

САМАЯ СЕВЕРНАЯ В РОССИИ РЕФЕРЕНЦНАЯ СТАНЦИЯ ГНСС*

О.В. Евстафьев («Инжиниринговый центр ГФК»)

В 1994 г. окончил факультет прикладной космонавтики МИИГАиК по специальности «космическая геодезия и навигация», в 2002 г. — факультет экономики и маркетинга ТУ (МАИ) по специальности «организация предпринимательской деятельности». С 1994 г. работал в компании ПРИН, с 2001 г. — в ЗАО «Геотехсервис-2000», с 2004 г. — в региональном офисе Leica Geosystems. С 2010 г. по настоящее время — директор направления «Спутниковые системы позиционирования» ООО «Инжиниринговый центр ГФК».

К.Е. Друзенко («Ямал СПГ»)

В 2001 г. окончила факультет разработки рудных и нерудных месторождений Московского государственного горного университета по специальности «горный инженер». С 2009 г. работает в ОАО «Ямал СПГ», в настоящее время — главный маркшейдер.

Южно-Тамбейское газоконденсатное месторождение (ЮТГКМ), открытое в 1974 г., является одним из крупных в Ямало-Ненецком автономном округе России. Запасы природного газа на данном месторождении составляют около 1,3 трлн м³, газового конденсата — 40–60 млн т. Оно расположено в северо-восточной части полуострова Ямал (рис. 1).



Рис. 1
Схема Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения



Рис. 2
Освоение месторождения

Лицензией на разработку месторождения обладает ОАО «Ямал СПГ». Согласно генеральной схеме развития газовой отрасли России на период до 2030 г., ввод месторождения в эксплуатацию намечен на 2016 г. На базе Южно-Тамбейского месторождения планируется построить завод по производству сжиженного природного газа.

Маркшейдерская служба ОАО «Ямал СПГ» своими силами и с привлечением подрядчиков выполняет полный комплекс работ

по маркшейдерскому и геодезическому обеспечению разведки месторождения, включая съемку рельефа и вынос в натуре на кустах, съемку намывных карьеров, разбивку трасс при строительстве объектов и сооружений и др. (рис. 2).

Обширная территория месторождения, покрытая тундрой с многочисленными озерами, и сложные погодные условия, характерные для этого региона, обуславливают частое использование спутниковых средств измерений.

* Статья публикуется на правах рекламы.

**Рис. 3**

Участники проекта возле пилона референционной станции со спутниковой антенной Leica AT504GG

С целью усовершенствования плано-высотного обоснования на объектах ЮТГКМ, а также в связи с увеличением объемов работ, появилась необходимость в установке постоянно действующей спутниковой референционной станции на территории месторождения. Проект по созданию спутниковой референционной станции был реализован сотрудниками маркшейдерской службы ОАО «Ямал СПГ» совместно со специалистами ООО «Фирма Г.Ф.К.» и ООО «Инжиниринговый центр ГФК».

В рамках проекта осуществлялись мероприятия по рекогносцировке на объекте, подготовке «технического проек-

**Рис. 4**

Блок спутниковой аппаратуры

та», поставке оборудования, монтажным и пуско-наладочным работам, геодезической привязке спутниковой референционной станции и формированию технического отчета.

Проект был реализован в срок с июня по октябрь 2011 г. Базовую станцию решили установить в поселке Сабетта, где расположен офис компании «Ямал СПГ» и ее маркшейдерская служба. Поселок Сабетта размещен на намывных песках, на берегу Карского моря, примерно, на широте 71°14'С и долготы 72°08'В.

Работы по проекту начались с рекогносцировки местности, которая проходила в два этапа. На первом этапе был выполнен сбор данных, проведен анализ геодезической изученности территории, определены возможные места установки оборудования референционной станции. Осмотр этих мест выявил несколько вариантов, включая возможность размещения спутниковой антенны на крыше кирпичной постройки 1970-х гг. Однако, учитывая, что все деревянные, металлические и кирпичные сооружения в поселке подвержены сезонным просадкам и деформациям, было принято решение возвести специальный пилон для антенны (рис. 3). Затем выполнялась проверка устойчивости работы радиоканала на объектах ЮТГКМ по мере удаления от поселка Сабетта. Проверка показала, что радиосигнал от модема мощностью 10 Вт при установке антенны на высоту 10 м от уровня земли устойчиво принимается на удалении до 15,5 км.

По результатам рекогносцировки был подготовлен отчет и «технический проект» по созданию спутниковой референционной станции, который содержал описание состава аппаратно-программного комплекса, назначения и принципов работы

его частей, а также технических решений.

После согласования «технического проекта» с заказчиком приступили к созданию аппаратно-программного комплекса станции, состоящего из блоков спутниковой и радиоаппаратуры. В Москве были проведены сборка и тестирование блоков аппаратуры, а также подготовлены необходимые антенны и кабели.

