

Санкт-Петербургский государственный университет

ЦЕСАРЕНКО Денис Владимирович

Выпускная квалификационная работа бакалавра

**Создание фрагмента спутниковой сети СГС-1 в Мурманской области с
целью геодезического обеспечения картографии и кадастров**

Бакалавриат:

Направление 21.03.02 «Землеустройство и кадастры»

Основная образовательная программа бакалавриата СВ.5121.2019

«Кадастр недвижимости: оценка и информационное обеспечение»

Научный руководитель:

доцент, к.г.н. Алиев Тахир Аскерович

_____ 2023
«__» _____

Рецензент:

Начальник экспедиции,

Аэрогеодезия,

Бровков Евгений Владимирович

_____ 2023
«__» _____

Санкт-Петербург

2023

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	4
ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК	7
<i>Зарождение земельных отношений в истории России</i>	7
<i>Земельные отношения в XVIII-XIX веках</i>	7
<i>Земельные отношения в XX веке</i>	8
<i>Земельные отношения в современной России</i>	9
ГЛАВА 1. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ	11
1.1 Государственные геодезические сети как математическая основа картографии и кадастра	11
1.2 Ретроспектива создания и применения государственных геодезических сетей на территории России	14
1.2.1 Государственные геодезические сети России в XIX веке	14
1.2.2 Государственные геодезические сети России в первой половине XX века	17
1.2.3 Государственные геодезические сети России во второй половине XX века	20
1.2.4 Развитие спутниковых геодезических сетей	24
1.3 Структура государственных геодезических сетей	26
1.3.1 Общие положения структуры государственной геодезической сети	26
1.3.2 Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС)	28
1.3.3 Высокоточная геодезическая сеть (ВГС)	30
1.3.4 Спутниковая геодезическая сеть 1 класса (СГС-1)	32
1.3.5 Астрономо-геодезическая сеть 1 и 2 класса	34
1.3.6 Геодезические сети сгущения 3 и 4 класса	35
ГЛАВА 2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ В КАРТОГРАФИИ И КАДАСТРЕ	37
2.1 Государственная геодезическая система координат 2011 года	37
2.2 Местные системы координат	40
ГЛАВА 3. СОЗДАНИЕ ФРАГМЕНТА СГС-1 В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ	43
3.1 Физико-географическая характеристика района работ	43
3.2 Организация и производство геодезических работ	46
3.2.1 Обследование и восстановление пунктов ГГС и ГВО	46

3.2.2	<i>Геодезическое оборудование</i>	50
3.2.3	<i>Создание и закладка пунктов</i>	52
3.2.4	<i>Спутниковые наблюдения на пунктах</i>	63
3.3	Камеральная обработка полученных данных	67
3.3.1	<i>Обработка результатов измерений спутниковых приемников</i>	67
3.3.2	<i>Использование программы Leica Geo Office для создания Rinex файлов</i>	68
3.4	Возможности использования СГС-1	69
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	74
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. СУБЪЕКТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С ВВЕДЁННЫМИ В ДЕЙСТВИЕ МЕСТНЫМИ СИСТЕМАМИ КООРДИНАТ	84
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ЖУРНАЛ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ	87

ВВЕДЕНИЕ

Важным аспектом, связанным с управлением земельными ресурсами, является определение границ земельных участков. В Российской Федерации точность определения кадастровых границ составляет 10 сантиметров для населенных пунктов и 20 сантиметров для земель, относящихся к землям сельскохозяйственного назначения, в частности, дачным массивам [3]. Межевание земель в России имеет более чем 1000-летнюю историю. Межевание - это процесс определения и фиксации границ земельного участка на местности, включающий работы по установлению местоположения и измерению его площади.

Рассмотрим экономический аспект. Земельные ресурсы являются значительным источником налогообложения. Одной из проблем, с которой сталкиваются специалисты в этой области – актуальность данных о местоположении земельных участков.

Развитие спутниковых методов определения координат земельных участков предоставляет возможность проведения съемки границ участков меньшими затратами, чем при использовании классических методов геодезии. В связи с этим, применение спутниковых геодезических сетей, в частности, сети СГС-1 для картографии и кадастра может значительно улучшить качество межевания земельных участков и повысить эффективность работы землеустроительных организаций.

Геодезической основой Единого государственного реестра недвижимости является государственные геодезические сети [1]. Создание спутниковых геодезических сетей 1-го класса (СГС-1), в рамках применения современных методов создания государственных геодезических сетей, позволяет использовать спутниковые методы съемок для улучшения системы кадастрового учёта земельных ресурсов в России благодаря повышению точности геодезических измерений.

Необходимым условием для непрерывного экономического развития регионов РФ является картографическое обеспечение её территории. В России существует высокий спрос на картографические работы в связи с постоянным экономическим развитием государства. В частности, при проектировании новых объектов капитального строительства, создании транспортной инфраструктуры, мониторингах экологического состояния среды, проектировании дорог различного класса, управлении территориями, создании и развитии кадастров различной направленности. Отдельно стоит отметить Единый государственный реестр недвижимости, который представляет собой свод достоверных систематизированных сведений, включая координаты характерных точек границ земельных участков в местных системах координат регионов [1].

Все перечисленные виды работ и обуславливают необходимость геодезического, кадастрового и картографического обеспечения территории РФ. Поэтому темой настоящей ВКР является «Создание фрагмента спутниковой сети СГС-1 в Мурманской области с целью геодезического обеспечения картографии и кадастров».

Всестороннее исследование процесса создания СГС-1 в составе государственных геодезических сетей РФ и оценка возможностей её использования в картографических и кадастровых работах также является актуальной задачей в настоящее время.

Целью работы является рассмотрение структуры государственной геодезической сети как основы математического обеспечения картографии и кадастров на примере фрагмента спутниковой геодезической сети 1 класса.

В качестве объекта исследования в выпускной квалификационной работе выступает спутниковая геодезическая сеть 1 класса.

Предметом исследования является использование современных государственных геодезических сетей с целью геодезического обеспечения картографии и кадастров.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- проанализировать нормативно-правовую базу в области геодезического и картографического обеспечения;
- провести анализ структуры государственных геодезических сетей;
- обеспечить теоретическое обоснование создания фрагментов СГС-1 и выделить основные этапы, особенности;
- проанализировать виды и типы систем координат в РФ;
- изучить применение геодезических сетей в целях обеспечения кадастра недвижимости;
- изучить применение геодезических сетей в целях обеспечения картографии;
- оценить возможности и перспективы использования СГС-1 для картографии;
- проанализировать возможности и перспективы использования СГС-1 для кадастра недвижимости.

Данная тема была предложена АО «Аэрогеодезия». Фрагмент СГС-1 на территории Мурманской области создавался в рамках работ по развитию государственных геодезических сетей нового поколения.

Информация о методе создания фрагмента СГС-1 в Мурманской области была получена нами в ходе прохождения производственной практики в АО «Аэрогеодезия» в период с 21.06.2022 по 31.10.2022 года.

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Зарождение земельных отношений в истории России

Основы земельных отношений начали зарождаться уже в древние времена, когда возникла необходимость в установлении границ земельных наделов в период развития земледелия. Первыми земельными знаками были тамги. Они являлись знаками собственности и ставились на границах полей уже в первые века новой эры. Участки же делились бороздами, которые, как и любые другие обозначения границ, получили название межа [24], отсюда и произошло слово межевание.

Земельный кадастр в России начался вместе с образованием государства. Так, в статье 33 Русской Правды Ярославичей 1072 г. говорится: «А кто распашет полевою межу или испортит межевой знак, то за обиду 12 гривен». Из этой нормы видно, что предусматривалась юридическая ответственность за нарушение земельно-кадастрового законодательства. Начиная с XII века земли получили разделение на категории, а также получили качественную и количественную характеристику. Начиная с 30-х гг. XVI века начинается составление общих описаний всего Российского государства. С середины XVI века по всей стране вводилась единообразная система распределения государственных повинностей. Заключались они в установлении единицы налогообложения, которая зависела от размера распаханной земли. Записи писцовых книг были основным документом при определении владельческой принадлежности земель и установлении размера [37].

Именно на этом этапе развития земельных отношений были заложены основы геодезической съемки и кадастровых работ.

Земельные отношения в XVIII-XIX веках

Земельные отношения этого периода характеризуются тем, что в Российской Империи было проведено Генеральное межевание, главной целью

которого было определение точных размеров разных типов угодий и их принадлежности, проводилось в конце XVIII – начале XIX веков. Это было необходимо для совершенствования системы налогообложения. Межевание было решено провести в два этапа. На первом этапе производилась инвентаризация земель, принадлежность которых не оспаривалась соседями. На втором этапе все спорные земли были межеваны в общих границах и оставлены без уточнения до проведения специального межевания [40].

В последствии было проведено поземельное устройство, которое основывалось на реформе 1861 г. Целью реформы являлось высвобождение крестьян от крепостной зависимости, предоставление в их владение доли помещичьих земель. Были проведены мероприятия по осуществлению определенных задач:

1. Установлению масштаба выкупных платежей;
2. Выделению крестьянских участков из помещичьих владений;
3. Проведение формирования уставных грамот.

В данный период участок предоставлялся за установленный денежный выкуп. Проводимые реформы позволили России перейти из феодально-крепостнической страны в буржуазно-капиталистическую [38].

Земельные отношения в XX веке

Следующим этапом стала Столыпинская реформа, проводимая с 1906 по 1914 год, главная цель которой заключалась в переходе от крестьянского коллективного землевладения к частной собственности. Начиная с 1906 года у крестьян появилось право свободно выходить из общины с передачей в собственность отдельных участков земель из общины. Результатом реформы стало появление новых форм крестьянского землепользования – отруба, участка земли, выделенного крестьянину при выходе из общины с сохранением его двора в деревне, и хутора, участка земли, выделенный крестьянину при выходе из общины с переселением из деревни на свой участок.

Начиная с 1917 произошло обобществление индивидуального землепользования, частная собственность была отменена. Дальнейший курс развития государства был направлен на восстановление общенародного хозяйства. Начиная с 1928 и до 1932 года включительно, осуществлялась политика коллективизации сельского хозяйства, появились колхозы и совхозы. В отрезок времени 1954-1965 гг. было сформировано более 3 тысяч новых совхозов. Стала реализовываться система агротехнических, организационно-хозяйственных, лесомелиоративных и гидротехнических действий [38]. В 1970 году произошло принятие Земельного кодекса РСФСР [39]. С 1972 года стали разрабатываться агропромышленные программы, с целью развития землеустройства районов. До 1988 года были введены концепции земледелия и проведены земельные оценочные работы.

Земельные отношения в современной России

С распадом СССР получили свое развитие разные формы собственности на землю. Главным моментом в сфере земельной политики стал Указ Президента РФ от 27 октября 1993 г. О регулировании земельных отношений и развитии аграрной реформы в России [16]. Был запущен рынок земли. Он стал объектом гражданского оборота и объектом налогообложения. Активизировался оборот мелких земельных участков, переданных в собственность гражданам для ведения садоводства и индивидуального жилищного строительства. Был принят Федеральный закон от 02.01.2000 № 28-ФЗ «О государственном земельном кадастре» [15, 39]. Тогда же была введена общая система государственного земельного кадастра, регистрации и оформления документов о правах на земельные участки и прочно связанную с ними недвижимость на всей территории России.

Федеральный закон РФ №78-ФЗ «О землеустройстве» [2] регламентирует мероприятия по обеспечению эффективного землепользования.

С развитием земельных отношений повышалась потребность в более точном определении границ земельных участков. Обеспечить необходимую точность на каждом историческом этапе возможно было только с помощью использования геодезической основы.

Геодезической основой государственного кадастра недвижимости являются государственная геодезическая сеть и создаваемые в установленном порядке геодезические сети специального назначения. [28].

ГЛАВА 1. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ

1.1 Государственные геодезические сети как математическая основа картографии и кадастра

Геодезическая сеть – это система закрепленных на местности объектов (геодезических пунктов), расположение которых определено в плановом и высотном положении. Фиксация координат пунктов происходит в единой системе координат.

«Государственная геодезическая сеть представляет собой совокупность геодезических пунктов, используемых в целях установления и (или) распространения государственной системы координат, используемой при осуществлении геодезических и картографических работ» [6].

В приказе обозначены цели и задачи, которые стоят перед государственной геодезической сетью:

«Государственная геодезическая сеть создается для установления и распространения на территории Российской Федерации государственной системы координат, обеспечения возможности создания геодезических сетей специального назначения и используется в целях решения следующих задач:

- геодезическое обеспечение картографирования территории Российской Федерации, градостроительной, навигационной и кадастровой деятельности, землеустройства, недропользования;
- изучение параметров фигуры и гравитационного поля Земли и их изменений во времени;
- изучение геодинамических явлений;
- обеспечение единства измерений при высокоточных геодезических работах;
- задач, связанных с нуждами обороны страны;
- иных фундаментальных научных, экономических и технических задач геодезии, картографии, геофизики, геодинамики и космонавтики».

В соответствии с Основными положениями о государственной геодезической сети Российской Федерации ГКИНП (ГНТА)-01-006-03 [19]:

«ГГС предназначена для решения следующих основных задач, имеющих хозяйственное, научное и оборонное значение:

- установление и распространение единой государственной системы геодезических координат на всей территории страны и поддержание ее на уровне современных и перспективных требований;
- геодезическое обеспечение картографирования территории России и акваторий окружающих ее морей;
- геодезическое обеспечение изучения земельных ресурсов и землепользования, кадастра, строительства, разведки и освоения природных ресурсов;
- обеспечение исходными геодезическими данными средств наземной, морской и аэрокосмической навигации, аэрокосмического мониторинга природной и техногенной сред;
- изучение поверхности и гравитационного поля Земли и их изменений во времени;
- изучение геодинамических явлений;
- метрологическое обеспечение высокоточных технических средств определения местоположения и ориентирования».

Геодезические сети имеют определенный набор характеристик [12].

Рассмотрим некоторые из них:

- значения координат пунктов сетей в принятой системе координат;
- плотность пунктов (или расстояние между смежными пунктами сети);
- средняя квадратическая погрешность взаимного положения пунктов в плане и по высоте;
- средняя квадратическая погрешность определения координат пунктов относительно исходных пунктов.

Положение пунктов государственной геодезической сети может быть выражено следующими характеристиками:

- пространственными прямоугольными координатами;
- геодезическими (эллипсоидальными) координатами - широтой, долготой, высотой; плоскими прямоугольными координатами, вычисляемыми в проекции Гаусса-Крюгера, и нормальной высотой в принятой системе высот».

Определим, что такое математическая основа карты и каким образом она связана с геодезическими сетями.

«Математическая основа карт — это совокупность элементов, определяющих связь между картографическим изображением и реальной поверхностью Земли или другого небесного тела» [32].

Обращаясь к книге «Картография», мы можем выделить следующую важную особенность: «... совокупность геодезической основы, масштаба карты и картографической проекции является элементами математической основы» [31]. С этим трудно не согласиться, ведь геодезические сети являются основой для создания системы координат, которая в дальнейшем становится основой картографической проекции [33].

Стоит обратить внимание на тот факт, что основным параметром учёта земельных участков являются координаты характерных точек их границ [1]. Исходными при определении координат характерных точек границ земельных участков являются пункты государственной геодезической сети в системах координат, используемых для ведения Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН) в регионах РФ.

Подводя итог, можно сказать, что государственные геодезические сети играют ключевую роль в развитии картографии и кадастра. Пункты ГГС являются «носителями» координат. Используя различные методы определения координат, значение точной геодезической сети сложно переоценить, ведь погрешность, содержащаяся в геодезической сети, передастся в итоговый результат измерения.

1.2 Ретроспектива создания и применения государственных геодезических сетей на территории России

История становления государственных геодезических сетей насчитывает более 200 лет. Рассмотрим историю становления государственных геодезических сетей на территории России.

