.com

Kharatyan Artem Albertovich
student of the Faculty of Land Management
artem.kharatyan.00@mail.ru
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

The article discusses the ways of using satellite technologies when performing geodetic surveys to form a complete and exhaustive picture of the situation and terrain, which is an important task, to obtain information about existing capital construction projects necessary for a comprehensive assessment of natural and man-made conditions of the territory

Keywords: SATELLITE METHODS, GEODETIC SURVEY, ENGINEERING AND GEODETIC SURVEYS, LINKING TO POINTS OF THE STATE GEODETIC NETWORK

Изысканиями называют процесс получения необходимых данных для принятия оптимального решения при выполнении проектирования,

<http://ej.kubagro.ru/2022/03/pdf/14.pdf>

строительства и использования возведенных сооружений. Главным видом геодезических работ при организации деятельности по отношению к площадным и линейным объектам являются инженерные изыскания. Необходимая для этого информация может быть получена при помощи инженерно-геодезических, инженерно-геологических, гидрологических и гидрогеологических методов сбора данных.

Только применение всех видов инженерных изысканий в совокупности позволяет получить полную и достоверную информацию обо всех составляющих изучаемой местности, а также помогает полностью достичь поставленных задач, то есть составить планы, карты, продольные и поперечные профили.

Инженерно-геодезическими изысканиями называется совокупность работ, выполняемых для получения исчерпывающей информации о совокупности неровностей земной поверхности и ситуации местности. Полученная в ходе данных обследований информация может использоваться как база для проектирования и последующих обследований территории.

Для осуществления работ по инженерно-геодезическим изысканиям первым шагом создается геодезическое обоснование, то есть производится привязка к пунктам государственной геодезической сети. На данном этапе развития технологий в сфере геодезической деятельности широко распространено применение спутниковых геодезических средств глобальной навигационной спутниковой системы. По сравнению с классическими методами получения геодезических данных, спутниковые методы превосходят их в скорости и точности, что позволяет повысить производительность в 10-15 раз [1].

В данной статье рассматривается применение спутниковых методов исполнения геодезической съемки при проведении работ по созданию крупномасштабных цифровых топографических планов по объектам

«Проект «Сахалин-1». Дальневосточный комплекс по производству СПГ; Магистральный газопровод БКП Чайво – Дальневосточный комплекс СПГ».

Спутниковые геодезические измерения проводились для получения информации о планировке существующих объектах капитального строительства и элементах планировки, которые необходимы для комплексной оценки природных и техногенных условий территории строительства. Данные работы проводились в Охинском и Ногликском районах, расположенных в Сахалинской области, а также на территории Хабаровского края в районах Николаевском и Ульчском. Участок выполняемых работ протянулся от БКП «Чайво» до БП «Чайво». Для этой местности характерно избыточное увлажнение и болота. Ландшафт рабочей территории представляет собой плоскую равнинную территорию без большого количества древесно-кустарниковых насаждений или обширной застройки, которые могли помешать прохождению сигнала спутника. Данный тип местности представляет собой наиболее удобный для применения спутниковых методов выполнения геодезической съемки [2].

Перед началом проведения инженерно-геодезических изысканий был осуществлен анализ топографо-геодезической изученности района, в котором проводятся работы. Территория проведения работ обладает довольно хорошей топографо-геодезической оснащённостью и представлена следующим:

– использованная для проектирования и строительства нефтепровода Сахалин-1 в 2004 году наземная топографическая сеть

– наземная топографическая съемка на участке Дальневосточного завода СПГ, 2016 г.;

В районе проведения работ существует разветвленная сеть пунктов триангуляции, которые были определены с использованием «Основных

положений о государственной геодезической сети 1954-1964 гг.». Так как данные пункты расположены в непосредственной близости от трассы газопровода, они использовались в качестве основы для формирования геодезической сети сгущения, использованной во время проведения работ.

Изначально для создания спутниковой геодезической сети, которая в последствие будет использована на объекте проведения работ, производится формирование плановых и высотных геодезических сетей. Проведение данных работ подразделяется на несколько шагов. Первым шагом производится выполнение привязки временных базовых станций к пунктам постоянно действующих базовых станций IGS. Далее выполняется привязка опознавательных знаков и контрольных точек, а также пунктов государственной геодезической сети к основанным базовым станциям с ранее полученными координатами с целью определения у ранее перечисленных элементов координат и отметок высот в необходимой системе WGS84 [3]. Для осуществления ранее описанного перевычисления используются координаты, полученные из выписки из каталогов координат ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», а также в региональных управлениях «Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии» Хабаровского и Сахалинского краев.