Блок спутниковой аппаратуры ГНСС (рис. 4) включает двухчастотный ГЛОНАСС/GPS приемник Leica GR10, специально разработанный компанией Leica Geosystems для применения на постоянно действующих референционных станциях и в сетях. Он имеет 120 каналов слежения за сигналами спутников ГНСС, в том числе GPS, ГЛОНАСС, опционально Galileo и Compass. Приемник поддерживает до 10 сессий записи в различных форматах, включая RINEX, и 20 потоков передачи данных в форматах Leica, Leica 4G, RTCM 2.x,3.x, LB2, BINEX, CMR, CMR+. Выбору данного прибора также способствовало наличие современного и удобного web-интерфейса.

**Рис. 5**

Блок радиоаппаратуры

Блок радиоаппаратуры разработан на основе высокомощного цифрового радиомодема Javad HPT435BT (рис. 5). Особенностью данного устройства

является возможность настройки пользователем частоты передачи в диапазоне от 406 до 470 МГц и выходной мощности от 320 мВт до 35 Вт.

В период с 13 по 19 октября осуществлялись монтажные работы и пуско-наладка системы. В завершение были проведены технические консультации со специалистами заказчика по эксплуатации станции, подвижных приемников и сопутствующего программного обеспечения.

Таким образом, комплекс спутниковой референционной станции состоит из стального, заглубленного ниже линии оттаивания грунта, пилона с установленной на нем спутниковой антенной Leica AT504GG типа «choke ring», кабельной эстакады, четырехдипольной антенны радиопередатчика, закрепленной на специальной мачте на высоте около 13 м, блоков спутниковой и радиоаппаратуры, устройства преобразования интерфейса и источника бесперебойного питания с резервной аккумуляторной батареей.

Радиоантенна представляет собой петлевой вибратор Пистолькорса, работающий по принципу параллельного сложения мощностей коллинеарно расположенных четырех активных петлевых диполей. При этом достигается широкая рабочая полоса и практически круговая диаграмма направленности.

Источник бесперебойного питания обеспечивает долгосрочную защиту блоков аппаратуры станции при перерывах или кратковременных отключениях энергоснабжения, скачках напряжения и тока. При отсутствии внешнего электропитания и полной нагрузке, когда выходная мощность радиопередатчика составляет 35 Вт, источник бесперебойного питания позволит референционной станции работать не менее 6 часов.

Радиопередатчик подключен к спутниковому приемнику через устройство, которое преобразует данные от блока спутниковой аппаратуры из протокола RS232 в протокол RS422, что дает возможность установить блоки спутниковой и радиоаппаратуры на большем расстоянии друг от друга. Для исключения побочных излучений сигнал от радиопередатчика проходит через специальный полосной частотный фильтр и только затем попадает на антенное устройство в эфир. Это потребовалось сделать, поскольку наличие надежной связи на месторождении жизненно необходимо, и в поселке сосредоточено множество различных радиоустройств, включая спутниковую связь. Управление и запуск системы осуществляется с автоматизированного рабочего места службы маркшейдеров через веб-интерфейс приемника ГНСС.

В период с 20 по 23 октября осуществлялись полевые работы по наблюдениям на исходных геодезических пунктах государственной геодезической сети (ГГС) на территории ЮТГКМ для привязки спутниковой антенны референционной станции (рис. 6). Они выполнялись четырьмя комплектами спутниковых приемников типа Leica Viva GS10 и Leica Viva GS15. Одновременно сбор спутниковых дан-

ных проводился приемником референционной станции Leica GR10. Выбор пунктов был обусловлен наличием их координат в каталогах, сохранности, доступности в данный сезон года. Во время измерений на каждом пункте велись записи в полевой журнал, где фиксировались: условное обозначение пункта измерений, номер приемника, высота и тип антенны, дата, время начала и окончания измерений, имя и фамилия оператора. Измерения проводились с частотой регистрации данных 5 секунд. Длительность интервалов данных измерений составила от 11 часов до 1 часа 20 минут (в среднем 3 часа). Измерения были выполнены на десяти опорных пунктах ГГС, расположенных на территории ЮТГКМ, в течение двух дней. В процессе эксплуатации станции пункты ГГС планируется использовать для периодического контроля планового и высотного положения пилона, на котором установлена антенна.

В целях привязки референционной станции ГНСС в системе координат WGS-84 были проведены предварительная обработка полевых спутниковых измерений с оценкой пространственных векторов между пунктами и привязка станции к международной геодезической сети ITRF. Длины векторов