Картографирование на территории России во все времена имело особое значение. Отсутствие геодезического обоснования при картографировании снижало качество итогового материала. Использование геодезических сетей же позволило создать точную основу для закрепления местоположения объектов в системе координат. Это дает возможность оценить объемы проделанной работы, оценить методы создания этих сетей.

1.2.1 Государственные геодезические сети России в XIX веке

В монографии Леонида Андреевича Кашина «Построение классической астрономо-геодезической сети России и СССР» [26] подробно отражены все этапы развития геодезических сетей России. Важным толчком к развитию геодезической основы в Российской Империи, также, как и в Европе стала начавшаяся военная кампания Наполеона. Первый этап в истории развития геодезии в Российской Империи начался с создания Императорского бюро карт в 1797 году, далее переформированного в Военно-топографическое бюро карт под эгидой Военного министерства. Позже, в 1822 году был создан Корпус военных топографов. Именно под командованием руководителя Военно-топографического депо Петра Михайловича Волконского, в которое входил Корпус военных топографов, была осуществлена тригонометрическая и топографическая съемка Виленской губернии. Карта тригонометрических сетей представлена на рисунке 1. Для этого, руководителем работ, Карлом Ивановичем Теннером была разработана первая Инструкция по триангуляции в Российской Империи. Она содержала информацию о закладке пунктов триангуляции, а также описывала структуру размещения рядов триангуляции. Одновременно с

этим, выполнение задачи по осуществлению триангуляционных и в дальнейшем топографических работ на территории Лифляндии было поручено Василию Яковлевичу Струве.

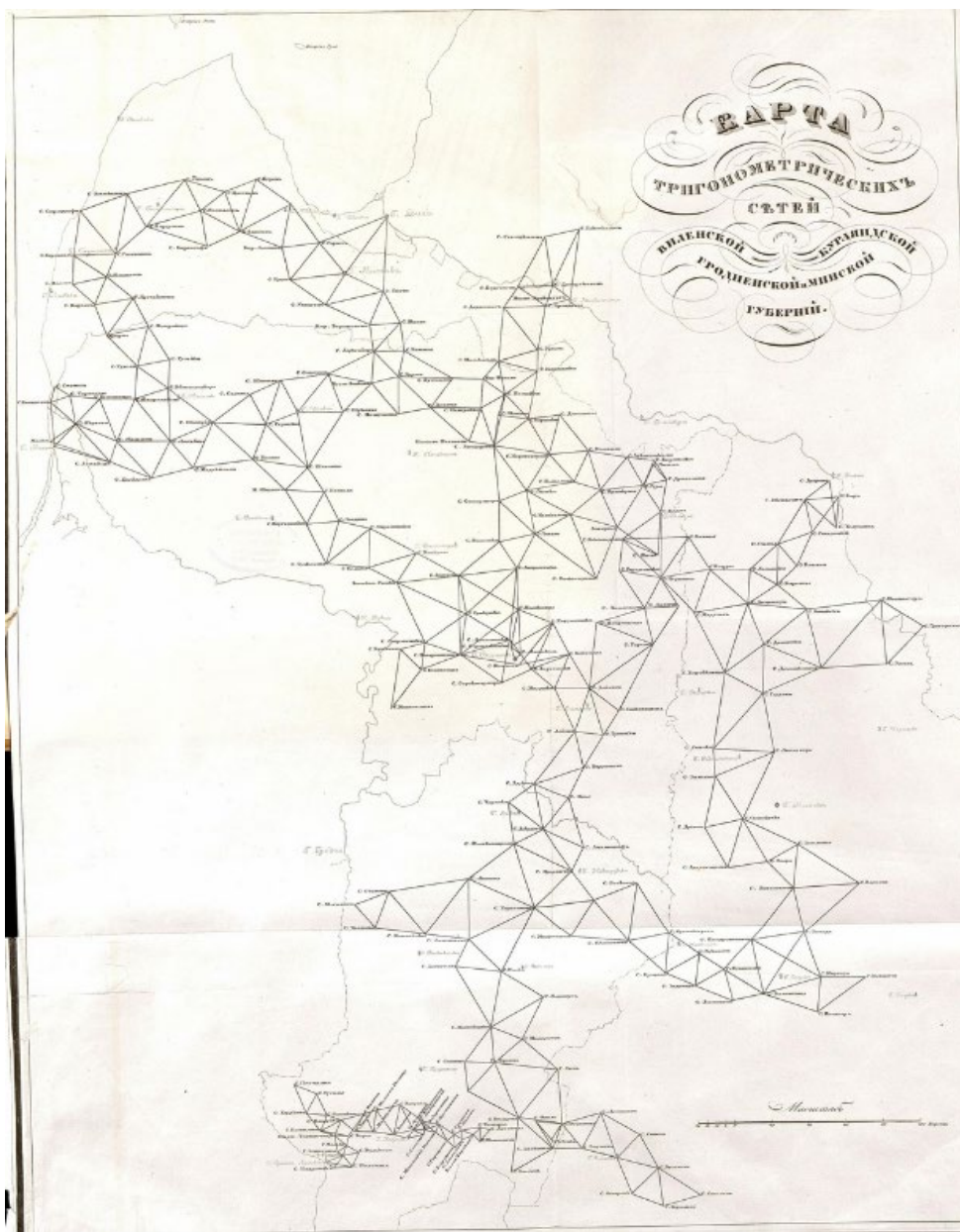


Рисунок 1 – Карта тригонометрических сетей Виленской губернии [25]

Уже тогда стало понятно, что для создания более точного съемочного обоснования необходимо вычислить параметры Земли. Для подтверждения предположения о форме Земли, как двусосного эллипсоида, был разработан проект по созданию линии триангуляции, в дальнейшем получившее название «Дуга Струве». Она представлена на рисунке 2. Именно поэтому были

произведены съемки на северном направлении, сначала Балтийская, а затем и Финская часть дуги. Именно на основе производимых съемок было разработано Русско-Скандинавское градусное изменение и были вычислены параметры эллипсоида, в частности размер большой полуоси земного эллипсоида. Феодосий Николаевич Красовский вместе с Александром Александровичем Изотовым использовали полученные значения для вычисления параметров референц-эллипсоида. К 1870-м годам две трети губерний Европейской России, Кавказ и Финляндия были покрыты триангуляциями.

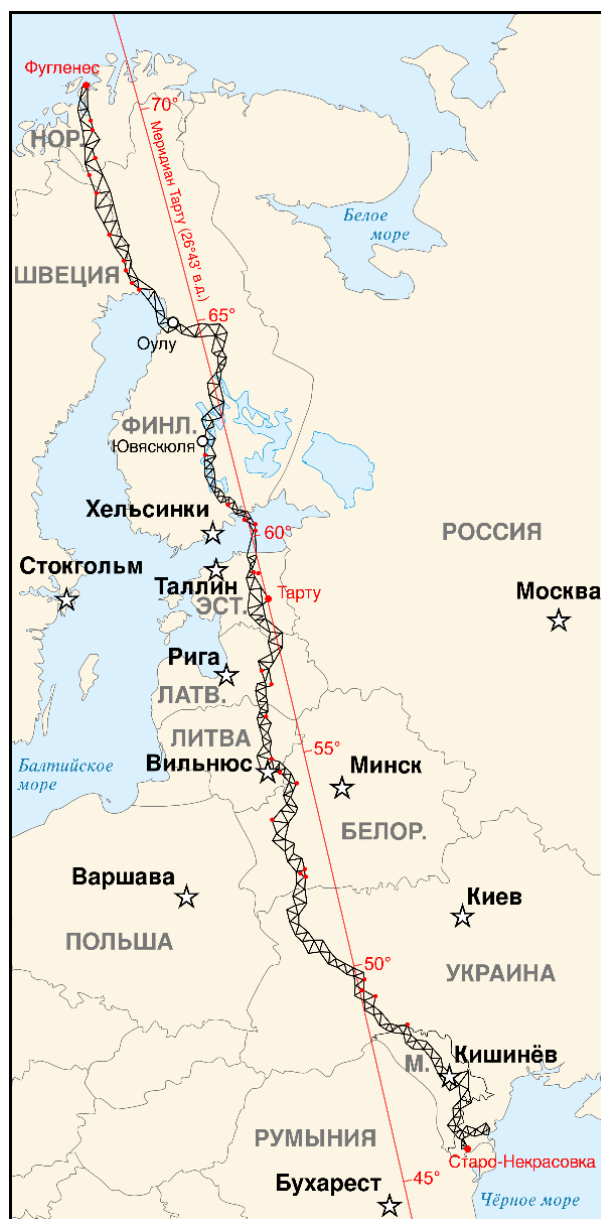


Рисунок 2 – Дуга Струве [43]

Еще одним немаловажным этапом в развитии геодезических сетей стало создание и уравнивание нивелирной сети Российской Империи. Работы были начаты в 1816 году. Изначально выполнялись методом тригонометрического нивелирования, а с 1873 методом геометрического нивелирования. Работы были завершены к 1894 году. Это ознаменовало установление Черноморской системы высот, просуществовавшей до 1934 года.

Таким образом, за время существования Корпуса военных топографов, были установлены 67386 пунктов триангуляции. Было проложено 46000 погонных километров точных и высокоточных нивелировок, вследствие чего была выполнена топографическая съемка трети территории России [26].

1.2.2 Государственные геодезические сети России в первой половине XX века

Одним из важнейших этапов в истории развития геодезических сетей на территории России является создание первой единой государственной геодезической сети. Разработана она была Иллиодором Ивановичем Померанцевым, начальником Корпуса военных топографов. В 1910 году издается инструкция по производству триангуляции. В дальнейшем она будет использована Феодосием Николаевичем Красовским в Инструкции по триангуляции 1 класса в 1928 году. Согласно инструкции 1910 года, предполагалось построить систему замкнутых полигонов из звеньев триангуляции, расположенных вдоль меридианов и параллелей. Полный объем работ выполнить не удалось. К 1917 году было создано 152 геодезических знака, выполнены измерения на 129 пунктах [26].

После революции перед страной встала важная задача по картографическому обеспечению всей территории. В 1919 году было создано Главное управление геодезии и картографии (ГУГК). В 1928 ГУГК утверждает программу развития ГГС и её структурную схему с использованием рядов триангуляции 1 класса, основных рядов триангуляции 2 класса, заполняющих сетей 2 класса, сетей 3 класса и пунктов 4 класса, определяемых геодезическими

засечками. Создавались они с целью решения как прикладных задач геодезии, так и научно-теоретических [34].

Изначально Сеть 1 класса прокладывалась по параллелям и меридианам на расстоянии 200-250 км друг от друга. Образовывались полигоны с периметром около 800 км. Состояли они из треугольников, приближенных своей формой к равносторонним. В каждом пересечении рядов 1 класса, идущих по меридианам и параллелям определялись длина и азимут выходной стороны триангуляции, т.е. базисы. Схема построения представлена на рисунке 3. Длину базиса определяли с помощью инварных проволок. На каждом из концов выходной стороны определялись астрономические широты, долготы и азимут. Сами же эти пункты назывались пунктами Лапласа.

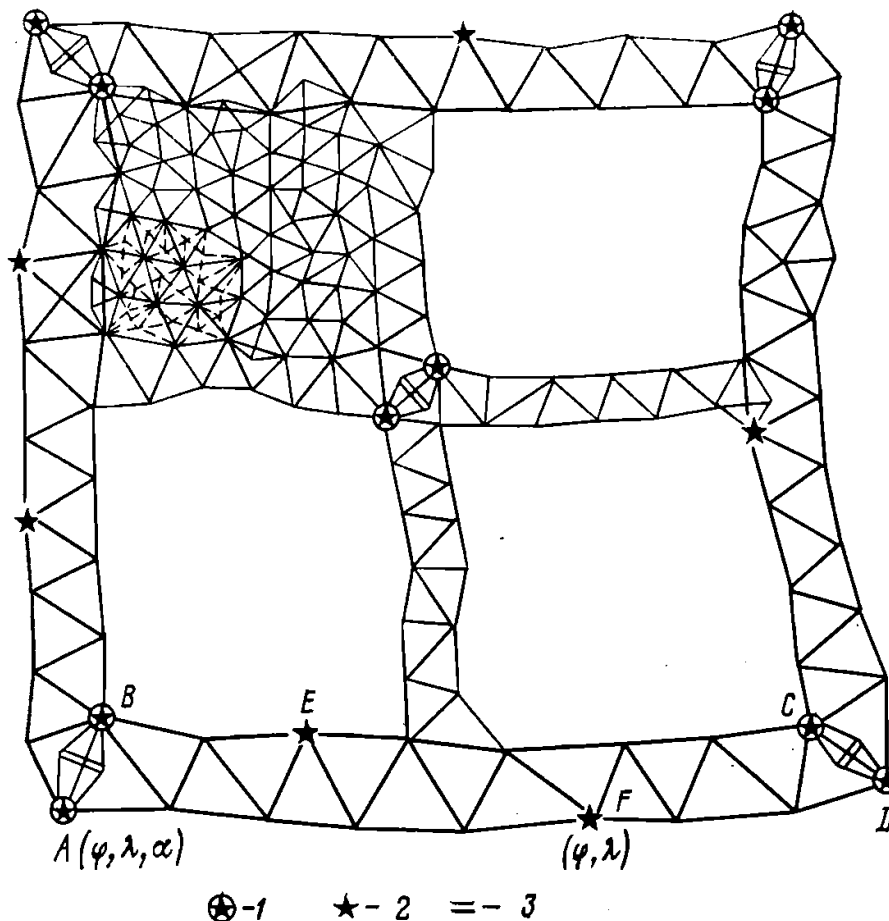


Рисунок 3 – Схема Ф. Н. Крассовского построения государственной триангуляции (1- пункт Лапласа, 2 – промежуточный астропункт, 3 – базис)

[34]

В 1932 году начались работы по гравиметрической съемке территории. К 1934 году было предложено выполнять астрономо-геометрическое нивелирование для детального измерения параметров фигуры земли.

Благодаря измерениям на астрономо-геодезических пунктах удалось уточнить параметры Земного эллипсоида, ставшие основой для референц-эллипсоида Красовского.

В итоге, получившийся проект содержал следующие основные технические характеристики государственной триангуляции по проекту Ф. Н. Красовского:

Таблица 1 – Технические характеристики государственной триангуляции по проекту Ф. Н. Красовского [34]

Класс триангуляции	Средняя длина стороны s , км	Средняя квадратическая ошибка измерения угла m , угл. “	Ошибка стороны в слабом месте сети m/s	Ошибка определения взаимного положения смежных пунктов, м
Ряды 1 класса	25—30	0,7—0,9	1/100 000	~ 0,3
Сети 2 класса	18	1,2—1,5	1/60 000	~ 0,3
Сети 3 класса	11—13	2,0—2,5	1/35 000	~ 0,3
Сети 4 класса	5—8	5	1/15 000	~ 0,3

Постановлением Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 г. № 760 [17] на основе выполненного уравнивания была введена единая система координат и высот на территории СССР. За начало координат принят пункт Пулково, а исходный уровень высот - Балтийское море (Кронштадтский футшток). Таким образом были установлены: система координат 1942 года (СК – 42 или Пулково-1942) и Балтийская система высот. Этим же постановлением установлены для обязательного использования параметры референц-эллипсоида.

Итогами проведенных работ стали следующие достижения:

1. Создана единая государственная система координат СК-42;
2. Получены опытные данные для нахождения параметров фигуры Земли;
3. Были созданы условия для развития сетей триангуляции 2 и 3 класса;

4. Обеспечена высокая, на момент создания сети, точность определения взаимного положения пунктов триангуляции;
5. Обеспечена возможности проведения топографических съемок в масштабе 1:10000.

