

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ. ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ*

С.И. Грызулин (1938–2020)

В 1959 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-геодезист». После окончания института работал в Якутском аэрогеодезическом предприятии ГУГК при СМ СССР, с 1962 г. — в ЦНИИГАиК, с 1988 г. — в Объединенной комплексной экспедиции № 132 Московского аэрогеодезического предприятия. С 1997 г. по 2020 г. работал в ООО Фирма «ЮСТАС». Кандидат технических наук. Лауреат премии имени Ф.Н. Красовского (2001 г.).

▼ Как это начиналось

Необходимость в специальном применении геодезических методов возникла в конце 1950-х гг. в связи с началом испытаний первых советских ракет.

Л.А. Кашин, заместитель начальника Главного управления геодезии и картографии при СМ СССР (ГУГК), как-то рассказал такую историю возникновения «спецгеодезии».

Испытатели ракет при пробных запусках столкнулись с систематическим отклонением ракет на одну и ту же величину. Ошибку не смогли найти и обратились в ГУГК, которое, в свою очередь, обратилось в ЦНИИГАиК. С проблемой поручили разобраться инженеру Александру Гавриловичу Белевиту (1915–2000), который был впоследствии в течение 30 лет руководителем отдела специального применения геодезии (ОСПГ) ЦНИИГАиК.

А.Г. Белевитин выяснил, что ракету первые секунды от старта «ведет антенна». При испытаниях антенну ориентировали с недопустимой погрешностью, и она «вела» ракету боковым лепестком. Угол между осями центрального и бокового

лепестков и давал постоянное отклонение точки падения от цели.

Специалисты наверняка найдут в этом пересказе много неточностей, но с тех пор геодезистов стали приглашать к созданию, монтажу и юстировке антенных систем, иногда даже на стадии их проектирования. Особенно полезными оказались геодезические методы при сборке и монтаже полноповоротных, остронаправленных антенн радиолокаторов, по сути радиотелескопов, которые в 1960–1970-е гг. стали основой наземного сегмента космических проектов. По своей геометрической структуре радиотелескоп очень схож с теодолитом — вот уже несколько веков основным инструментом геодезистов.

В эти годы специальные геодезические работы проводились исключительно в ЦНИИГАиК, но количество заказов возрастало, и к работам была подключена Объединенная комплексная экспедиция № 132 Московского аэрогеодезического предприятия (ОКЭ № 132 МАГП). Шло время, развивалась техника, появились лазеры, лазерные дальномеры,

ЭВМ, оптические телескопы — светолокаторы для поиска и сопровождения воздушных и космических объектов. Все новые средства наблюдения требовали геодезического обеспечения и тоже становились предметом внимания ОСПГ.

В конце 1980-х гг., после ухода А.Г. Белевитина на пенсию, большая часть ведущих сотрудников ОСПГ вместе с заказами перешли в ОКЭ № 132 МАГП, где спецработы успешно продолжались вплоть до распада СССР.

В 1990-е гг. в России разрешили создание частных (негосударственных) предприятий, так как громоздкая государственная структура тормозила решение многих технических задач. Бывшие сотрудники ЦНИИГАиК тоже решили создать частную фирму. В 1991 г. предприятие было зарегистрировано и получило наименование Фирма «ЮСТАС». Название фирмы было составлено из первых букв ее специализации: «Юстировка Антенных Систем». Его придумал Владимир Яковлевич Вайнберг (1937–2018), он же на целых 25 лет стал ее техническим, финансовым, хозяйственным и кадровым директо-

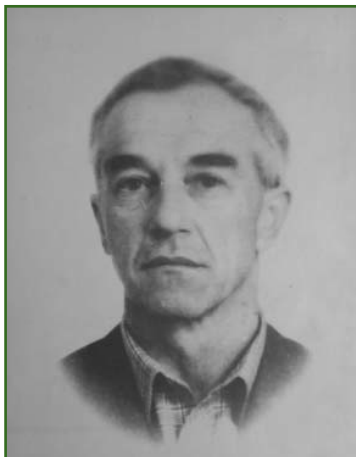
* Статья подготовлена по материалам, предоставленным М.С. Брацлавской — дочерью С.И. Грызулина.

ром. Постепенно на работу в Фирму «ЮСТАС» перешли многие работники ОКЭ № 132 МАГП, включая бывших сотрудников ОСПГ.