Следующим шагом проводится обследование пунктов ГГС для уточнения сохранности геодезических знаков, а также проверки возможности их применения при выполнении работ [7]. Данный этап предварительной подготовки к проведению основных работ является крайне важным, потому что использование необследованных пунктов государственной геодезической сети для формирования геодезического обоснования не представляется возможным [10]. Поиск пунктов на местности производился с использованием следующих элементов:

описаний местоположений пунктов ГГС; карт местности; ручного навигатора.

Пункты, которые были изучены в ходе проведения обследования, в ремонте или восстановлении не нуждались. В результате обследования геодезической сети для построения спутниковой геодезической сети были выбраны следующие исходные пункты: Аскасай, Болотный, Чиру, Джонкари, Каторжный ключ, Казакевичи, КТ-1 Завитая, КТ-4 Лабаз, Медвежий, Мшистый, Нелли, Нигирь, Омани, Острая, Пио, Сонига, Табо, Уаз, Вал. Их координаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Координаты исходных пунктов

№ по каталогу	Название пункта	Класс, разряд	Координаты, м		Высота, м	Отметка земли, м
			X	У		
5	Аскасай	1	221710,17	227599,40	187,929	188,109
13	Болотный	4	217088,76	256917,49	67,514	67,484
14	Чиру.	4	243507,19	278377,53	23,969	24,219
18	Джонкари	3	185373,83	210420,36	108,267	108,517
23	Каторжный ключ	2	155378,17	121098,46	281,806	259,005
24	Казакевичи	2	127240,74	111600,55	578,303	578,303
25	КТ-1 Завитая	п. тр.	136695,43	119805,92	206,488	206,488
29	КТ-4 Лабаз	3	139873,12	120435,82	218,500	218,550
32	Медвежий	1	200866,24	161198,92	271,067	271,017
34	Мшистый	2	172263,13	146343,52	190,705	190,825
35	Нелли	3	123568,67	116198391	71,000	70,950
36	Нигирь	2	195191,00	146848,29	319,720	319,820
37	Омани	4	221483,20	264688,01	42,691	42,621
38	Острая	2	131504,51	122077,15	373,206	273,326
39	Пио	2	178343,70	132281,74	453,921	454,121
42	Сонига	3	231650,52	285365,26	3,445	3,695
43	Табо	2	142476,52	125559,52	286,770	286,870
44	Уаз	1	214082,01	176185,91	6,494	6,404
45	Вал	1	235762,19	256706,23	351,775	351,875

Выполнение спутниковых измерений было осуществлено при помощи статического способа, что минимизирует возникновение ошибки в произведенных измерениях, так как использованный способ обеспечивает наивысшую точность [4]. Применение данного способа подразумевает использование двух приемников в течение длительного промежутка

времени. При использовании данного способа производится большой объем измерений, который позволяет смоделировать пропуски циклов, а, соответственно, и снизить вероятность возможной ошибки, которая может возникнуть из-за изменения положения спутников на орбите, которое происходит за время проведения измерений на одной точке [5].

Суть статического метода заключается в получении координат точки, путем установления над ней штатива с антенной. Этот штатив в процессе измерения ориентируется на север, центрируется и нивелируется с применением оптического центрира. [6]. Также немаловажным фактором, влияющим на точность измерений, является предварительное надежное закрепление высоты антенны.

Выполняемые измерения производятся относительно фазового центра антенны, что предполагает оказание влияния на определение координат по всем трем осям при неправильном измерении высоты антенны или ее изменении. В целях осуществления контроля предварительно каждому наблюдению и после него осуществлялось измерение высоты. По итогам двух измерений высоты делается вывод о пригодности произведенного сеанса съемки для последующего использования. Это выполняется путем сравнения двух ранее измеренных высот антенны. Если разность между ними составляет менее 2 мм, то сеанс считается пригодным, в противном случае он исключается из дальнейшей обработки.

В соответствии с рекомендациями «Руководства пользователя» фирмы Trimble Navigation Limited приведение приемника в рабочее состояние осуществлялось более чем за 5 минут до начала выполнения измерений. Нарушение этой рекомендации могло повлиять на конечный результат выполняемых изысканий, так как меньшее время совместной работы приемников в сеансе снижает точность измерений.

Исходя из рассмотренного примера можно провести сравнительный анализ для выделения положительных и отрицательных качеств спутниковых методов создания геодезических сетей при проведении работ в сфере землеустройства.

Самым основным преимуществом спутниковых методов перед классическими с применением тахеометров является повышение скорости съемки. Применение спутниковых методов при развитии опорных геодезических сетей позволяет экономить время на проведении геодезических работ, выполняемых методами триангуляции, полигонометрии и трилатерации.

Спутниковые методы позволяют производить геодезические измерения, не устанавливая зрительные контакт между базовой станцией и точкой, координаты которой необходимо определить. На данном этапе развития ГНСС одиночные базовые станции обеспечивают сантиметровую точность на расстоянии в 25-30 км, что на во множество раз превосходит расстояния, покрываемые классическими методами.