Работы, которые были проведены в ходе создания государственной геодезической сети были поистине масштабными, однако всё изменилось с началом Великой Отечественной войны [34].

1.2.3 Государственные геодезические сети России во второй половине XX века

После Великой Отечественной войны страна нуждалась в восстановлении после масштабных разрушений. Также была потребность в модернизации и развитии различных экономических сфер. Геодезические сети, созданные по проекту Ф. Н. Красовского, предполагали возможность проведения топографических съемок с точностью 1:10000 и мельче. Потребности народного хозяйства они не закрывали. В 1948 году ГУГК был поставлен вопрос о повышении точности государственной геодезической сети. Была разработана новая программа построения ГГС. Основная часть положений о построении государственной геодезической сети была составлена к 1960-м годам. Согласно положениям, ГГС СССР являлась главной геодезической основой топографических съемок, а также инженерных и научно-геодезических изысканий на территории страны. В отличие от проекта Ф. Н. Красовского, в котором был использован метод триангуляции, новый проект предполагал использование методов как триангуляции, так и полигонометрии и трилатерации. При этом, выбор метода основывался на наибольшей экономической эффективности для каждого района работ. Также плотность пунктов была значительно увеличена [34].

ГГС строилась от общего к частному, от геодезической сети 1 класса к сети 4 класса. Обратимся к рисунку 4. На нем изображен фрагмент сети 1 класса, представленный как триангуляцией 1 класса, так и полигонометрией 1 класса.

Можно отметить, что сети более низкого класса фактически являются сетями сгущения к сетям высшего класса и строятся внутри полигонов более высокочасной сети. Схема построения представлена на рисунке 5 [34].

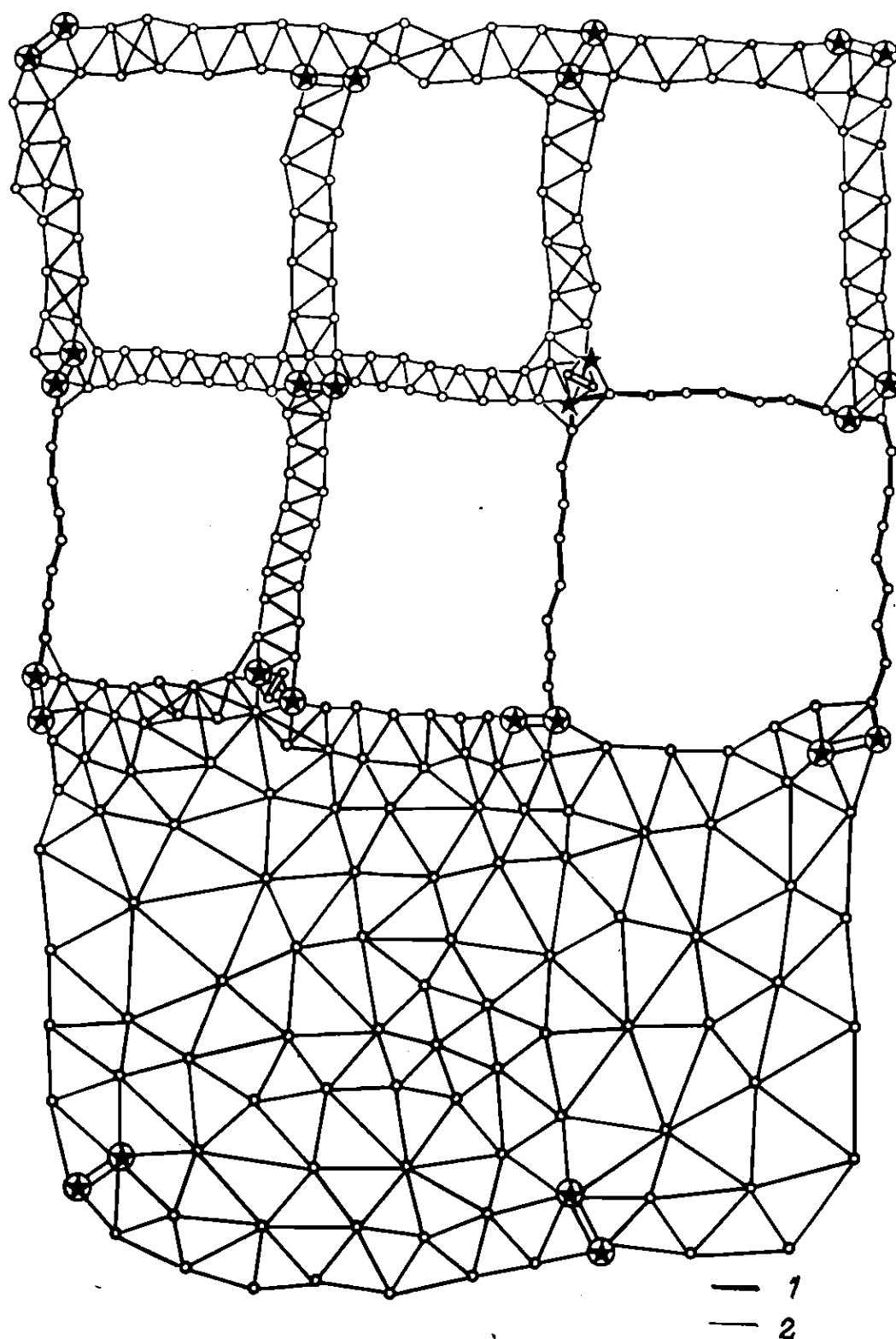


Рисунок 4 – Схема построения астрономо-геодезической сети 1 класса [34]

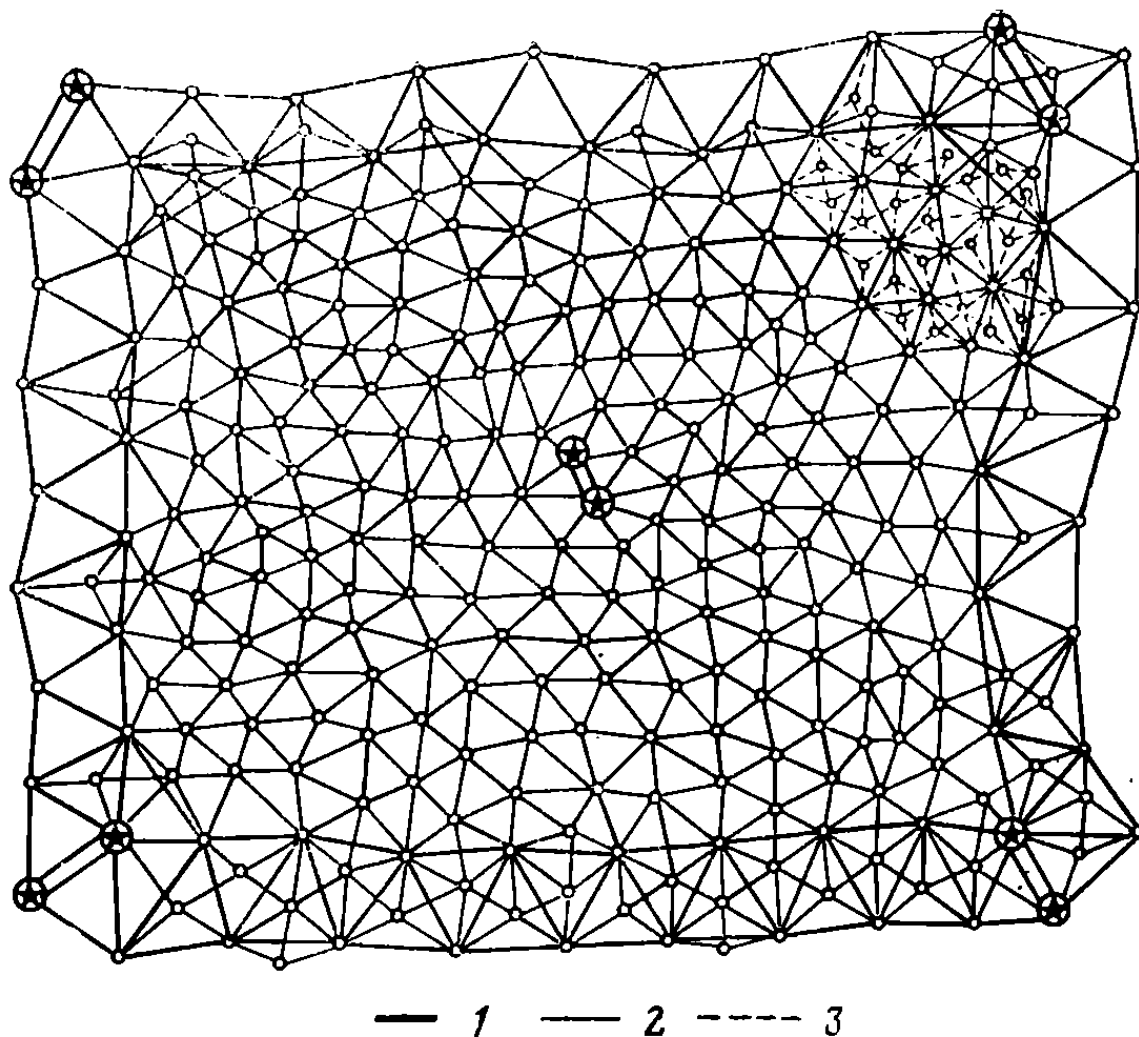


Рисунок 5 – Схема построения сети триангуляции 2-4 классов внутри полигона триангуляции 1 класса [34]

Государственная геодезическая сеть, создаваемая в соответствии с Основными положениями 1954-1961 годов смогла обеспечить точность достаточную для создания крупномасштабных карт, а также стала основой для различных инженерных и научных изысканий. Однако для этого потребовалось почти 30 лет.

Начиная с 80-х годов начали развиваться методы спутниковой геодезии, появились сети ДГС и КГС.

Доплеровская геодезическая сеть (ДГС) состоит из 131 геодезического пункта, координаты которых были вычислены по доплеровским наблюдениям искусственных спутников земли. Для этого использовалась первая в мире

спутниковая система навигации – Transit. Средняя квадратическая ошибка (СКО) данной сети составляли 0,4 – 0,6 м, при среднем расстоянии между пунктами 500-700 км.

Космическая геодезическая сеть (КГС) состоит из 26 геодезического пункта, координаты которых были вычислены по доплеровским, фотографическим и дальномерным наблюдениям. СКО данной сети составляли 0,2 – 0,3 м, при среднем расстоянии между пунктами 1000-1500 км.

В середине 90-х годов было проведено совместное уравнивание АГС, КГС и ДГС, в результате которого постановлением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2000 года № 568 [18] была установлена новая государственная система координат 1995 года (СК-95). Она предназначалась для производства геодезических и картографических работ на территории России, начиная с 1 июля 2002 года.

Общее уравнивание АГС было завершено в мае 1991 года. Уравненная сеть включала в себя 164 306 пунктов триангуляции и полигонометрии 1-2 классов.

Итоговая точность представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики государственной триангуляции

Класс сети	Средняя длина стороны s, км	Средняя квадратическая ошибка измерения угла m, угл. “	Ошибка стороны в слабом месте сети ms/s	Ошибка определения взаимного положения смежных пунктов, м
1	20—25	0,7	1/150 000	~0,15
2	7—20	1,0	1/200 000	~0,06
3	5—8	1,5	1/120 000	~0,06
4	2—5	2,0	1/70 000	~0,06

1.2.4 Развитие спутниковых геодезических сетей

Астрономо-геодезическая сеть стала последней государственной сетью на территории России, использующей классические методы создания сетей. 4 октября 1957 года, Советским Союзом был запущен первый искусственный спутник земли на околоземную орбиту. Это ознаменовало начало космической эры человечества. Именно с этих пор и появилась «Космическая геодезия». Изначально методы определения координат «космическими» методами были неточны, но с появлением технологий GPS в Америке и ГЛОНАСС в Советском Союзе в 80-х годах ситуация поменялась. Проводимые измерения по своей точности стали превышать точности классической геодезии. Первоначально дорогостоящее оборудование начало дешеветь и приобретать большую популярность у специалистов. Именно в те времена и появилась идея о создании государственной геодезической сети, построенной с помощью спутниковых методов определения координат [23].

Разработка нормативной базы началась с «Концепции перехода топографогеодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений» [27]. Также «Применение приемников спутниковой системы WILD GPS System 200 фирмы Лейка (Швейцария) при создании и реконструкции городских геодезических сетей» РТМ В-01-95 [29]. Именно в данных документах была сформирована современная структура государственных геодезических сетей, а также получены данные о точности спутниковых измерений. Начался активный этап создания новых типов геодезических пунктов. На основе полученных данных было создано «Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS» [20].

Создание новой структуры государственных геодезических сетей предполагало и создание новых типов геодезических пунктов. В соответствии с этим, в 2001 году были утверждены правила закрепления центров пунктов спутниковой геодезической сети. В данном документе описывались:

- выбор мест закладки пунктов с учётом географического положения;
- изготовление центров пунктов;
- монтаж центров пунктов;
- внешнее оформление пунктов.

Поскольку новая структура государственной геодезической сети только создавалась, требовалось уточнение системы координат. В 1995 году был принят «Закон о геодезии и картографии». Он стал основополагающим документом в области как геодезического обеспечения, так и кадастрового учёта в Российской Федерации. На его основе, в 2000 году было сформировано постановление правительства «Об установлении единых государственных систем координат». Оно закрепило правовой статус СК-95. К 2004 году появилось «Руководство пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 года. Данный блок нормативно-правовых документов позволил законодательно закрепить использование единой системы координат на территории Российской Федерации, обозначить принципы использования данной системы. Важной составляющей стало наличие информации о работе со спутниковым оборудованием в целях определения координат [21].

К 2016 году было создано необходимое количество геодезических пунктов для уравнивания новой системы координат. Она была установлена постановлением правительства «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы». Вместе с ним появились и ГОСТы, регламентирующие создание пунктов современных государственных спутниковых сетей ФАГС, ВГС, СГС-1. С 1 января 2021 года СК-95 и СК-42 были официально упразднены [14].

На данный момент продолжается создание фрагментов государственной геодезической сети ФАГС, ВГС и СГС-1. Перейдём к рассмотрению структуры и свойств данных сетей.

1.3 Структура государственных геодезических сетей

1.3.1 Общие положения структуры государственной геодезической сети

Для рассмотрения структуры стоит обратиться к ГОСТ 55024-2012 «СЕТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ. Классификация. Общие технические требования». В данном нормативном документе приводится классификация в зависимости от свойств [12]:

- «в зависимости от размеров - на глобальные, межгосударственные (региональные), национальные (в пределах одной страны) и локальные (местные);
- по функциональному признаку - на сети государственного и специального назначения;
- по виду получаемой информации - на пространственные, плановые, высотные, планово-высотные;
- по назначению - на опорные геодезические сети, геодезические сети сгущения, съемочные и разбивочные сети;
- по точности - на высокоточные, точные и технические;
- в зависимости от технологии построения - на спутниковые, сети радиоинтерферометрии, триангуляции, полигонометрии, трилатерации, геодезические засечки».

Также предоставляется информация о структурном составе государственных геодезических сетей в области координатного обеспечения территории страны [12]:

- «фундаментальную астрономо-геодезическую сеть;
- высокоточную геодезическую сеть;
- спутниковые геодезические сети 1 класса;
- астрономо-геодезическую сеть 1 и 2 классов;
- государственные геодезические сети сгущения».

Стоит отметить и тот факт, что в структуре также существуют геодезические сети специального назначения, которые используются в различных областях промышленности страны. Например, они могут применяться в кадастровых, маркшейдерских работах, в землеустройстве и при проектировании ОКС. Также, эти сети могут подразделяться на различные классы и разряды в зависимости от точности и целей применения данных сетей [12].