Таким образом, история специальных геодезических работ — это история подразделений государственных учреждений: ОСПГ ЦНИИГАиК, ОКЭ № 132 МАГП и частного предприятия — ООО «Фирма «ЮСТАС».

▼ Отдел специального применения геодезии ЦНИИГАиК

После окончания IV курса МИИГАиК, весной 1959 г., меня распределили на работу в Якутское аэрогеодезическое предприятие (Якутское АГП), но диплома инженера не дали (была такая мода). Считалось, что распределили на преддипломную практику. Отработав полевой сезон, зимой я поехал в Москву, защитил диплом про наблюдение триангуляции и весной уже с дипломом вернулся в Якутск на второй полевой, вернее таежный, сезон и опять занялся триангуляцией «на оленях». Зимой 1961–1962 гг. меня и еще троих сотрудников АГП отправили в ЦНИИГАиК на курсы освоения новой техники — свето- и радиодальномеров. Платили командировочные и зарплату. К весне мы вернулись в Якутск с новенькими радиодальномерами РДГ производства ЭОМЗ ЦНИИГАиК. Ими мы должны были измерять линии в тундре, в низовьях реки



Сергей Иванович Грызулин

Лены. За лето 1962 г. с грехом пополам мы чего-то измерили, и осенью я улетел в Москву в отпуск. К новому году я уже собрался обратно в Якутск, но мне пришло извещение о том, что меня и В.В. Злотина переводят в ЦНИИГАиК, как отличившихся на курсах дальномеров. Так, 13 декабря 1962 г. я стал инженером геодезического отдела и был готов участвовать в развитии дальномерной техники.

Я тогда еще не знал, что в те времена все передовые технологии развивались на предприятиях, имевших для переписки вместо адреса номера «почтового ящика». В «ящиках» платили больше и хороших инженеров они переманивали к себе.

Так случилось, что перед моим приходом в ЦНИИГАиК, из него в «ящик» перешли ведущие сотрудники группы А.Г. Белевитина. Поэтому вновь прибывших из Якутского АГП поделили: В.В. Злотина оставили в геодезическом отделе, а меня отправили к А.Г. Белевитину, в будущий отдел специального применения геодезии.

Здесь мне быстро выдали зимнее обмундирование, предназначенное для работников аэродромной службы: унты, меховые брюки, меховое полу пальто из «чертовой кожи», перчатки, шлем; и отправили в

командировку на объект вблизи Евпатории, где заканчивалась реконструкция Центра дальней космической связи. Температура в декабре 1962 г. на курорте была -20°C , и дул умеренный ветер с моря. Руководитель бригады ЦНИИГАиК на объекте Ф.П. Федосов показал мне рабочее место на антенне — в сварной люльке на высоте 40 м над бетонной плитой («землей») — и объяснил, как я должен «применять геодезию». Тут я понял для чего нужны унты, шлем и все прочее. И еще я подумал, что в Якутии таких ветров не бывает и что не во всяком НИИ спокойней, чем в АГП.

Не помню, как я вылезал из этой люльки, но к новому году монтаж АДУ (антенны дальнего участка) был закончен, и я оказался живой и в Москве.

Потом меня еще раз зимой отправили в Евпаторию, где мы с коллегой просидели без дела (на дежурстве) целый месяц. Я каждый день ходил на пульт управления антенной и заводил хронометр, показывающий звездное время на долготе Центра дальней космической связи. В оставшееся время от такого дежурства я с интересом изучал три тома «Высшей математики» Г.М. Фихтенгольца. За месяц «по собственному желанию» заново прошел институтский курс по высшей математике. Хороший учебник.

В дальнейшем я узнал, что комплекс Центра дальней космической связи состоял из одной передающей и двух приемных антенн, работающих как одно зеркало. Основной задачей центра считалась радиолокация планеты Венера.

В Москве в ЦНИИГАиК в группе А.Г. Белевитина работали опытные геодезисты: все существенно старше меня. В свое время сотрудники группы разрабатывали технические задания и добились, чтобы на заводе «Арсенал» в Киеве был начат



Якутия, 1961 г.