Также немаловажным достоинством спутниковых методов съемки является расширенный временной промежуток выполнения измерений по сравнению с классическими методами. Данное преимущество воплощается оборудованием за счет его независимости от погодных условий, царящих на территории выполнения изысканий, а также за счет времени суток, так как качество связи приемника со спутником не снижается за счет уменьшения освещенности.

Производство измерений спутниковыми методами основано на геометрических условиях, что, в свою очередь, снижает влияние физических факторов. Одним из важных факторов, влияющих на точность выполнения съемки классическими методами, является искажения изображения за счет атмосферы, что никоим образом не влияет на измерения, выполняемые спутниковыми методами [8].

Также точность измерений при использовании спутниковых методов определения для всех трех координат точек снижается за счет автоматизации выполнения измерений. Автоматизированность производства измерений позволяет минимизировать влияние как систематических ошибок, которые устраняются за счет специализированных способов их учета, так и погрешностей случайного характера, за счет быстрого выполнения большого количества измерений.

Несмотря на все вышеперечисленные преимущества спутниковых методов выполнения геодезической съемки, необходимо также учитывать и их недостатки, которые в некоторых случаях не позволяют применять данные методы для выполнения работ.

Так как съемка спутниковыми методами основана на геометрических принципах, которые предполагают прямое прохождение лучей по траектории «базовая станция – спутник – ровер». Это значит, что для производства измерений возникает необходимость выполнения условия открытости местности. При учете данного условия применение спутниковой съемки становится невозможным в условиях высотной городской застройки, в области маркшейдерства и на территориях лесных насаждений под раскидистыми кронами деревьев.

Из предыдущего вышеуказанного вытекает следующий технический недостаток, который называется многопутностью. Данный недостаток предполагает, что движение распространяемого сигнала происходит не только в заданном направлении, но и по ломанному пути, который возникает из-за множественных переотражений от окружающих поверхностей и объектов. При наличии отражений радиосигнал, прошедший иной путь повышенной протяженности, вносит погрешность в конечные результаты измерений. Для минимизации влияния данного недостатка необходимо увеличить количество измерений на одной станции [9].

Стоит учитывать, что спутниковые методы, как правило, используют пространственную линейную засечку для определения местоположения точек на местности. Это подразумевает под собой, что точность определения координат точки зависит как от точности выполненных измерений, так и от расположения наблюдаемых приемником спутников на небосводе.

Также необходимо иметь ввиду, что проведение геодезической съемки с применением спутниковых методов является довольно дорогостоящим мероприятием. Данная процедура требует единовременных дорогостоящих вливаний, что может повлиять на выбор заказчика в пользу других видов организации геодезических работ.

Выводы: В ходе проведенного исследования было изучено применение спутниковых методов выполнения геодезической съемки на примере магистрального газопровода «БКП Чайво – Дальневосточный газопровод по производству сжиженного газа». В приведенном примере было описано проведение геодезических работ, а также произведено выделение положительных и отрицательных сторон использования ГНСС.

Таким образом, резюмируя все вышесказанное, можно сделать вывод, что применение спутниковых методов выполнения геодезической съемки выгодным, потому что сильно сокращает затрачиваемое время на выполнение работ. Но в это же время необходимо учитывать и все приведенные недостатки, которые ограничивают возможности использования ГНСС.

Литература:

1. Пшидаток С. К., Эффективность использования и область применения беспилотных летательных аппаратов /Жарникова А. А., Пшидаток С. К.// В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам 75-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2019 год. Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. 2020. С. 407-410.

2. Пшидаток С. К., Применение современных геодезических технологий при мониторинге земель /Пшидаток С. К.// В книге: Научно-технологическое обеспечение

агропромышленного комплекса России: проблемы и решения. Сборник тезисов по материалам V Национальной конференции. Краснодар, 2020. С. 91.

3. Пшидаток С. К., Особенности применения различных видов сканирования /Пшидаток С. К., Лукьянова М. С.// В книге: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции. Ответственный за выпуск А. Г. Кощаев. 2019. С. 488-489.

4. Солодунов А. А., Воздушное лазерное сканирование /Солодунов А. А., Сарксян Л. Д.// В книге: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции. Ответственный за выпуск А. Г. Кощаев. 2019. С. 494-495.

5. Солодунов А. А., Возможности применения лазерного сканирования /Лукьянова М. С., Солодунов А. А.// В сборнике: Студенческие научные работы землеустроительного факультета. Сборник статей по материалам Международной студенческой научно-практической конференции. 2020. С. 118-123.

6. Солодунов А. А., Особенности применения методов лазерного сканирования /Сарксян Л. Д., Солодунов А. А.// В сборнике: Студенческие научные работы землеустроительного факультета. Сборник статей по материалам Международной студенческой научно-практической конференции. 2020. С. 123-127.