Плановые геодезические сети могут создаваться геодезическими, астрономическими и спутниковыми методами.

Высотные геодезические сети – система хорошо закрепленных на земле пунктов, высотная отметка которых определяется с помощью методов геометрического нивелирования.

Гравиметрические геодезические сети – система закрепленных на местности пунктов, в которых определено ускорение силы тяжести. Одна из самых закрытых типов сетей на территории Российской Федерации. Связано это со спецификой применения этих карт в военных целях.

1.3.2 Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС)



Рисунок 6 – Пункт ФАГС

ФАГС является первым уровнем в структуре современных государственных геодезических сетей в Российской Федерации. Она представляет собой систему периодически определяемых постоянно действующих геодезических пунктов, основная задача которых состоит в установлении и распространении единой

геоцентрической системы координат по территории России, а также поддержание её на современном уровне с использованием наилучших доступных технологий посредством применения искусственных спутников Земли систем GPS и ГЛОНАСС. На данный момент на территории Российской Федерации существует 107 пунктов ФАГС (по данным Федерального портала государственных данных, на момент 04.05.2022) Схема расположения представлена на рисунке 7 [11, 44].

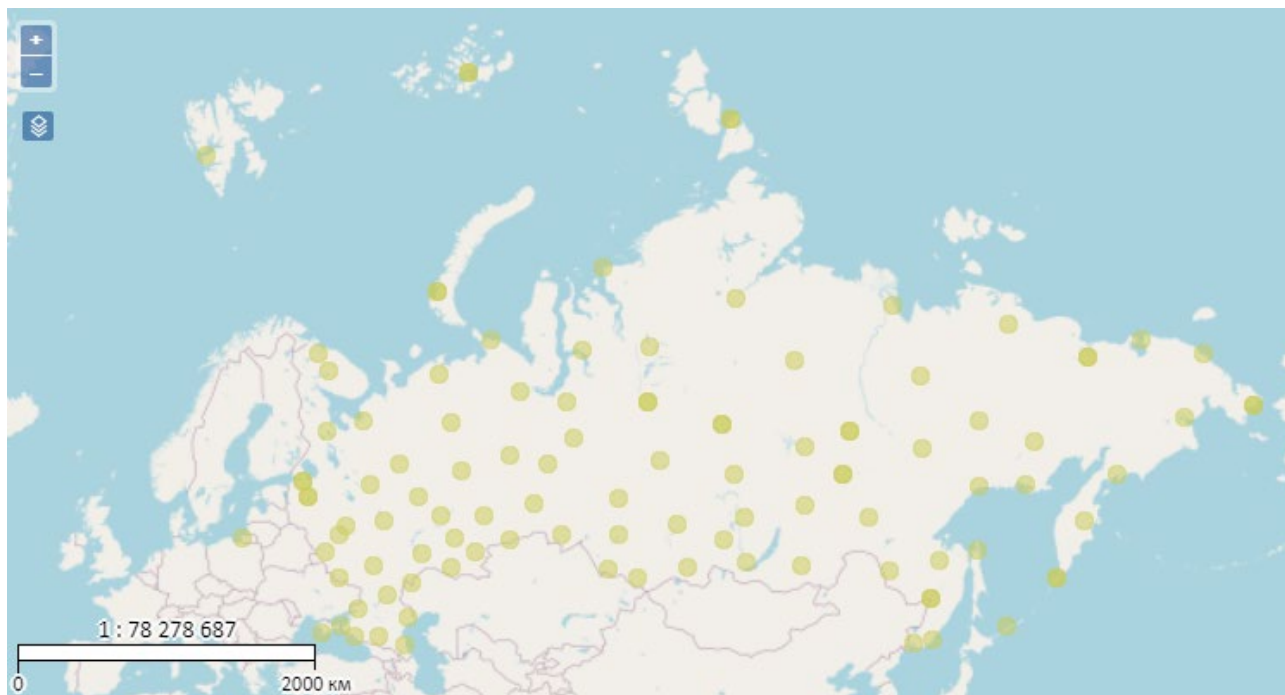


Рисунок 7 – Схема расположения пунктов ФАГС [34]

Говоря о характеристиках структуры ФАГС, стоит начать с плотности расположения пунктов. В соответствии с ГОСТ 57374-2016, плотность пунктов ФАГС должна составлять 1 пункт на 1000000 км^2 , при расстоянии между смежными пунктами от 800 до 1000 км. Средняя квадратичная погрешность взаимного положения пунктов сети должна составлять не более 2 см в плане и не более 3 см по высоте. Погрешность пространственного положение в общеземной системе координат не должна быть более 10 см. При этом передачу значения нормальной высотной отметки осуществляют методами нивелирования I или II класса точности, при этом исходной основой должны являться как минимум два репера линий нивелирования I или II класса. Передача плановых координат выполняется с использованием спутниковых систем.

Геодезической основой при этом являются два пункта триангуляции Государственной геодезической сети 1-4 класса. Все измерения осуществляются в СК-95. Стоит отметить и тот факт, что в создание пункта ФАГС входит программа по определению значения ускорения силы тяжести на основном центре пункта. При этом, СКП данного параметра не должна превышать 10 мкГал [11].

1.3.3 Высокоточная геодезическая сеть (ВГС)



Рисунок 8 – Скальный пункт ВГС

ВГС является вторым уровнем в структуре современных государственных геодезических сетей в Российской Федерации. Её назначение заключается в распространении единой геоцентрической системы координат на территории России, уточнении параметров ориентирования сети, создание основы для построения геодезических сетей более низких классов, а также изучение параметров Земли. Отметим, что данная сеть создается фрагментами, и обеспечивает, первоначально, экономически развитые районы государства.

Пространственное положение данной сети методами относительных спутниковых определений. На данный момент на территории Российской Федерации существует 385 пунктов ВГС (по данным Федерального портала государственных данных, на момент 04.05.2022). Схема расположения представлена на рисунке 9 [9, 44].

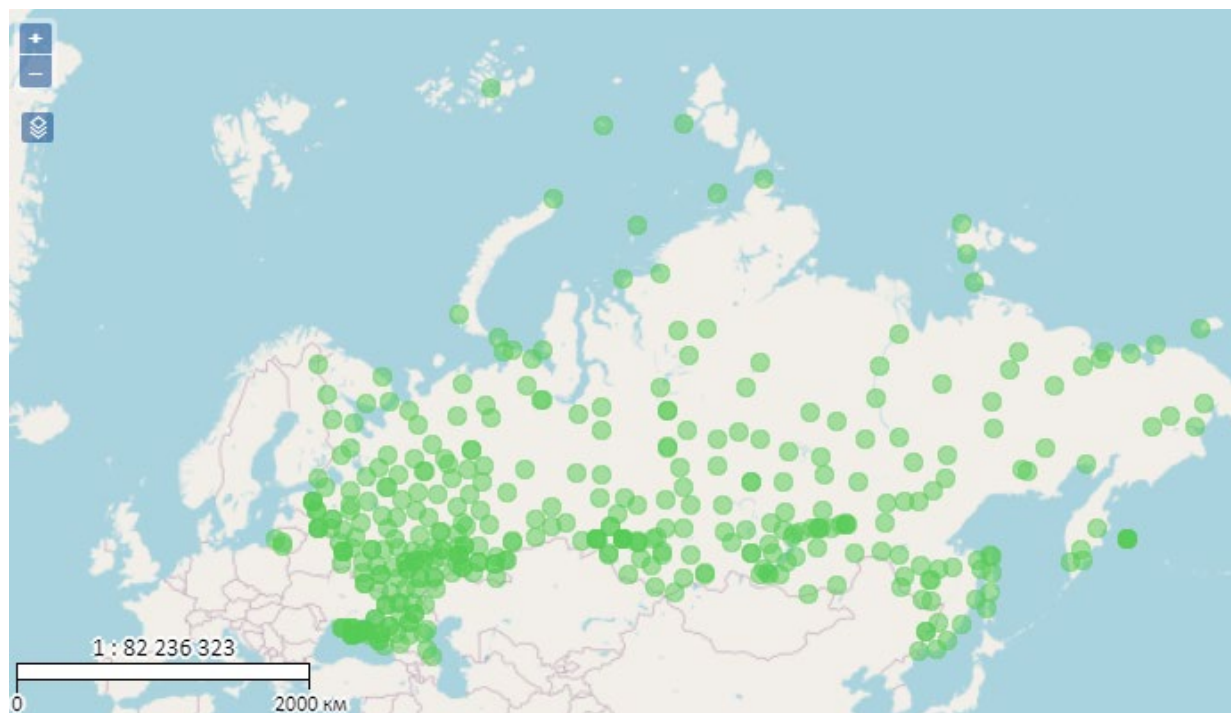


Рисунок 9 – Схема расположения пунктов ВГС [34]

Говоря о свойствах сети, рассмотрим нормативную базу. В соответствии с ГОСТ 57372-2016, плотность пунктов ВГС определяется расстояниями между смежными пунктами от 150 до 200 км. Средняя квадратичная погрешность взаимного положения пунктов ВГС, а также пунктов ФАГС должна составлять не более $3 \text{ мм} + 5 \cdot 10^{-8} D$ в плане и не более $5 \text{ мм} + 7 \cdot 10^{-8} D$ по высоте, где D – длина стороны в мм. При этом передачу значения нормальной высотной отметки осуществляют методами нивелирования I или II класса точности с погрешностью меньше 1 см [9].

1.3.4 Спутниковая геодезическая сеть 1 класса (СГС-1)



Рисунок 10 – Пункт СГС-1

СГС-1 является третьим уровнем в структуре современных государственных геодезических сетей в Российской Федерации. Представляет из себя фрагментированную структуру, количество пунктов, включенное в фрагмент сети, должно быть не менее 3-х. Создается преимущественно в экономически развитых районах России. Назначение данной сети состоит в наиболее эффективном переводе геодезического обеспечения территории страны на спутниковые методы определения координат. Основой для построения фрагментов сети являются пункты ФАГС и ВГС. На данный момент на территории Российской Федерации существует 3471 пункт СГС-1 (по данным Федерального портала государственных данных, на момент 04.05.2022) Схема расположения представлена на рисунке 11 [10, 44].



Рисунок 11 – Схема расположения пунктов СГС-1 [34]

Таблица 3 – Расстояния между смежными пунктами СГС-1 [12]

Характеристика территории	Расстояние между смежными пунктами (км)
Города и промышленные площадки	5-6
Районы с интенсивной хозяйственной деятельностью, территории с сейсмической активностью >7 баллов	10-20
Территории со средней плотностью сети	25-35
Необжитые районы, сейсмически неактивные	40-50

В соответствии с ГОСТ 57373-2016, плотность пунктов СГС-1 определяется расстояниями между смежными пунктами. Значения расстояния определены в ГОСТ 55024. Характеристики приведены в таблице ранее. Средняя квадратичная погрешность взаимного положения пунктов СГС-1, должна составлять не более $3 \text{ мм} + 1 \cdot 10^{-7} D$ в плане и не более $5 \text{ мм} + 2 \cdot 10^{-7} D$ по высоте, где D – длина стороны в мм. При этом передачу значения нормальной высотной отметки

осуществляют методами нивелирования II или III класса точности с погрешностью, не превышающей 1 см [10, 12].

1.3.5 Астрономо-геодезическая сеть I и 2 класса

Астрономо-геодезическая сеть I класса

Целью создания астрономо-геодезической сети I класса является:

- определение формы и размеров Земли;
- распространение единой системы координат на территории страны.

Астрономо-геодезическая сеть I класса создается полигонами с периметром от 800 до 1000 км, которые образуются звеньями полигонометрии или триангуляции, длиной не более 200 км, которые, по возможности, должны располагаться вдоль параллелей и меридианов.

При развитии сети методами триангуляции, звено триангуляции состоит из «близких к равносторонним, или из комбинации треугольников, геодезических четырехугольников и центральных систем». В таком случае, длины сторон в звеньях должны быть меньше 20 км, притом на концах звеньев вычисляются базисные стороны, чьи концы определяются пунктами Лапласа.

При использовании метода полигонометрии, звено построения должно состоять из менее чем 10 сторон длиной от 20 до 25 км. В вершинах полигонов определяются пункты Лапласа [22].

Астрономо-геодезическая сеть 2 класса

Астрономо-геодезическая сеть 2 класса является заполнением полигонов АГС-1, треугольниками с углами более 30 градусов и средней длиной сторон от 7 до 20 км. В АГС-2 базисные стороны должны быть не реже чем через 25 треугольников и обязательно в центре полигона I класса. Астрономо-геодезическая сеть 2 класса созданная методом полигонометрии имеет вид ходов, опирающихся на пункты I класса и образующих в пересечении сплошную сеть 3-5 треугольников [22].

Таблица 4 – Точность измерений в АГС-1 и АГС-2

Показатель	АГС - 1 класса	АГС – 2 класса
СКО измеренных углов на пунктах звеньев триангуляции	0,7"	1"
СКО измеренных углов на пунктах звеньев полигонометрии	0,4"	1"
СКО длин базисных сторон звеньев триангуляции	1/400 000	1/300 000
СКО длин базисных сторон звеньев полигонометрии	1/300 000	1/250 000
СКО Астрономической широты	0,3"	0,3"
СКО Астрономической долготы	0,03"	0,03"
СКО Астрономического азимута	0,5"	0,5"

В 1991 году произошло общее уравнивание АГС. Точность определения взаимного планового положения пунктов СКО в котором равна 0,02-0,04 метра для смежных пунктов и 0.25-0,8 м при расстоянии от 0,5 тыс. км до 9 тыс. км [19].

1.3.6 Геодезические сети сгущения 3 и 4 класса

На данный момент геодезические сети сгущения 3 и 4 класса включает в себя более 300 тысяч пунктов. Их основной задачей является сгущение сети 1 и 2 классов. При их создании использовались методы трилатерации, полигонометрии и триангуляции. Точность измерений ГСС представлена в таблице [19]:

Таблица 5 – Точность измерений ГСС [19]

Наименование	3 класс	4 класс
СКО измеренного угла, m	1,5''	2,0''
СКО линейных измерений m/s	1/200000	1/150000

Астрономо-геодезическая сеть 1 и 2 класса и государственные сети сгущения 3 и 4 класса создавались на территории России в конце 20 века. На данный момент такие сети используются, тем не менее, точность данных сетей

не отвечает современным требованиям. Построение этих сетей осуществлялось на основе классических геодезических методов. В настоящее время ГГС развиваются спутниковыми методами. В приказе Минэкономразвития от 29 марта 2017 года № 138 Об установлении структуры государственной геодезической сети и требований к созданию государственной геодезической сети, включая требования к геодезическим пунктам. «Новые пункты геодезических сетей сгущения не создаются. При снижении плотности пунктов государственной сети за счет утраты пунктов геодезических сетей сгущения на этой территории создаются пункты спутниковой геодезической сети 1 класса.» [6, 19]

Таким образом, геодезические сети имеет сложную, разветвленную структуру и играют важную роль в поддержании картографическом и кадастровом обеспечения страны. На примере создания фрагмента СГС-1 рассмотрим этапы работ по развитию спутниковых геодезических сетей.

ГЛАВА 2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ В КАРТОГРАФИИ И КАДАСТРЕ

2.1 Государственная геодезическая система координат 2011 года

Введение системы координат ГСК-2011 связано с использованием спутниковых технологий координатных определений, в частности системы ГЛОНАСС. Построение системы координат ГСК-2011 осуществлялось в рамках выполнения мероприятий Федеральной целевой программы «Глобальная навигационная система».