серийный (по заказам) выпуск специального набора оптико-механических инструментов. Туда входили автоколлимационные теодолиты, автоколлиматоры с отсчетными шкалами, зеркала, угломеры, пузырьковые точные уровни. Наборы дополнялись, изменялись и долгие годы применялись там, где требовалась высокоточная геометрия изделий крупного габарита. Набор получил наименование «Юстировочная станция» и шифры ЮС-42, ЮС-48, и т. д. В один из автоколлиматоров из ЮС-42 я и смотрел из люльки.

После пробы на морозоустойчивость А.Г. Белевитин (за глаза все звали его «Гаврилычем») решил прощупать нового сотрудника на теоретическую устойчивость и задал мне задачу по выводу формул, которые должны были стать частью методики, заказанной в ЦНИИГАиК пользователями новой антенны. Измерения по этой методике должны были улучшить технические характеристики опорно-поворотного устройства (ОПУ) антенны. Задача оказалась довольно сложной и требовала хороших знаний по нескольким разделам высшей математики. Я справился с решением, пригодился «Фихтенгольц». Правда, на защите заказчик посетовал на слишком сложные формулы. На это автор методики Н.А. Черменский логично ответил, что формулы можно упростить, если упростить саму задачу. В итоге работу приняли, а мой рейтинг в собственных глазах на ступеньку повысился. Это была первая теоретическая работа, за выполнение которой я попал в число авторов официальной научной разработки.

«Луч»

Следующей работой, в которой мне пришлось участвовать, была задача передачи азимута в шахту. Точных размеров шахты не помню, глубина ≈ 25 м, диа-

метр стального стакана — 6 м. Стакан несет 4 кольцевых площадки обслуживания. Коллиматор, хранящий исходный азимут, находится у поверхности земли в стенке шахты, и на него передается астрономический азимут от внешних геодезических пунктов. На нижней площадке обслуживания установлен промежуточный коллиматор.

Нашей задачей (конечно, в пустой шахте) было определить горизонтальный угол между верхним и нижним коллиматорами. Разрешалось использовать площадки обслуживания для приборов и персонала.

Сотрудники ОСПГ разработали схему установки, получившей наименование «Луч». В нее входили два автоколлимационных теодолита УВК, две пентапризмы в оправе и три поворотных зеркала (ПЗ). Поворотное зеркало помещалось на монтировке универсала АУ-2"/5" на месте его трубы и вращалось в лагерах горизонтальной оси. В отличие от универсала, монтировку сделали параллактической, отодвинув горизонтальную ось от вертикальной на ≈ 10 см. Зеркало предусмотрели двусторонним, чтобы автоколлимацию можно было наблюдать, повернув зеркало на 180° для исключения его клиновидности.

Для компенсации скрещивания осей пришлось ввести в конструкцию противовес, утяжелив и так уже тяжелую конструкцию. В комплект ПЗ входил еще накладной пузырьковый уровень с ценой деления 2" для приведения оси вращения зеркала в горизонтальное положение.

В системе «Луч» два теодолита УВК располагались на уровне коллиматоров, чтобы через пентапризму получить от верхнего коллиматора параллельный пучок и посредством ПЗ и нижнего теодолита пере-

дать его на нижний коллиматор. Поворотные зеркала располагались на промежуточных уровнях так, чтобы их горизонтальные оси вращения были перпендикулярны «плоскости передачи», задаваемой верхним теодолитом.

В случае ненулевых показаний накладного уровня на ПЗ и ненулевых значений клиновидности зеркал возникла задача учета негоризонтальности осей вращения и угла между осью вращения и отражающей плоскостью зеркала. Я ее так и не решил, да и надобности особенной не было ввиду малости угловых аргументов.

В общем и целом, система получилась слишком громоздкой, число измерительных и юстировочных операций бесконечно велико. На одну передачу, не считая времени на монтаж аппаратуры, уходило часов 10 непрерывной работы.

Так случилось, что не только наша система оказалась неудачной. Но намучились мы в этой шахте здорово, транспорта на жилую площадку иногда не было, жилье на площадке было отвратительным. Словом, об этой командировке даже вспоминать не хочется.