7. Турк Г. Г. Кадастровые работы в отношении объектов капитального строительства / Г. Г. Турк // Год науки и технологий 2021 : Сборник тезисов по материалам Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 09–12 февраля 2021 года / Отв. за выпуск А.Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 277.

8. Шостак А. Ю. Применение наземных лазерных сканеров в топографической съемке / А. Ю. Шостак, С. С. Струсь // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2015 год, Краснодар, 12 апреля 2016 года / Министерство сельского хозяйства РФ; ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 273-276.

9. Шевченко О. И. Применение спутниковых систем в сельском хозяйстве / О. И. Шевченко, С. С. Струсь // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2015 год, Краснодар, 12 апреля 2016 года / Министерство сельского хозяйства РФ; ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 270-273.

10. Струсь, С. С. К вопросу выбора метода проведения топографической съемки с учетом стоимости работ / С. С. Струсь, С. К. Пшидаток, В. В. Подтелков // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 11(124). – С. 1116-1119.

References:

1. Pshidatok S. K., Jeffectivnost' ispol'zovanija i oblast' primenenija bespilotnyh letatel'nyh apparatov /Zharnikova A. A., Pshidatok S. K.// V sbornike: Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa. Sbornik statej po materialam 75-j nauchno-prakticheskoj konferencii studentov po itogam NIR za 2019 god. Otv. za vypusk A.G. Koshhaev. 2020. S. 407-410.

2. Pshidatok S. K., Primenenie sovremennyh geodezicheskikh tehnologij pri monitoringe zemel' /Pshidatok S. K.// V knige: Nauchno-tehnologicheskoe obespechenie

agropromyshlennogo kompleksa Rossii: problemy i reshenija. Sbornik tezisov po materialam V Nacional'noj konferencii. Krasnodar, 2020. S. 91.

3. Pshidatok S. K., Osobennosti primeneniya razlichnyh vidov skanirovaniya /Pshidatok S. K., Luk'janova M. S.// V knige: Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa. Sbornik tezisov po materialam Vserossijskoj (nacional'noj) konferencii. Otvetstvennyj za vypusk A. G. Koshhaev. 2019. S. 488-489.

4. Solodunov A. A., Vozdushnoe lazernoe skanirovanie /Solodunov A. A., Sarksjan L. D.// V knige: Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa. Sbornik tezisov po materialam Vserossijskoj (nacional'noj) konferencii. Otvetstvennyj za vypusk A. G. Koshhaev. 2019. S. 494-495.

5. Solodunov A. A., Vozmozhnosti primeneniya lazernogo skanirovaniya /Luk'janova M. S., Solodunov A. A.// V sbornike: Studencheskie nauchnye raboty zemleustroitel'nogo fakul'teta. Sbornik statej po materialam Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2020. S. 118-123.

6. Solodunov A. A., Osobennosti primeneniya metodov lazernogo skanirovaniya /Sarksjan L. D., Solodunov A. A.// V sbornike: Studencheskie nauchnye raboty zemleustroitel'nogo fakul'teta. Sbornik statej po materialam Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2020. S. 123-127.

7. Turk G. G. Kadastrovye raboty v otnoshenii ob#ektov kapital'nogo stroitel'stva / G. G. Turk // God nauki i tehnologij 2021 : Sbornik tezisov po materialam Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Krasnodar, 09–12 fevralja 2021 goda / Otv. za vypusk A.G. Koshhaev. – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina, 2021. – S. 277.

8. Shostak A. Ju. Primenenie nazemnyh lazernyh skanerov v topograficheskoy s#emke / A. Ju. Shostak, S. S. Strus' // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa : sbornik statej po materialam 71-j nauchno-prakticheskoy konferencii studentov po itogam NIR za 2015 god, Krasnodar, 12 aprelja 2016 goda / Ministerstvo sel'skogo hozjajstva RF; FGBOU VO «Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina». – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2016. – S. 273-276.

9. Shevchenko O. I. Primenenie sputnikovyh sistem v sel'skom hozjajstve / O. I. Shevchenko, S. S. Strus' // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa : sbornik statej po materialam 71-j nauchno-prakticheskoy konferencii studentov po itogam NIR za 2015 god, Krasnodar, 12 aprelja 2016 goda / Ministerstvo sel'skogo hozjajstva RF; FGBOU VO «Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina». – Krasnodar: Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2016. – S. 270-273.

10. Strus', S. S. K voprosu vybora metoda provedeniya topograficheskoy s#emki s uchetom stoimosti rabot / S. S. Strus', S. K. Pshidatok, V. V. Podtelkov // Jekonomika i predprinimatel'stvo. – 2020. – № 11(124). – S. 1116-1119.