В структуру государственной геодезической сети, практически реализующих систему координат ГСК-2011 входят сети триангуляции, полигонометрии и трилатерации 1-4 классов (~283 000 пунктов), уравненные с опорой на пункты ФАГС, ВГС и СГС-1, что обеспечивает возможность использования в системе координат ГСК-2011 геодезических, топографических и картографических материалов, созданных ранее на основе традиционных методов и технологий.

Постановление Правительства РФ от 24.11.2016 № 1240 «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы» устанавливает государственные системы координат на территории России. Начиная с 1 января 2021 года были отменены СК-42 и СК-95, государственной системой координат, используемой при осуществлении геодезических и картографических работ, стала геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011). [14]. В таблице 6 приведены фундаментальные геодезические постоянные установленной государственной системы координат.

Таблица 6 – Фундаментальные геодезические постоянные, а также параметры общего земного эллипсоида, применяемые в государственных системах координат [14]

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение
I. Геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011)			
1. Фундаментальные геодезические постоянные			
Геоцентрическая гравитационная постоянная Земли (с учетом атмосферы)	fM	$\text{Км}^3/\text{с}^2$	398600,4415
Угловая скорость вращения Земли	ω	рад/с	$7,292115 \times 10^{-5}$
2. Параметры общего земного эллипсоида (началом системы координат является центр масс Земли. В качестве отсчетного эллипсоида принят общеземной эллипсоид, ось вращения которого совпадает с осью Z геодезической системы координат (ГСК-2011))			
Большая полуось	a	м	6378136,5
Сжатие	α	-	1/298,2564151

ГСК 2011 является геоцентрической системой координат, идентичной WGS-84, а именно:

- «– начало системы координат совпадает с центром масс Земли;
 - ось Z направлена к условному земному полюсу;
 - ось X направлена в точку пересечения плоскости экватора и начального (Гринвичского) меридиана, установленного Международным бюро времени; – ось Y дополняет систему до правой» [35].
- Схема представлена на рисунке 13.

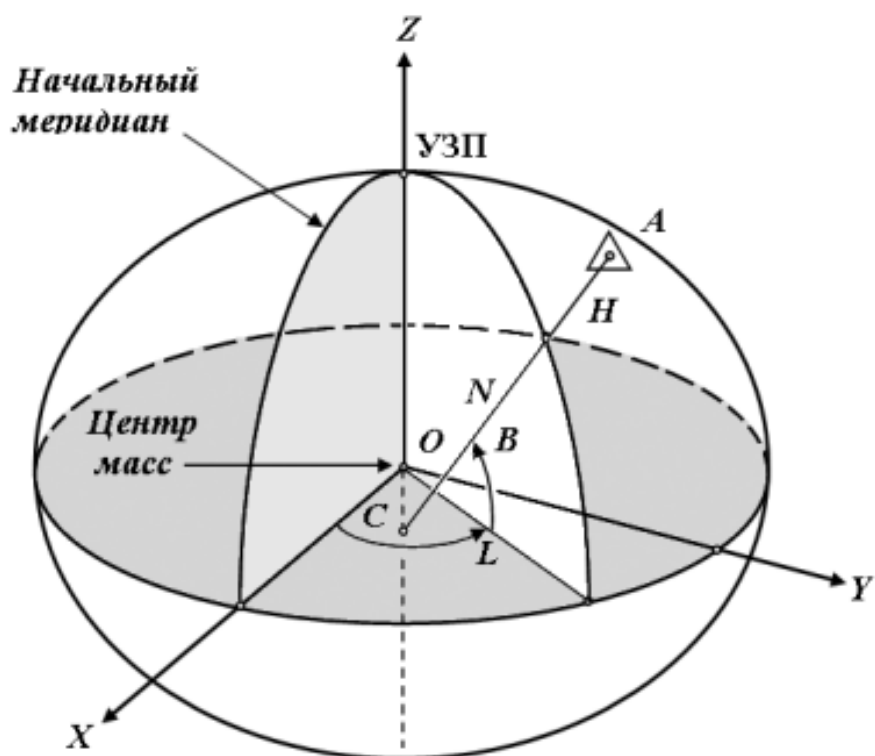


Рисунок 13 – Геоцентрическая система координат [35]

Приказ Росреестра от 12.11.2021 № П/0516 «О параметрах перехода между геодезической системой координат 2011 года (ГСК-2011) и международными системами координат и о признании утратившим силу приказа Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23 марта 2016 г. № П/0134 «Об утверждении геометрических и физических числовых геодезических параметров государственной геодезической системы координат 2011 года (ГСК-2011)» устанавливает параметры перехода между WGS 84 и ГСК-2011.

Таблица 7 – Параметры перехода от ГСК-2011 к WGS-84 [7]

№ п/п	Исходная система (А)	ΔX , м	ΔY , м	ΔZ , м	ω_x угл. с	ω_y угл. с	ω_z угл. с	м × 10 ⁶
1	WGS-84 (G1150)	-0.013	+0.092	+0.030	-0.001738	+0.003559	-0.004263	-0.0074
2	ITRF-2008	+0.003	-0.013	+0.008	+ 0.000543	+0.000061	-0.000055	+0.0006

2.2 Местные системы координат

Приказ от 20 октября 2020 года № п/0387 [5] «Об утверждении порядка установления местных систем координат». Он определяет основные положения установления МСК на территории России. Целями установления местных систем координата является:

- обеспечение проведения градостроительных и картографических работ при осуществлении градостроительной и кадастровой деятельности;
- обеспечение проведения землеустройства;
- обеспечение проведения недропользования;
- установление, изменение границ между субъектами РФ;
- установление, изменение границ муниципальных образований.

Местная система координат определяется для ограниченной территории, которая не превышает территорию субъекта Российской Федерации, с использованием 3-градусной или 6-градусной зон картографической проекции общего земного эллипсоида, применяемой в ГСК-2011. Начало отсчета и направление осей координат в местной системе не должны совпадать с началом отсчета и направлением осей в государственной системе координат. При проектировании, строительстве, реконструкции и содержании линейных объектов, местные системы координат устанавливаются на полосу отвода линейных объектов и их охранные зоны по всей их протяженности без ограничения территории, указанной в первом пункте [5].

Установление МСК может быть инициировано:

- федеральными органами исполнительной власти;
- исполнительными органами государственной власти субъектов Российской Федерации;
- органами местного самоуправления;
- субъектами отношений в области деятельности связанной с картографией и геодезией.

Одной из неотъемлемых частей для разработки местных систем координат является создание параметров перехода от ГСК 2011 к создаваемой МСК. Параметры перехода или ключи перехода - перечень параметров, значения, которые необходимы для пересчета координат из одной системы координат в другую. Пункты государственной геодезической сети будут являться исходными пунктами для определения ключей перехода МСК. В общем случае, параметры перехода должны содержать следующие данные [5]:

- сдвиг начала отсчёта системы координат;
- разворот осей системы координат;
- коэффициент масштабирования.

Для полноценного функционирования МСК необходимо ввести её в эксплуатацию. Для этого составляется технический отчёт. Технический отчёт является основанием для рассмотрения возможности установления МСК. Отчёт формируется из следующих сведений:

- наименование МСК;
- цели установления МСК;
- границы территории на которой устанавливается МСК, отображенные на государственных топографических картах;
- исходные данные использованные при выполнении работ;
- ключи перехода;
- методы определения координат исходных пунктов в МСК;
- координаты начала отсчета местной системы координат в государственной системе координат и направление осей координат местной системы координат.

При установлении МСК важно учитывать её локализацию при согласовании с органами государственной власти. При установлении системы координат на всю территорию субъекта Российской Федерации, а также на полосы отвода и на охранные зоны линейных объектов в отношении территории, выходящей за территорию одного субъекта Российской Федерации, технический отчёт согласовывается с Федеральной службой государственной регистрации,

кадастра и картографии. В другом случае - с территориальным органом Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии [5].

После согласования установления МСК формируется каталог государственных геодезических пунктов, находящихся на данной территории, с указанием их координат в МСК. В последствии технический отчет и каталог координат передаются в публично-правовую компанию «Роскадастр» для включения их в федеральный фонд пространственных данных [5].

Местные системы координат в Российской Федерации имеют важное значение для ведения кадастра недвижимости. Статья 6 Федерального закона от 13.07.2015 № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости», который гласит: «для ведения Единого государственного реестра недвижимости используются установленные в отношении кадастровых округов местные системы координат...» [1]. Соответственно, отчетные материалы, составляемые в результате выполнения работ, которые ведутся с целью установления поворотных точек границ земельных участков, должны содержать перечень координат в МСК. Если же рассматривать современную ситуацию, в России для ведения Единого государственного реестра недвижимости используются 96 местных систем координат. (Приложение А) [1010].

Согласно действующим нормативным документам параметры перехода между государственной системой координат ГСК-2011 и региональными местными системами координат предоставляются ППК «Роскадастр». Координаты пунктов ГГС в соответствующих МСК все организации, выполняющие геодезические, картографические и кадастровые работы, также в установленном порядке должны получать в ППК «Роскадастр».

ГЛАВА 3. СОЗДАНИЕ ФРАГМЕНТА СГС-1 В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

3.1 Физико-географическая характеристика района работ



Рисунок 24 – Северное побережье Мурманской области [30]

Мурманская область располагается на Кольском полуострове, в Северной части Северо-Западной федеральной области между 66° — 70° северной широты и 28° — 41° восточной долготы. Фактически вся территория расположена за полярным кругом, из-за чего наблюдаются полярные дни и ночи. Мурманская область омывается Баренцевым и Белым морями с севера и юга соответственно. Протяженность Кольского полуострова составляет 580 км с запада на восток и 400 с севера на юг. Площадь области составляет 145 тыс. км². Граничит на западе с Норвегией и Финляндией, а также Республикой Карелия. Всё это создает выгодное географическое местоположение, ведь именно город Мурманск

является начальной точкой Северного морского пути. Соответственно город является одним из логистических центров [30].

На территории Мурманской области проживают 658,5 тыс. человек (по данным на 1 января 2023 года [41]). Административным центром является город Мурманск. В состав области входит 5 районов, 16 городов и 12 посёлков городского типа.

Территория Мурманской области относится к атлантико-арктической зоне умеренного климата. Теплые воздушные потоки из Северной Атлантики, а также близкое нахождение Гольфстрима обуславливают достаточно мягкие зимы. За счёт малой континентальности местоположения температурный режим имеет тенденции к большой изменчивости. Средняя температура воздуха в июле +14,5, а в январе -5,3. На побережье среднегодовая температура на несколько градусов выше, чем в центре полуострова. Стоит отметить и то, что для Мурманской области характерен муссонный режим. Для данного района характерно избыточное увлажнение. Среднегодовой объём выпадения осадков – 300 – 1000 мм. Влажность же колеблется в пределах 80-85%. Широко распространена гидрографическая сеть. Насчитывается свыше 100 тыс. озёр площадью более 0,01 км². Распространены болота [36, 30].

Рельеф Мурманской области имеет большую пересечённость, состоит из возвышенностей и впадин. В центральной части располагается горный массив Хибины. Говоря о растительности, стоит отметить, что на данной территории распространены две природные зоны – тундра на севере и тайга на юге. Соответственно растительность зависит от местоположения. На самом юге распространены хвойные леса с кустарниковой и травянисто-моховой растительностью. На северном побережье распространены моховая растительность. Типичными представителями являются морошковые и черничные кустарники. Встречаются и карликовые березы [3340].

Из-за характерного геологического строения, климата и рельефа почвы в регионе ценности не представляют. Наиболее распространены тундрово-глеевые, подзолистые-глеевые и подзолистые иллювиально-гумусовые почвы.

На западе встречаются территории с болотными почвами, а на юге – подзолисто-болотные. Глубина промерзания, в зависимости от типа почвы и широты может варьироваться от 1,24 м до 2,48 м. [13].

Мурманская область является уникальным местом для добычи полезных ископаемых. Начать стоит с того, что четверть всех минералов известных на земле встречается на данной территории. Достаточно активно здесь добываются апатиты, нефелин, цирконий, слюда-флогопит и вермикулит, а также различные металлы. Многие из добываемых ресурсов как общероссийское, так и мировое значение. Также на шельфе Баренцева моря происходит добыча нефти [30].

Поскольку минерально-сырьевая база в мурманской области широко развита – то логичным следствием является то, что большой процент занимают отрасли, работающие на местном сырье. Также активно добываются рыбные и лесные ресурсы. Оленеводство также является важной частью, как исторически-культурной, так и экономической жизни области.

Мурманская область является перспективным регионом в экономическом, логистическом и ресурсном плане. Развитие сети СГС-1 обосновано. Перейдём к рассмотрению геодезической изученности района [30].

3.2 Организация и производство геодезических работ

3.2.1 Обследование и восстановление пунктов ГГС и ГВО

Обследование

При рекогносцировке устанавливалась возможность совмещения пунктов СГС-1 с пунктами ГГС, классом не ниже 3 и главной высотной основы (ГВО) с классом не ниже III. В соответствии с приказом Минэкономразвития № 138 от 29 марта 2017 года создание спутниковой геодезической сети 1-го класса осуществляется по следующему принципу: «не менее 30 процентов создаваемых пунктов совмещается с пунктами главной высотной основы, не менее 30 процентов совмещается с пунктами сетей триангуляции и (или) сетей полигонометрии, высоты которых определены геометрическим нивелированием, остальные закрепляются новыми центрами с возможностью принудительного центрирования» [6].

Обследование пунктов начинается со сбора и изучения материалов геодезической обеспеченности территории объекта. В соответствии с этим составляется проект работ. В Федеральном фонде пространственных данных заказываются сведения о пунктах ГГС и ГВО. На основе полученных данных составляется .kml файл, который используется при обследовании пунктов.

На месте работ начинаются поиски пунктов ГГС и ГВО. Найти пункт можно по опознавательному знаку, окопке или кургану.

Восстановление

Процесс восстановления внешнего оформления пунктов ГГС и знаков нивелирной сети включает:

1. Вскрытие центра, очистка марки и части трубы (для трубчатых центров) от грязи, ржавчины;
2. Покрытие центра марки и части трубы (для трубчатых центров) антикоррозийным покрытием (битумным лаком);

3. Возобновление внешнего оформления (окопка, сруб, курган) пункта ГГС и нивелирного знака;
4. Установку опознавательного знака при его утрате.

Процесс восстановления представлен на рисунках 15 и 16.



Рисунок 15 – Фотография марки центра до восстановления.



Рисунок 16 – Фотография марки центра после восстановления.

Составление карточек обследования и восстановления пунктов, актов утраты пунктов

После проведения работ по обследованию пунктов ГГС и ГВО составляются карточки обследования и восстановления пунктов, которые содержат следующую информацию (Приложение Б):

1. № по каталогу или индекс пункта;
2. Название пункта, класс, № марки;
3. Год закладки;
4. Тип знака;

5. Высота знака;
6. Тип центра;
7. Высота над уровнем моря;
8. Трапеция;
9. Состояние пункта;
10. Фотография марки и внешнего оформления.

При уничтожении пункта, составляется акт утраты пункта.

3.2.2 Геодезическое оборудование

При проектировании работ выбирается необходимое геодезическое оборудование. В нашем случае это двухчастотные двухсистемные GPS/GLONASS приемники Leica GX 1220, 1230 GG.