Радиотелескопы

В 1960-е гг. стали появляться мощные остронаправленные высокочастотные антенные системы, по сути, радиотелескопы. Такие устройства (антенные комплексы) стали широко применяться с развитием космической техники. Их создатели быстро почувствовали пользу геодезических методов при монтаже крупных полноповоротных изделий. Были развернуты антенные комплексы проекта «Молния» и «Орбита», обеспечивающие спутниковую систему телевизионной трансляции на территории СССР. Приемно-передающие антенные комплексы представляли собой опорно-поворотные устройства



Антенна радиотелескопа (Источник: <http://rosgeokart.ru>)

(ОПУ), несущие системы рефлекторов из главного и вторичного зеркал (Система Кассегрена). В проекте «Молния» использовались горизонтальные двухосные параллактические монтировки (Г2П) с параболическим рефлектором диаметром около 16 м. В проекте «Орбита» — монтировка вертикальная двухосная симметричная (В2С) с параболическим рефлектором. Геодезические работы при строительстве ОПУ типа Г2П начинались с установки опор под подшипники горизонтальной оси в проектном азимуте. Далее выполнялся контроль горизонтальности несущей оси и перпендикулярность осей вращения. На последнем этапе геодезисты проверяли качество сборки рефлектора и приступали к измерению погрешностей геометрии готового изделия.

Самые крупные антенны имели главное зеркало диаметром 70 м.

Мне приходилось участвовать в юстировке антенн Г2П в разных городах, где я находился в железной кубической камере, поворачивающейся вместе с зеркалом антенны, и должен был при остановках брать отсчеты по угломеру. Это называлось «эталонированием датчиков осей вращения». После часа хождения по стенам и

потолку тебя выпускают на землю, и ты идешь, как подвыпивший матрос. На объекте под Уссурийском я участвовал в монтаже монтировок В2С. Бывал на объектах с готовыми антеннами, помогал радиоастрономам измерять эффективную площадь приемной апертуры на антеннах. Работали по ночам, наводили антенну на радиозвезды. Я уже вполне освоил все инструменты и стал в ОСПГ полноценным сотрудником с математическим уклоном.

В 1963 г., как всегда, работы было много: группа А.Г. Белевитина стала отделом.

В те времена задачи для предприятий и НИИ ставила

Комиссия по военно-промышленным вопросам при Совете министров СССР (ВПК). Задачи подлежали безусловному выполнению, и это вынуждало руководство ЦНИИГАиК расширять ОСПГ. Вскоре в отделе появились две лаборатории, одной из которых (№ 2) назначили заведовать меня. В этом же году дирекция и ряд отделов, в том числе ОСПГ, переехали на 5-ю Парковую улицу, где им было выделено 2 этажа здания гостиничного типа. У «Гаврилыча» появился отдельный кабинет, у рядовых сотрудников — две комнаты. Для работы с инструментами ЦНИИГАиК арендовал в соседнем жилом доме подвал, в котором построили бетонные столбы-пилоны, и ЭОМЗ «пожертвовал» пару небольших станков. В подвале был склад инструментов и приборов, здесь сотрудники ОСПГ макетировали реальные задачи, юстировали измерительные приборы, экспериментировали, чинили, словом, работали руками, глазами и даже головой. Н.А. Черменский называл подвал «храмом высоких открытий и трудового рвения», сокращенно «ХВОИТР». В ХВОИТРе мы отмечали государственные и местные праздники, конечно, после 17 часов.



Сотрудники ОСПГ на дне рождения А.Г. Белевитина, 1975 г.

«Амур»

В 1964 г. лаборатории № 2 было поручено участие в проекте «Терра-3». Проект был многоплановым и включал как теоретические, так и экспериментальные исследования. Суть проекта состояла в выяснении возможностей использования светолокации объектов в атмосфере и ближнем космосе. Забегая вперед, скажу, что работы по этой теме продолжались вплоть до распада СССР.

На первом этапе проекта, наряду с другими, ставилась задача экспериментального изучения «ракетной» атмосферной рефракции. До сих пор астрономы изучали рефракцию при наблюдении звезд, геодезисты занимались рефракцией в приземном слое, а законы рефракции при наблюдении объектов в толще атмосферы были «белым пятном».

Головной организацией по изучению ракетной рефракции назначили Институт физики атмосферы АН СССР. Там составили техническое задание для ЦНИИГАиК. Нам поручили измерить атмосферную рефракцию на цель, находящуюся на высоте 3–12 км, наблюдаемую с точки на поверхности Земли на расстоянии 90–110 км от цели.