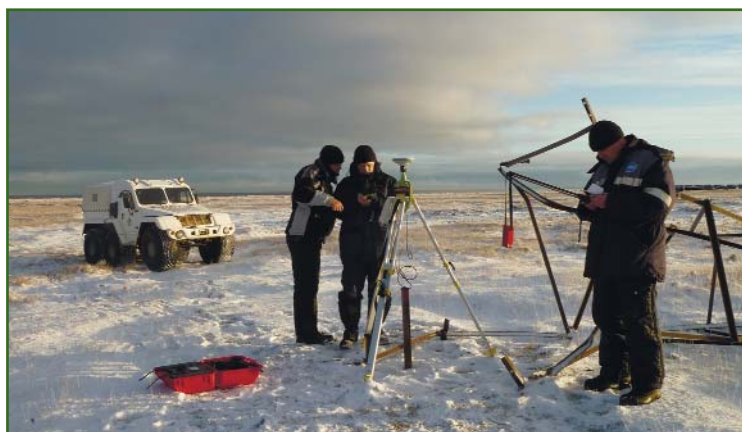


Рис. 6

Полевые работы по привязке постоянно действующей станции к пунктам ГГС

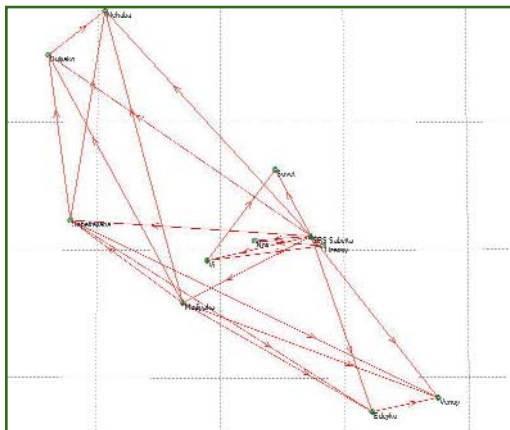


Рис. 7
Схема векторов сети пунктов ГГС и установленной базовой станции

в сети, образованные пунктами ГГС и установленной на территории месторождения референционной станцией, составили от 1,5 до 34 км (рис. 7). Относительные невязки по полигонам сети достигали величин от 1:5 514 000 до 1:608 000. Для привязки к сети ITRF были взяты в обработку данные референционной станции за 2 суток от ближайших станций международной службы IGS NRIL (Норильск), ARTU (Арти), NVSK (Новосибирск). Обработка выполнялась с использованием точных эфемерид. По результатам обработки полевых измерений и данных станций IGS были получены пространственные векторы между станциями IGS, пунктами сети ГГС и референционной станцией, предварительные координаты пунктов сети в системе координат WGS-84, и выполнено совместное уравнивание сети с пунктами международной геодезической сети ITRF. Результаты совместного уравнивания контролировались с помощью автоматизированного сервиса SOPAC SCOUT (Scripps Coordinate Update Tool). Отклонения значений уравниваемых координат и координат, полученных в результате обработки автоматизированного сервиса SOPAC SCOUT, составили: в плане — 0,018 м и по высоте —

0,149 м. В завершение были вычислены параметры преобразования координат из системы WGS-84 в системы координат СК-42, СК-95, UTM-42N и систему координат заказчика (UTM-YSPG), а также определены координаты спутниковой антенны референционной станции, установленной в поселке Сабетта. После окончания работ был подготовлен технический отчет с подробным описанием оборудования и программного обеспечения референционной станции, приведены технические параметры и настройки, координаты и параметры перехода, даны рекомендации по ее эксплуатации в дальнейшем.

В результате реализации проекта создана микроинфраструктура, обеспечивающая эффективное применение спутниковых навигационно-геодезических технологий на большей части территории ЮТГКМ. Постоянно действующая спутниковая референционная станция размещена в поселке Сабетта Ямальского района Ямало-Ненецкого автономного округа, на берегу Карского моря, на широте, примерно, 71°14'С. Это самая северная постоянно действующая спутниковая референционная станция в России. Маркшейдерская служба компании «Ямал СПГ» оснащена современными спутниковыми средствами измерений для выполнения геодезических и маркшейдерских работ на более высоком качественном уровне. Станция ведет непрерывную запись спутниковых данных ГНС в формате RINEX и обеспечивает постоянное поле спутниковых дифференциальных поправок в формате RTCM для точного позиционирования в радиусе не менее 25 км. Это дает возможность получать пространственные координаты объектов и выполнять вынос в натуре возводимых сооружений на территории ЮТГКМ с высокой точностью в любое время суток, независимо от по-

годных условий, сокращая затраты и время, упрощая процесс полевых измерений, что особенно важно для сурового климата Заполярья. В перспективе для передачи данных постоянно действующей станции планируется использовать связь стандарта GSM, чтобы предоставить возможность работы на территории ЮТГКМ всем субподрядным организациям, применяющим спутниковую геодезическую и навигационную аппаратуру.

Кроме того, появилась возможность обеспечить сервис DGNS для точной навигации танкеров и ледоколов в районе близлежащего морского порта. Данные станции также могут служить для автоматизированного мониторинга состояния возводимых конструкций и сооружений, деформаций трубопроводов и емкостей для хранения газа на территории месторождения.



111524, Москва,
ул. Перовская, 1
Тел: (926) 212-70-26,
(926) 212-70-27
Факс: (495) 672-69-04
E-mail: info@icentre-gfk.ru
www.icentre-gfk.ru

RESUME

There are described works on the reference station creation located at the Yuzhno-Tambeisk gas-condensate field in the north-eastern part of the Yamal Peninsular. The round-the-year operating base station has been developed using the Leica Geosystems AG hard- and software and JAVAD GNSS hardware. This project has been devised by the specialists from the Engineering center GFK and implemented in cooperation with the Yamal SPG JSC mining surveying department.