Рисунок 17 – Спутниковый приемник Leica GX 1220GG

Спутниковые приемники используются при выполнении работ по привязке пунктов геодезической сети. Технические характеристики аппаратуры и её комплектация указана ниже:

Таблица 8 – Основные характеристики Leica GX1220 [42]

Тип приемника:	Трехчастотный
Принимаемые сигналы :	GPS ГЛОНАСС
Режимы измерений :	Статика Кинематика Кинематика в реальном времени (RTK) Дифференциальный кодовый (DOP) Навигация
Допускаемое СКО измерений в режиме «Статика», не более : в плане по высоте	$(5 + 0,5 \times 10^{-6} \times D)$ мм $(10 + 0,5 \times 10^{-6} \times D)$ мм где D - измеряемое расстояние, мм
Источник электропитания : напряжение потребляемая мощность	± 5 мм
Пределы допускаемой погрешности эксцентриситета фазового центра, не более :	7.4 В – для внутреннего аккумулятора 10,5-28 – для внешнего аккумулятора
Диапазон рабочих температур :	от - 40 °С до + 65 °С

Комплектация:

1. Приемник;
2. Антенна;
3. Аккумулятор;
4. Кабель для автомобильного аккумулятора;
5. Зарядное устройство;
6. Адаптер для антенны;
7. Кабель антенный;
8. Кабель интерфейсный;
9. Трегер с держателем антенны;
10. Штатив;
11. Контроллер;
12. Транспортный контейнер.

При выполнении работ было использовано 12 приемников Leica. Все приборы перед началом полевого сезона должны в обязательном порядке проходить метрологическую поверку и аттестацию.

3.2.3 Создание и закладка пунктов

Рекогносцировка места закладки пункта

После получения технического задания от заказчика начинается процесс разработки схемы размещения пунктов СГС-1.

Выбор мест закладки пунктов осуществлялся в соответствии с ГОСТ Р 57373-2016 [10]:

«При создании или выборе пункта СГС-1 и организации на нем спутниковых наблюдений должны быть выполнены следующие условия:

- отсутствие экранирующих антенны препятствий на углах наклона более 15°;

- при выборе для пунктов СГС-1 уже существующих центров возможные закрытия в зоне видимости выше 15° должны быть минимальными.

Не допускается наличие препятствий по углу возвышения более 30°, в горизонтальном секторе более 45°;

- отсутствие активных помех на частотах, близких к частотам спутниковых сигналов;

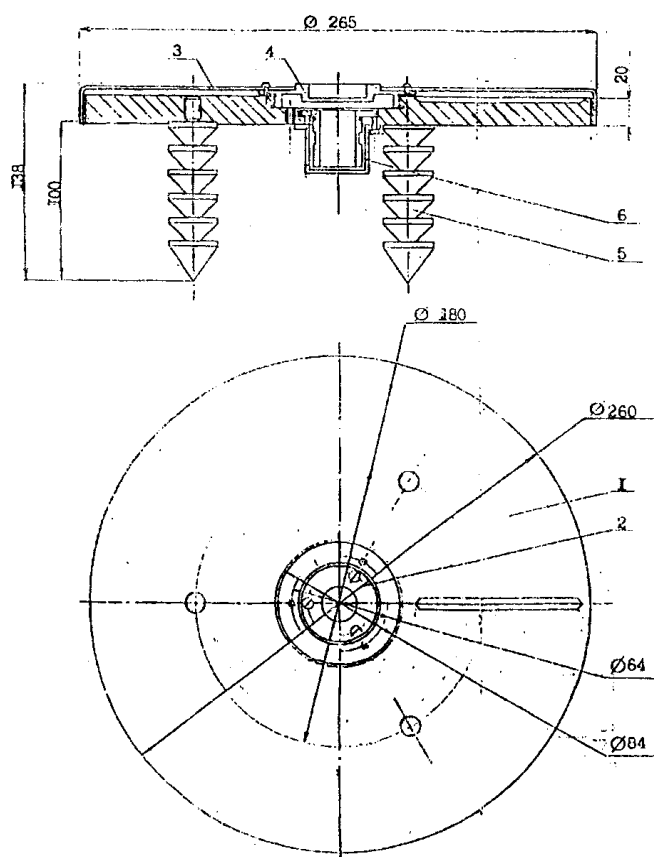
- удобный подъезд на автотранспорте к пунктам в любое время и при любых погодных условиях».

Используя сервисы Open Street Map и Bing Maps производится планирование закладки пунктов. В дальнейшем, при непосредственном осмотре земельного участка делается вывод о возможности размещения пункта в этом месте.

Далее уточняется возможность размещения пункта на выбранном земельном участке в соответствии с видами его разрешенного использования.

Производится согласование возможности размещения пункта с владельцем земельного участка.

После согласования проекта создания фрагмента сети выполняются работы по установке пункта. Предварительно закупается необходимый строительный материал и доставляется на место выполнения работ. При создании пунктов использовались два типа центров – 190 и 191 для грунтовой установки и скальной соответственно. Геодезический пункт состоит из двух элементов – якоря и пилона. Якорь является основанием пункта, поверх которого заливается бетон. Служит он для того, чтобы пункт надежно фиксировался в грунте. Пилон является основой, на которую закрепляется устройство принудительного центрирования ПЦ-260. Он нужен для надежного принудительного центрирования геодезического оборудования к пункту. Схема представлена на рисунке 18.



1-столлик; 2-втулка; 3-крышка столлика (на виде сверху крышка снята);
4-деталь крепления крышки; 5-деталь крепления столлика;
6-предохранительный кожух втулки.

Рисунок 18 – Устройство принудительного центрирования [7]

Закладка грунтового пункта

При закладки грунтового пункта используется центр типа 190. Он представлен на рисунке 19.

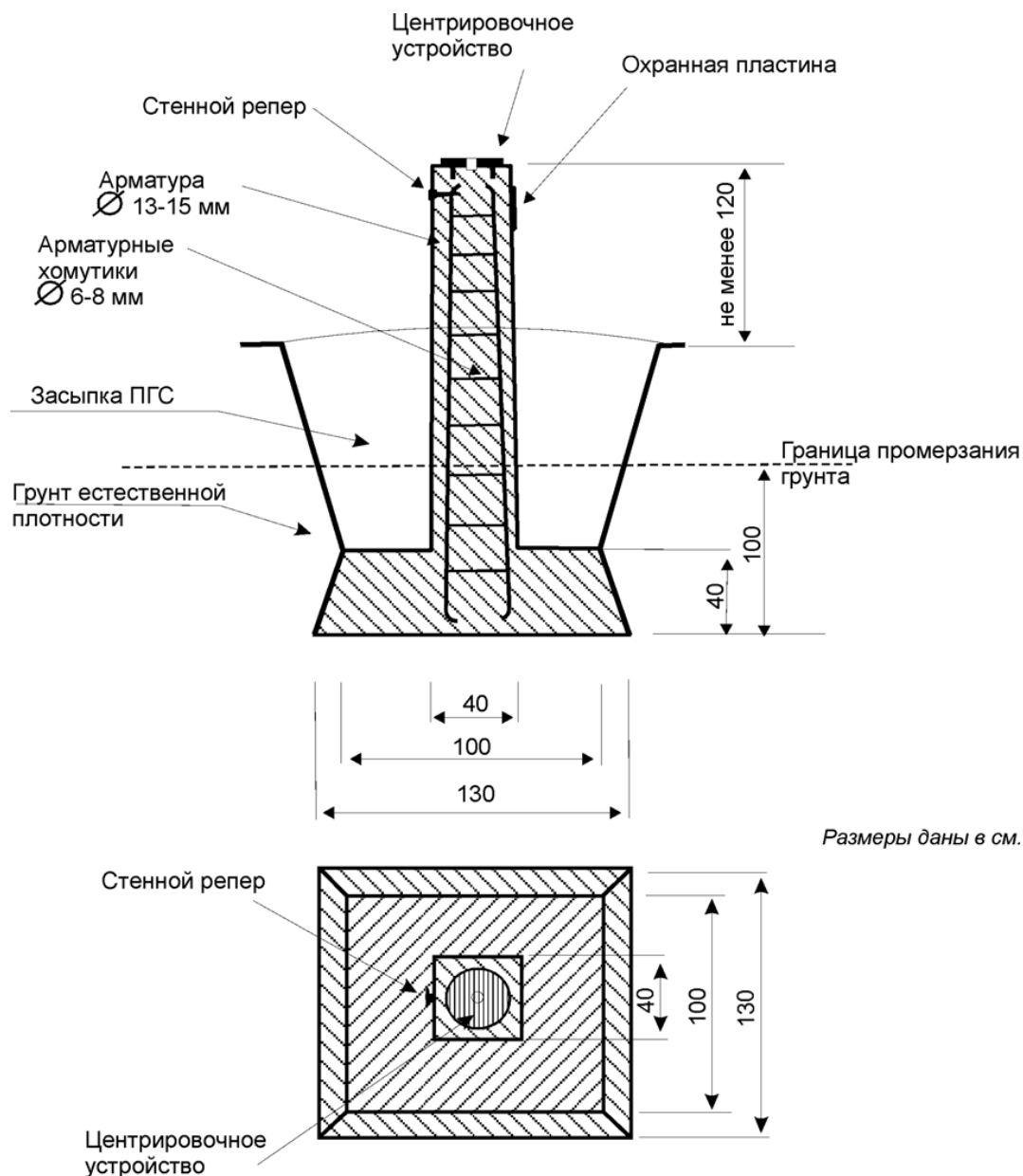


Рисунок 19 – Центр 190 [7]

1. На первом этапе ведется расчистка площадки работ и создание котлована. Глубина закладки центра зависит от глубины промерзания и типа грунта в районе работ. В нашем случае, глубина котлована составляет 3 метра. Ширина и длина составляет 1,3 метра. Для удобства центра пункта в песчаном

грунте снимается слой грунта глубиной, 1,5 метра, шириной и длиной 2 метра. Результат представлен на рисунке 20.



Рисунок 20 – Разработка котлована

2. После подготовки котлована, начинается процесс сборки каркаса якоря и пилона. Каркас состоит из стеклопластиковой арматуры, которая придает пункту прочность. Элементы конструкции связываются между собой металлическими стяжками.

3. Далее собирается деревянная опалубка, которая будет использоваться при заливке бетона. Высота такой опалубки должна быть равна глубине котлована + 1,3 метра. Сторона опалубки должна быть 0,4 метра. Опалубка является важным этапом при создании пункта. Фактически, она нужна для того, чтобы создать надежную форму для заливки бетона. При этом, она должна выдержать давление заливаемого бетона. Если герметичность будет нарушена, то смесь, находящаяся внутри выльется наружу, что приведет к необходимости закладывать пункт заново. Для предотвращения этого, доски,

используемые при её сборке должны быть толщиной более 10 сантиметров. Чем больше будет толщина доски, тем больше вероятность, что конструкция выдержит давление. От количества закрепляющих досок зависит прочность и качество заливки центра. Собранный опалубка представлена на рисунке 21.



Рисунок 21 – Опалубка

4. При изготовлении центра пункта важным этапом является выбор смеси для заливки пункта. В нашем случае, использовался Пескобетон М-300. Изначально заливается якорь. Внутри котлована устанавливается армирующая конструкция, грань которого должна быть ориентирована к северу. Для удобства заливки, была взята часть опалубки, которая служила заливным трактом для бетона. Способ представлен на рисунке 22. После заливки якоря, нужно дать бетону просохнуть.



Рисунок 22 – Заливка якоря

5. После застывания якоря, сверху устанавливается опалубка для пилона. Пилон заполняется смесью. Далее устанавливается устройство принудительного центрирования. Итоговый результат представлен на рисунке 23.



Рисунок 23 – Установка устройства принудительного центрирования

6. Далее формируется трапециевидная окопка со стороной 2 метра. В нашем случае, поскольку размер котлована был сопоставим с размером окопки, при засыпке пилона, стороны не были полностью засыпаны грунтом. Стенки окопки укрепляются. Устройство принудительного центрирования закрывается крышкой. Результат представлен на рисунке 24.



Рисунок 24 – Процесс создания пункта СГС-1

7. Через несколько дней опалубка снимается. Пилон перекрашивается в желтый цвет и устанавливается охранный табличка. Результат представлен на рисунке 25



Рисунок 25 – Готовый пункт СГС-1

Закладка скального пункта

При создании скального пункта используется тип центра 191, представленный на рисунке 26. Процесс закладки скального пункта схож с закладкой грунтового пункта, но имеет ряд отличий. Заключаются они в том, что вместо создания котлована, армирующая структура вбуривается непосредственно в скальную породу. Для якоря создается отдельная опалубка со стороной 1 метр и высотой 30 сантиметров. Собранный конструкция представлена на рисунке 27. Конструкция заливается бетоном. Высота пилона скального пункта составляет 120 сантиметров. Дальнейшие этапы совпадают с установкой грунтового. Пример скального пункта представлен на рисунке 28.

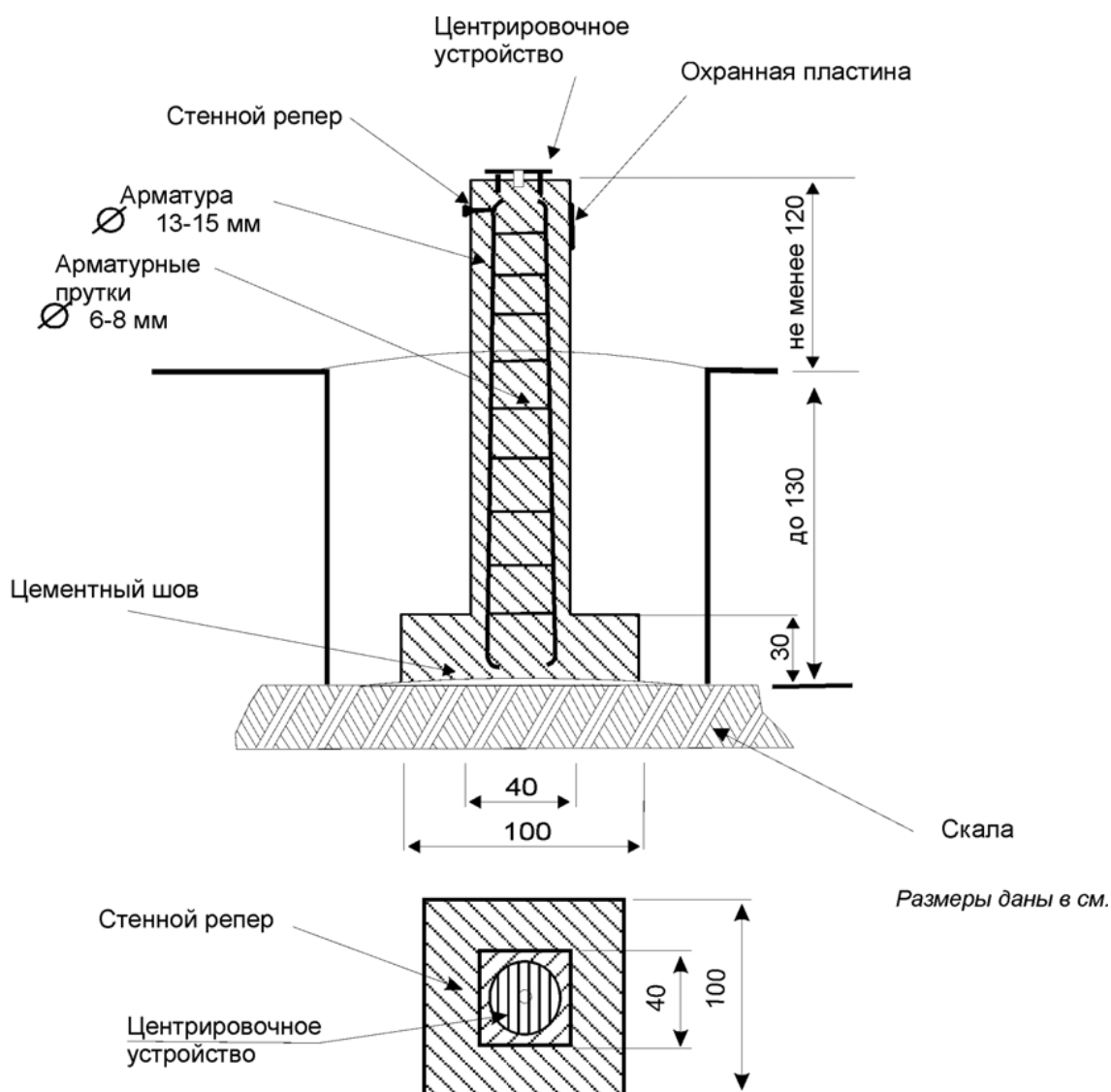


Рисунок 26 – Тип 191 [7]