По предложению «Гаврилыча» руководителем темы утвердили меня. Было мне 25 лет, и я плохо представлял, вернее сказать, совсем не представлял за что берусь. Б.А. Ларин, заместитель директора ЦНИИГАиК, и А.Г. Белевитин меня всячески ободряли. Немного утешало то, что в решении ВПК было сказано, что материально-техническое обеспечение экспериментальных работ по рефракции осуществляет Главное управление Министерства обороны СССР № 4. Тему почему-то назвали «Амур».

После многих совещаний в ЦНИИГАиК родилась такая схема эксперимента.

Бомбардировщик забирается на высоту 12 км и бросает светящую авиабомбу (САБ) на парашюте. Далее самолет, снижаясь, бросает еще 3 бомбы (последнюю — на высоте 4 км). Пока бомбы горят, их с земли засекают 5 измерительных пунктов (ИП). Четыре из них — в районе сбросов, а пятый — на расстоянии 100 км от бомб. Четыре ближних пункта определяют прямоугольные координаты летящей на парашюте бомбы, а дальний ИП измеряет зенитное расстояние на нее. По координатам бомбы вычисляется значение зенитного расстояния на нее с дальнего ИП в «безвоздушном пространстве», которое затем сравнивается с измеренным.

Для определения координат бомбы была придумана так называемая «зенитная засечка», когда на измерительных пунктах измеряют только зенитные расстояния, без азимута. На все ИП транслируется единое время в виде секундных и минутных сигналов, к которым «привязывают» моменты фиксации цели на киноплёнку. Дирекция ЦНИИГАиК поручила конструкторскому отделу спроектировать специальный теодолит с искателем и кинокамерой УВ-2"/2", а ЭОМЗ — изготовить 5 экземпляров. Заручившись такими обещаниями, мы с «Гаврилычем» поехали на Фрунзенскую набережную.

Нас очень хорошо приняли после произнесения слов «Терра-3» и сказали, что для этих целей имеется подходящий полигон с аэродромом и авиаполком, бомбардировщик с экипажем предоставят, бомб после войны осталось много («парочки вагонов вам хватит?»). Строительство и оборудование измерительных пунктов, включая транспорт, обеспечат на полигоне, для чего будет издан специальный приказ. Если будут трудности, телеграфируй-

те, поможем. Забегая вперед, скажу, что трудности были, пришлось даже дать телеграмму, после чего все пошло, как «по маслу».

В ЦНИИГАиК тоже тема пошла под зеленый свет. Запустили проектирование теодолита на основе астрономического универсала. Вертикальный круг сделали такого же диаметра, как горизонтальный (2"/2"), в конструкцию ввели зрительную трубу-искатель (половину восьмикратного бинокля). Вместо окуляра повесили портативную кинокамеру с пленкой 16 мм. Получилось, конечно, страшновато, но все работало. Бригада на измерительных пунктах состояла из двух человек и магнитофона для записи отсчетов по вертикальному кругу. Один наблюдатель наводил трубу-искатель на бомбу, а другой — брал отсчет по вертикальному кругу в момент съемки.

Летом 1965 г. я с группой сотрудников первый раз полетел на рейсовом Ил-18 на полигон. Сердце полигона — его командный пункт: группа зданий, где помещаются все технические службы, кабинеты начальства, ЭВМ (тогда она занимала пятиэтажный дом), прямая связь с Москвой и все в таком духе. В главном здании я познакомился с начальником топографического отдела (был на полигоне и такой), вместе с ним наметили на карте места расположения ИП и договорились со строителями о возведении на них бетонных пилонов для будущих теодолитов. Один ИП запланировали в 50 м от главного здания. На этот пункт обещали провести электропитание, связь с командным пунктом, линию службы единого времени.

За лето 1965 г. наша группа подготовила все, что наметили в Москве. Познакомились с экипажем бомбардировщика и



Коллектив ОСПГ, 1975 г.

даже умудрились выполнить пробные сбросы, чтобы наладить взаимодействие многочисленных служб и подразделений полигона. Предполагалось основные экспериментальные работы выполнить летом 1966 г.

Зимой 1965–1966 гг. теодолиты были готовы, в нашей лаборатории их привели в «боевое состояние» и отправили по железной дороге вместе с двумя вагонами бомб на полигон. Летом туда же последовал и наш «десант».

Как ни странно, все, о чем договаривались, было исполнено или делалось при нас: построили пилоны, наладили связь, задействовали службу единого времени, фотолaborаторию для проявки пленки, связались с аэродромной службой аэрозондирования, подготовили морские спасательные катера на случай аварии.