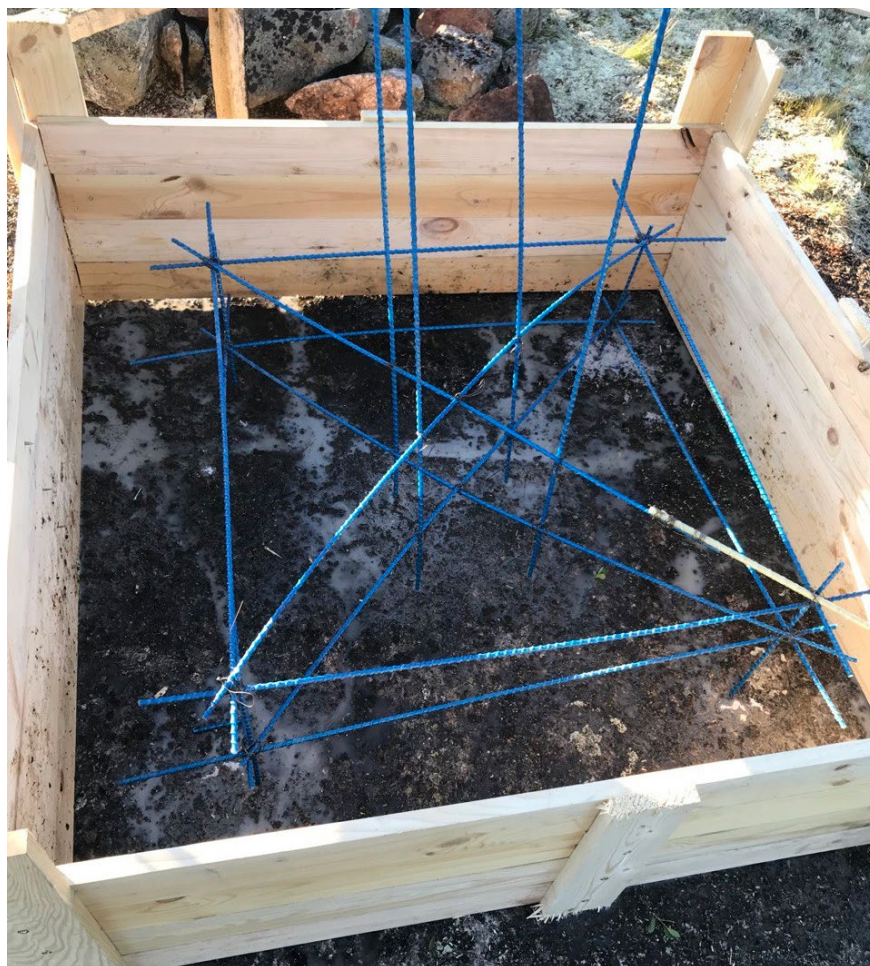
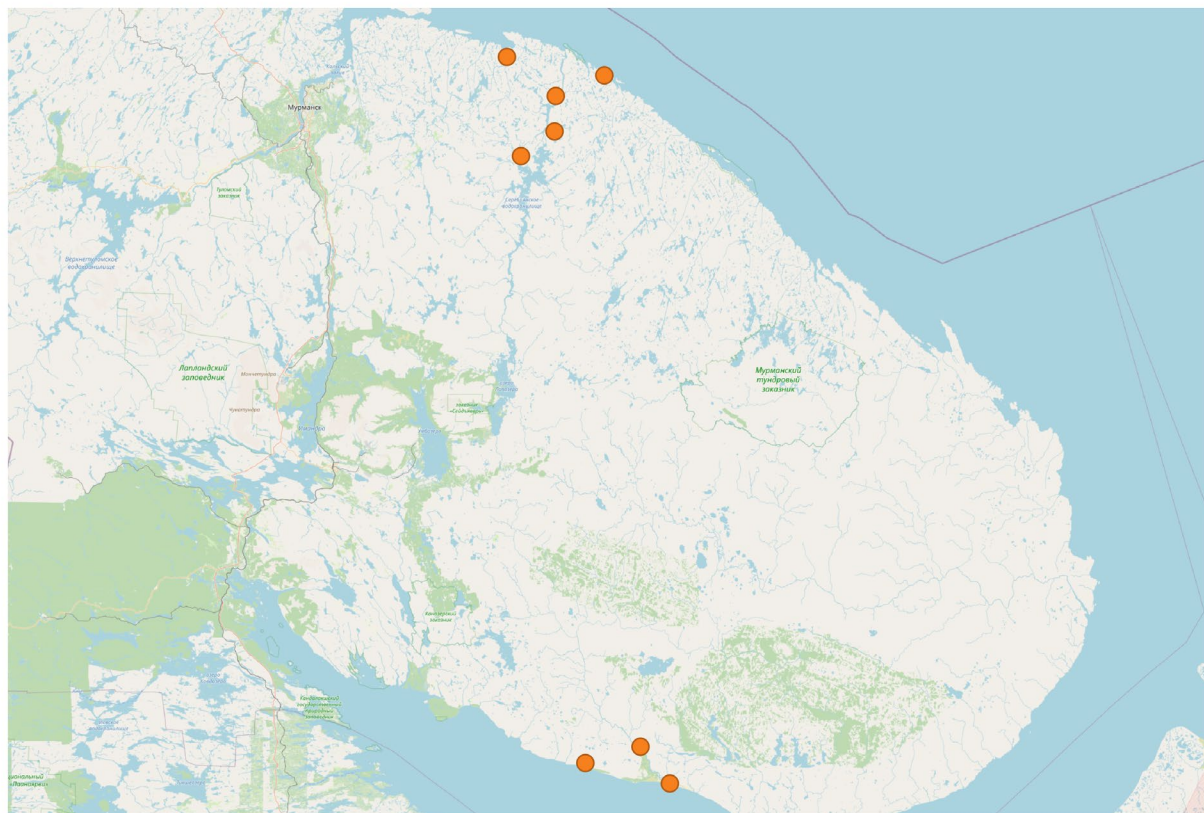


Рисунок 27 – Заливка якоря



Рисунок 28 – Скальный пункт СГС-1



● Новые заложённые пункты СГС-1

Рисунок 29 – Заложённые пункты [45]

Таким образом было установлено 8 пунктов СГС-1. Схема пункта представлена на рисунке 29.

3.2.4 Спутниковые наблюдения на пунктах



Рисунок 30 – Спутниковые наблюдения

После обследования ранее заложенных пунктов ГГС и ГВО, а также закладки новых пунктов, начинается этап спутниковых наблюдений по расстановкам. Наблюдения осуществлялись:

- на 4 исходных пунктах ВГС;
- на 25 пунктах СГС-1, 8 из которых – новые заложенные, 17 – совмещены с пунктами ГГС и ГВО;
- на 4 ранее созданных пунктах СГС-1 для связи с работами прошлых лет.

На первом этапе выполняется подготовка спутникового оборудования. Работы выполнялись с использованием оборудования фирмы Leica серии GX 1200GG. Проводилась проверка комплектности прибора. Перед началом работ необходимо полностью зарядить все аккумуляторы. После всё следует поместить в кейс, показанный на рисунке 31.



Рисунок 31 – Комплект Leica GX 1200GG

Далее необходимо выставить необходимые параметры проведения съемки.

- принимаемые сигналы – GPS + ГЛОНАСС;
- режим наблюдения – Static (Статика);
- маска по углу возвышения - 10° ;
- Дискретность измерений – 30 сек;
- Система координат – WGS-84.

Следующим этапом является выполнение измерений. Изначально ставится штатив, на него закрепляется трегер. Затем через адаптер в трегер фиксируется антенна. В приемник вставляются два аккумулятора, подключается антенный провод и провод контроллера. Прибор запускается. Проверяются все параметры выполнения спутниковых определений координат. В аппаратуру вносится вся необходимая информация о пункте, в том числе наименование (ID пункта). Выполняется центрирование и горизонтирование прибора. Рисунок 32 демонстрирует данные процессы. После позиционирования следует и внесения измеренной высоты антенны начинается процесс измерений. Во время

выполнения спутниковых наблюдений заполняется журнал спутниковых наблюдений.



Рисунок 32 – Процесс центрирования и горизонтирования прибора

Высота прибора измеряется до и после наблюдений, она измеряется с трёх сторон. Процесс показан на рисунке 33. При неправильном центрировании и горизонтировании, полученные значения будут расходиться. Если расхождение измеренной высоты больше 2-х мм, то процесс измерений следует повторить.

Спутниковые измерения выполнялись по программе тремя сеансами продолжительностью по 3 часа каждый. Предварительно составлялся график смены высоты антенны. Высота меняется не менее, чем на 10 см.



Рисунок 33 – Измерение высоты антенны

Спутниковые наблюдения были осуществлены как на вновь заложенных пунктах, так и на пунктах СГС-1, совмещенных с существующими пунктами государственных геодезической и нивелирной сетей (ГГС и ГНС). На совмещенных пунктах использовались центры пунктов нивелирования I класса и II класса, а также триангуляции 2 и 3 классов

На рисунке 34 представлен фрагмент сети СГС-1, созданный вдоль побережья Кольского полуострова в Мурманской области.

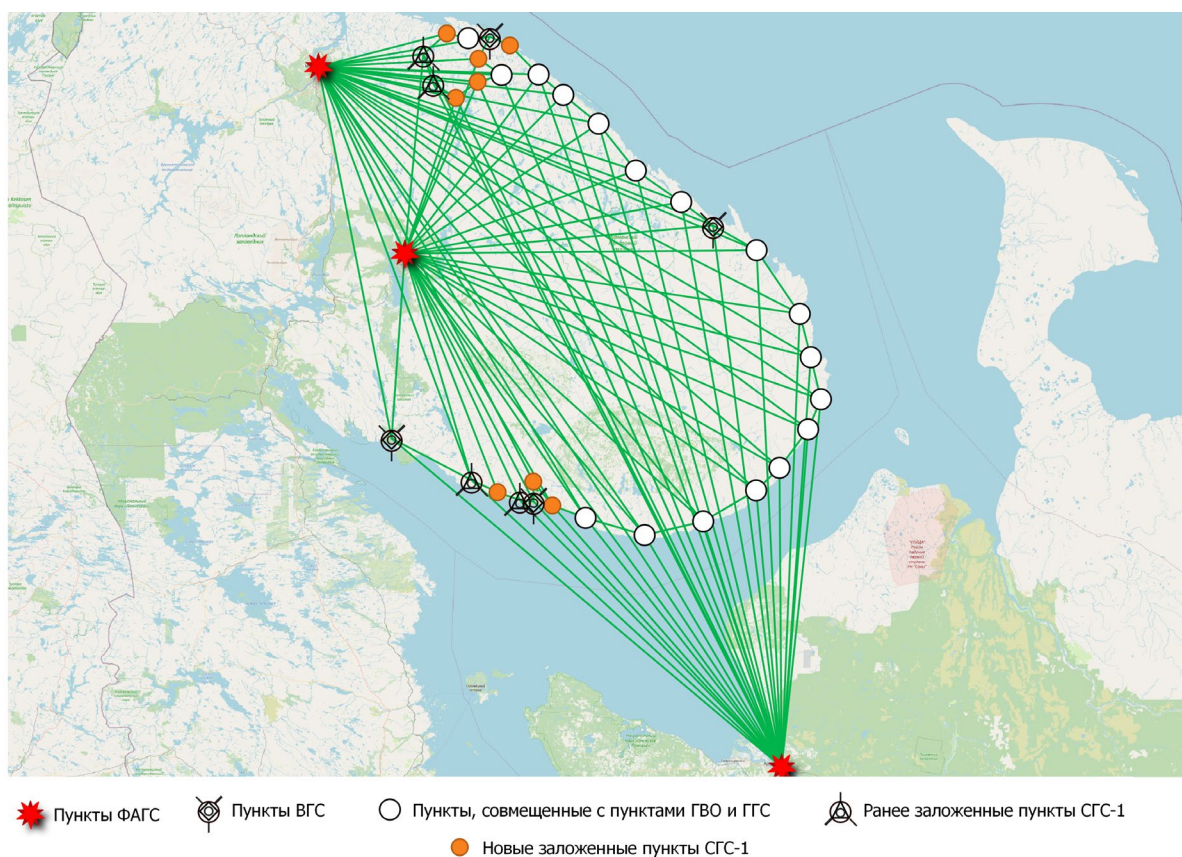


Рисунок 34 —Фрагмент сети СГС-1 [45]

3.3 Камеральная обработка полученных данных

Одним из важнейших этапов создания геодезической сети является обработка данных. Она подразделяется на обработку полученных результатов непосредственно в поле и в камеральном отделе.

3.3.1 Обработка результатов измерений спутниковых приемников

После выполнения наблюдений с помощью спутниковых приемников с них скачиваются “сырые” данные (RAW). Далее, с помощью специального программного обеспечения, поставляемого производителями спутникового оборудования, данные конвертируются в универсальный формат RINEX. Так, например, для приемников фирмы Leica обработка производится в Leica Geo Office. Далее на пункт наблюдения формируется набор материалов и данных, которые включают:

1. RAW файлы
2. RINEX файлы
3. Фотографии измерений высот антенны
4. Журнал спутниковых наблюдений

3.3.2 Использование программы Leica Geo Office для создания Rinex файлов

Leica Geo Office – это программное обеспечение для обработки и хранения съемочных материалов, выполненных различными геодезическими приборами, в частности, спутниковыми приемниками. Данное программное обеспечение обладает широким спектром возможностей от первичной обработки и экспорта данных измерений до полноценного анализа полученного материала. Процесс показан на рисунке 35.