В день полетов к вечеру развозили наших ребят по измерительным пунктам, а меня — на командный пункт полигона, включали циркулярную связь, и я «рулил» всей этой армией с помощью микрофонов и телефонов. За ночь бросали 4 бомбы, иногда парашют не раскрылся, и тогда бомба взрывалась на земле как фугаска. Иногда парашют уносило в море, там их ловили экипажи дежурных спасательных катеров.

После сброса последней за ночь бомбы диспетчер полетов требовал от меня оценку работы экипажа. Точку сброса рассчитывал штурман по данным аэрозондирования, с учетом ветра. Сначала были ошибки, потом дело наладилось, и оценки стали отличными. Последующие за днем полета сутки уходили на обработку полевых материалов (расшифровка магнитофонных записей, проявление пленки, измерение координат на пленке и т. д.). Работы было много.

К осени мы сбросили два вагона бомб, собрали большой объем полевых экспериментальных данных и уехали в Москву. Здесь я озадачил программистов ЦНИИГАиК. В вычислительном отделе уже несколько лет работала ЭВМ «Урал-3», занимавшая несколько комнат на проезде Владимира.

Программы и исходные данные тогда вводились в ЭВМ на перфокартах, набивка которых составляла отдельный процесс. Все эти манипуляции требовали много времени, тем не менее в 1967 г. программа была готова, а через год и все посчитали. Можно было писать отчет, чем я и занимался еще почти год.

По материалам этой работы я написал диссертацию, которую Ученый совет МИИГАиК одоб-

рил, но не допустил до ВАК. Но я все-таки защитил диссертацию на тему «Геодезический контроль угла ракетной рефракции» в 1974 г.

РАТАН-600

В 1967 г. в кабинете у «Гаврилыча» появился Наум Львович Кайдановский — «отец» советской радиоастрономии и один из авторов проекта «РАТАН-600». Он хотел узнать, можно ли установить около 1000 элементов кругового отражателя радиотелескопа на окружности радиусом 300 м с точностью 0,6 мм, и как это сделать. «Гаврилыч» рассказал ему про мерные инварные проволоки, компарирование и сказал, что если ночью мы и добьемся нужной точности, то что будет днем, он не знает. Но, так как лучше ОСПГ все равно никого нет, отдел берется за эту работу, если заказчик гарантирует всестороннее обеспечение.

Так началась наша многолетняя работа в станции Зеленчукская на Северном Кавказе. Руководителем темы и бригадиром на объекте назначили А.П. Глумова («Хоттабыча»). Он был моей правой рукой два лета в 1965–1966 гг. и здорово помогал. Кличку «Хоттабыч» А.П. Глумов получил за выдающиеся организаторские способности, которые он использовал во всей дальнейшей работе в ОСПГ.

Сначала мы с ним и В. Шагиняном поехали на разведку, арендовали временное жилье. Летом началась стройка, возник поселок строителей из коттеджей с приусадебными участками. На следующий год в один из них из Москвы переехал «Хоттабыч» с женой и прожил там более 15 лет, периодически приезжая в Москву переоформить командировку. Состав бригад менялся, а домик Глумовых служил базой ОСПГ для «РАТАН-600», а потом и для других объектов.

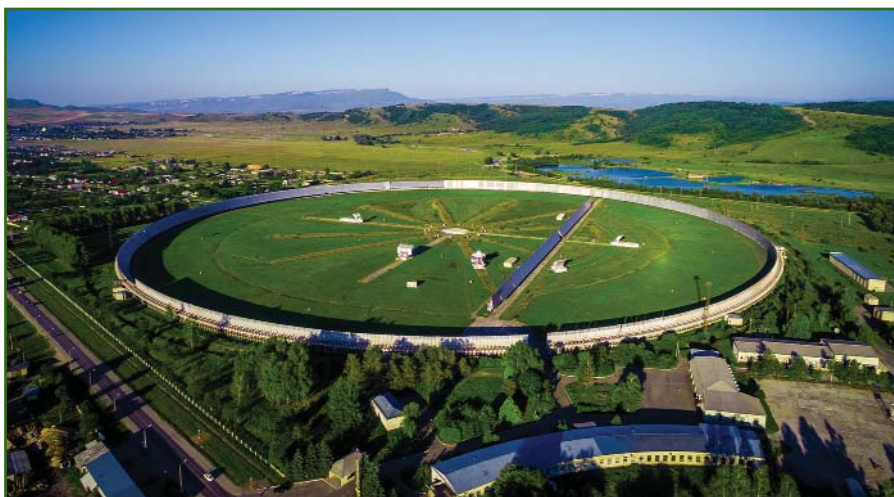
Радиотелескоп «РАТАН-600» — представитель так называемых приемных антенн переменного профиля. О его устройстве и особенностях можно узнать из специальной литературы или в сети Интернет. Я коротко расскажу только о геодезических задачах.

Глобальная формулировка выглядела так: геодезия должна обеспечить выполнение требований к качеству отражающих поверхностей, что является главным параметром любого телескопа. Технические требования, изложенные в проектной документации, намного пространные.

Телескоп принадлежал Специальной астрофизической обсерватории АН СССР (САО АН СССР), расположенной в Пулково. Он имел несколько отражающих поверхностей разной формы, составляемых из металлических щитов алюминиевого сплава. Самый большой по площади круговой отражатель состоял из 895 прямоугольных щитов размером 11,4х2 м, разбитых на четыре сектора по сторонам света. Щиты отражателя располагались на окружности средним диаметром 576 м на каретках, которые могли ездить по радиальным рельсам. Рамы щитов монтировались на каретках посредством горизонтальной оси вращения, позволяющей менять наклон щитов.

Щиты собирались на специальном стапеле, где плоским пластинам с помощью набора пружин на жесткой раме придавалась форма параболических цилиндров. Точность поверхности контролировали бригады ОСПГ по специальной технологии, фиксирующей сотые доли миллиметра. По расчетам конструкторов точность поверхности щита должна была сохраняться при эксплуатации.

По проекту горизонтальные оси всех щитов кругового отражателя должны лежать в одной

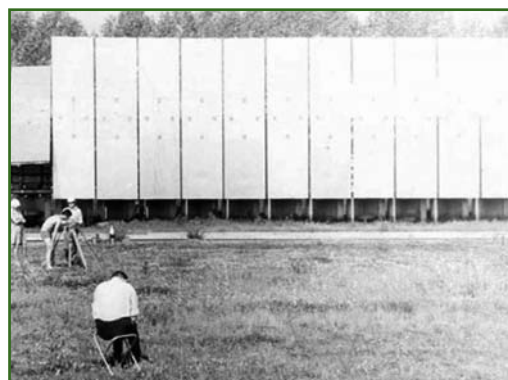


Радиотелескоп АН СССР «РАТАН-600» (станция Зеленчукская, Карачаево-Черкессия)

горизонтальной плоскости с СКП 0,3 мм, а в пределах одного сектора (225 щитов) — 0,2 мм. Чтобы обеспечить одинаковую отметку горизонтальных осей, проектом предусматривалось строительство бетонных эстакад, высота которых компенсировала перепады рельефа. Максимальная разница высот составила 3,5 м. Радиальное положение щитов фиксировалось датчиком радиального перемещения, шкала которого должна быть «привязана» к центру телескопа с СКП 0,6 мм.

Геодезическая опорная сеть состояла из 12 фундаментальных глубинных реперов, хранящих плановое и высотное положение своих центров. Центры были представлены в виде втулок принудительного центрирования. Плановое и высотное взаимное положение этих центров определялось с максимальной доступной в то время точностью в периодических циклах измерений. Линейные измерения выполнялись по программе базисных измерений I класса комплектом эталонированных проволок, высотные — по программе нивелирования I класса.

Строительство телескопа велось по очередям, в первую очередь вошел северный сектор и его вторичное зеркало. К янва-



Контроль установки элементов кругового отражателя «РАТАН-600» (Источник: <http://rosgeokart.ru>)

рю 1974 г. эта часть радиотелескопа была принята к пусконаладочным работам и подготовке к пробным наблюдениям.

Помимо рутинных геодезических операций при строительстве, сотрудники ОСПГ были заняты решением исследовательских задач, поставленных руководством САО АН СССР. Речь шла о том, чтобы выяснить точностные параметры смонтированных зеркальных систем, определить факторы, влияющие на них, и получить численные параметры этого влияния. Главная цель исследований — компенсировать, насколько это возможно, погрешности изготовления и температурные деформации.

Продолжение следует