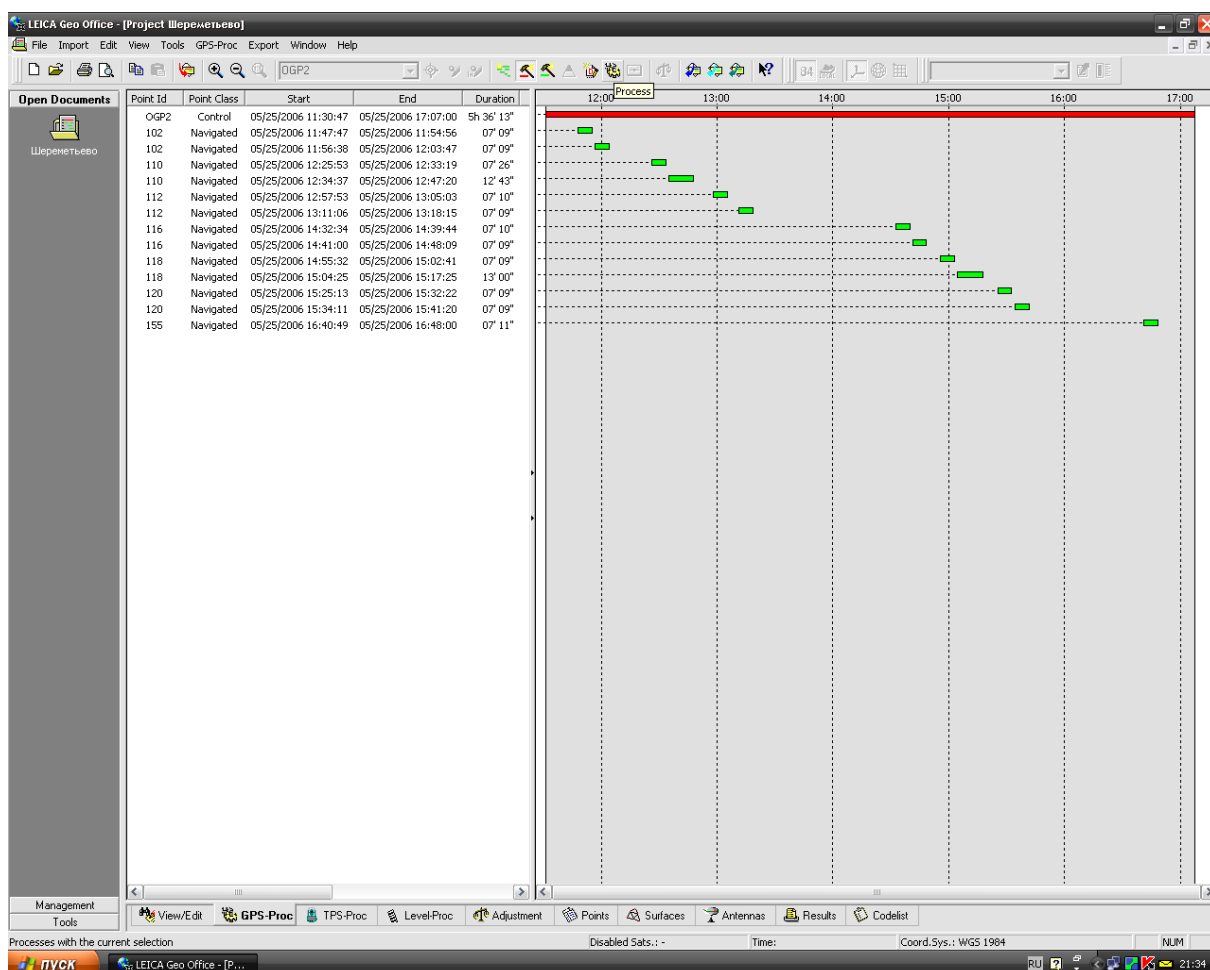


Рисунок 35 – Обработка данных в программе Leica Geo Office

1. В программе выбирается директория нахождения файла, загружается RAW файл;
2. Выбираются необходимые для обработки спутниковые системы;
3. Происходит конвертация файла.

Далее данные передаются группе камеральной обработки, которая осуществляет предварительное уравнивание сети с целью внутреннего контроля полученных данных. После формируются итоговые ведомости, создаются технические отчёты о проделанной работе, которые передаются заказчику.

3.4 Возможности использования СГС-1

Преимущества создания СГС-1

Сравнивая процесс создания классических геодезических сетей, в частности астрономо-геодезической сети 1 и 2 классов и сетей сгущения 3 и 4 классов со спутниковыми государственными геодезическими сетями можно сделать следующие выводы:

Преимуществом спутниковой сети является создание пунктов в определенном районе работ, в то время как классические сети предполагали создание структуры триангуляционных и полигонометрических построений, что увеличивало издержки на создание сети. Наличие данных о пунктах ГГС в Федеральном фонде пространственных данных позволяет за короткий срок ознакомиться с имеющимся геодезическим обеспечением и составить проект выполнения работ.

Использование спутникового оборудования при определении координат пунктов спутниковой ГГС значительно сокращает смету на исполнение данных работ.

Требования к местоположению пунктов СГС-1 предполагает создание таких пунктов, которые могут обеспечить удобный подъезд к ним в любое время года. Пункты должны обеспечивать возможность проведения спутниковых измерений без помех, т.е. не должно быть экранирующих препятствий и активных

частотных помех. Пункты классической геодезической сети создавались без учета данных особенностей. Именно поэтому, проведение спутниковых измерений возможно не на всех пунктах классической геодезической сети.

Применение СГС-1 в картографии и кадастре

Спутниковая сеть СГС-1 в составе ГГС нового поколения является необходимой геодезической и математической основой картографических и кадастровых работ.

Повышенные требования к закреплению центров пунктов СГС-1 обеспечивают долговременность их установки, стабильность центров, и как следствие, гарантируют максимальную по времени актуальность сведений о координатах и высотах пунктов.

Наличие на вновь установленных пунктах СГС-1 устройств принудительного центрирования спутниковых антенн позволяет использовать пункты в качестве базовых станций для целей:

- создания съемочного обоснования при выполнении кадастровых, картографических работ и инженерных геодезических изысканий;
- сопровождения аэрофотосъемочных работ, проводимых с использованием беспилотных воздушных судов (БВС), в том числе для решения комплексных кадастровых задач и задач территориального планирования.

При использовании пунктов СГС-1 в качестве базовых станций и выполнении спутниковых определений в режиме Real-Time Kinematic применяется следующая технология. Подготавливается система из двух приемников – «базы» и «ровера». «База» устанавливается на исходный пункт СГС-1 и передает поправки на второй приемник. «Ровер» используется для определения координат характерных точек земельного участка.

Технология создания цифровых ортофотопланов на основе аэрофототопографической съемки, выполненной с БВС, для обеспечения кадастровых работ регламентируется ГОСТ Р 59562-2021 [8]. Работы по выполнению воздушного лазерного сканирования выполняются при

использовании в качестве исходной геодезической основы пунктов спутниковых геодезических сетей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геодезические сети нового поколения, в частности СГС-1, являются основой развития картографии и кадастра на территории Российской Федерации. Они необходимы для развития государственной системы координат ГСК-2011.

Создание государственных геодезических сетей СГС-1 современными методами, основанными на данных глобальных навигационных спутниковых систем, позволяет решать несколько важнейших задач:

- уточнение государственной геодезической системы координат 2011 года;
- получение набора данных для окончательного уравнивания системы координат 2011 года;
- уточнение координат исходных геодезических пунктов в региональных системах координат, используемых для ведения государственного кадастра недвижимости;
- получение (уточнение) параметров перехода между региональными системами координат, используемыми для ведения государственного кадастра недвижимости и системой координат ГСК-2011;
- повышение точности определения координат исходных пунктов, используемых для определения границ земельных участков.

Были определены преимущества создания и использования пунктов государственной спутниковой геодезической сети относительно классических геодезических сетей.

- снижение трудовых и материальных затрат;
- возможность определить одновременно положение пункта как в плане, так и по высоте;
- применение современных спутниковых технологий;
- получение одинаковой СКО положения пункта вне зависимости от территориального положения фрагмента сети.

Стоит отметить, что данная работа имеет практическую направленность. Геодезические материалы по созданному фрагменту СГС-1, которые включают

в себя: RINEX файлы, журналы спутниковых наблюдений, карточки обследования и закладки пунктов переданы в Федеральный фонд пространственных данных (ФФПД) для окончательного уравнивания ГСК-2011 и создания каталогов пунктов ГГС. Сведения о пунктах СГС-1 помещаются в ФФПД с целью дальнейшего предоставления данных о них по запросам физических и юридических лиц, выполняющих геодезические, картографические и кадастровые работы.

Для дальнейшего развития спутниковых государственных геодезических сетей в ряде регионов будут продолжены работы по созданию фрагментов СГС-1. Особенно актуально это для северных и восточных территорий Российской Федерации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Российская Федерация. Законы. О государственной регистрации недвижимости : Федеральный закон № 218-ФЗ : текст с изменениями и дополнениями на 14 апреля 2023 года : [принят Государственной Думой 3 июля 2015 года : одобрен Советом Федерации 8 июля 2015 года]. – Москва, 2017. – 254 с. // - Текст : электронный // КонсультантПлюс : [Сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182661/ (дата обращения: 10.03.2023).
2. Российская Федерация. Законы. О землеустройстве: Федеральный закон № 78-ФЗ : текст с изменениями и дополнениями на 30 сентября 2021 года : [принят Государственной Думой 24 мая 2001 года : одобрен Советом Федерации 6 июня 2001 года] – Москва, 2001. // - Текст : электронный // КонсультантПлюс : [Сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_32132/ (дата обращения: 10.03.2023).
3. Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места : Приказ Росреестра от 23.10.2020 № П/0393 (ред. от 29.03.2023) // - Текст : электронный // КонсультантПлюс : [Сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_368160/ (дата обращения: 04.03.2023).
4. О кадастровом делении территории Российской Федерации на кадастровые округа, кадастровые районы и кадастровые кварталы : Приказ Росреестра от 28.12.2015 № П/675 (ред. от 14.12.2022) // - Текст : электронный // КонсультантПлюс : [Сайт]. – URL:

- https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_198788/77071e4c1462d21246476fac26647d08a6d4c298/ (дата обращения: 10.03.2023).
5. Об утверждении порядка установления местных систем координат : в редакции от 20 октября 2020 года : Приказ Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии № п/0387 от 20 октября 2020 года – Москва, 2020. // - Текст : электронный // КонсультантПлюс : [Сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_367941/2ff7a8c72de3994f30496a0ccb1ddafdaddf518/ (дата обращения: 10.03.2023).
 6. Об установлении структуры государственной геодезической сети и требований к созданию государственной геодезической сети, включая требования к геодезическим пунктам : приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 29 марта 2017 года № 138 // - Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [Сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456056801> (дата обращения: 10.03.2023).
 7. О параметрах перехода между геодезической системой координат 2011 года (ГСК-2011) и международными системами координат и о признании утратившим силу приказа Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23 марта 2016 г. № П/0134 "Об утверждении геометрических и физических числовых геодезических параметров государственной геодезической системы координат 2011 года (ГСК-2011) : Приказ Росреестра от 12.11.2021 № П/0516 // - Текст : электронный // КонсультантПлюс : [Сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_439981/ (дата обращения: 10.03.2023).
 8. ГОСТ Р 59562–2021. Съёмка аэрофототопографическая. Технические требования = Aerial mapping. Technical requirements : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому

регулированию и метрологии от 10 июня 2021 г. № 542-ст : : введен впервые : дата введения 2021-12-01 / разработан ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», ООО «Геоскан». – Москва : Стандартиформ, 2021. 96 с. // - Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [Сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200179934> (дата обращения: 10.03.2023).

9. ГОСТ Р 57372–2016. Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Пункты высокоточной геодезической сети (ВГС). Технические условия = Global navigation satellite system. Methods and technologies of geodetic works. Items of high precision geodetic network (HGW). Specifications : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 декабря 2016 г. N 2088-ст : введен впервые : дата введения 2017-06-01 / разработан ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» – Москва : Стандартиформ, 2017. – 11 с. // - Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [Сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200143238> (дата обращения: 10.03.2023).

10.ГОСТ Р 57373–2016. Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Пункты спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1). Технические условия = Global navigation satellite system. Methods and technologies of geodetic works. Items of the 1 st class satellite geodesy network (SGC-1). Specifications : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 декабря 2016 г. N 2089-ст : введен впервые : дата введения 2017-06-01 / разработан ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД». – Москва : Стандартиформ, 2016. – 11 с.

- // - Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [Сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200143239> (дата обращения: 10.03.2023).
- 11.ГОСТ Р 57374–2016. Глобальная навигационная спутниковая система. Методы и технологии выполнения геодезических работ. Пункты фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС). Технические условия = Global navigation satellite system. Methods and technologies of geodetic works. Items of basic astronomical and geodetic network (BAGN). Specifications : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 декабря 2016 г. N 2090-ст : введен впервые : дата введения 2017-06-01 / разработан ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД». – Москва : Стандартинформ, 2016. – 24 с. // - Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [Сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200143240> (дата обращения: 10.03.2023).
- 12.ГОСТ Р 55024–2012. Сети геодезические. Классификация. Общие технические требования = Geodetic networks. Classification. General technical requirements: национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 декабря 2016 г. N 2090-ст : введен впервые : дата введения 2012-10-08 / Москва : Стандартинформ, 2012. – 15 с. // - Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [Сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095732> (дата обращения: 10.03.2023).
- 13.СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99* «Строительная климатология» : дата введения 2019-05-29. – Москва : Минрегион России, 2018. – 107 с. // - Текст : электронный // Минстрой : [Сайт]. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18226/> (дата обращения: 10.03.2023).

14. Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы: Постановление Правительства РФ от 24 ноября 2016 г. № 1240 // - Текст : электронный // ГАРАНТ : [Сайт]. – URL: <https://base.garant.ru/71549536/> (дата обращения: 10.03.2023).
15. О государственном земельном кадастре: Федеральный закон № 28-ФЗ от 02.01.2000 // - Текст : электронный // КонсультантПлюс : [Сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_25499/ (дата обращения: 10.03.2023). (утратил силу).
16. О регулировании земельных отношений и развитии аграрной реформы в России: указ Президента РФ от 27.10.1993 № 1767 (ред. от 25.01.1999) // - Текст : электронный // КонсультантПлюс : [Сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_368160/ (дата обращения: 10.03.2023). (утратил силу).
17. О введении единой системы геодезических координат высот на территории СССР: Постановление Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 г. № 760 // - Текст : электронный // КонсультантПлюс : [Сайт]. – URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=ESU&n=10193#DlnYLeTwdDBMqomL1> (дата обращения: 10.03.2023). (утратил силу).
18. Об установлении единых государственных систем координат: Постановление Правительство Российской Федерации от 28 июля 2000 года № 568 28 июля 2000 года № 568 // - Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [Сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901765804> (дата обращения: 10.03.2023). (утратил силу).
19. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации ГКИНП (ГНТА)-01-006-03 от 17.06.2003 // - Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [Сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200054073> (дата обращения: 10.03.2023). (утратил силу).

- 20.Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS: Геодезические, картографические инструкции, нормы и правила ГКИНП (ОНТА)-01-271-03 от 13.05.2003 // - Текст : электронный // КонсультантПлюс : [Сайт]. – URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=385601#i3leLeTacc6rQbWN1> (дата обращения: 10.03.2023). (утратил силу).
- 21.Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации: Геодезические, картографические инструкции нормы и правила ГКИНП (ГНТА)-06-278-04 // - Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [Сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200054073> (дата обращения: 10.03.2023). (утратил силу).
- 22.ГКИНП-9. Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР : Утверждена Главным управлением геодезии и картографии при Совмине СССР, 1966 – Текст : непосредственный. (утратил силу).
- 23.Антонович, К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст]. В 2 т. Т. 1 Монография / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005 – 334 с.: ил. ISBN 5-86066-071-5 – Текст : непосредственный.
- 24.Барсукова Г. Н., Юрченко К. А., Радчевский Н. М. История земельных отношений и землеустройства: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 120700 – «Землеустройство и кадастры». 2-е изд., доп. и перераб. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2014. – 456 с. // - Текст : электронный // Научная электронная библиотека : [Сайт]. . – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25959982> (дата обращения: 12.04.2023).
- 25.Записки Военно-топографического отдела Главного управления Генерального штаба. Ч. 8. - СПб., 1843. // - Текст : электронный // РГО :

- [Сайт]. – URL: <https://elib.rgo.ru/safe-view/123456789/221933/1/UnVQUkxJQjEyMDYwMTgzLlBERg=> (дата обращения: 10.03.2023).
- 26.Кашин Л.А. Построение классической астрономо-геодезической сети России и СССР (1816-1991 гг.). Научно-технический и исторический обзор / Кашин Л.А. — Москва: Картгеоцентр — Геодезиздат, 1999. - 192 с. ил. — ISBN 5-86066-034-0 – Текст : непосредственный.
- 27.Концепция перехода топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений – М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, – 1995. – 24 с. – Текст : непосредственный.
- 28.Минсафин Г. З. Краткое изложение курса «Картографо-геодезическое обеспечение земельного кадастра» : Учебное пособие для студентов физического факультета, обучающихся по специальности «Геодезия» / Г. З. Минсафин. - Казань : КГУ, 2005. – 68 с. // - Текст : электронный // КГУ : [Сайт]. – URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F_1899919455/Minsafin.G.Z..KGOZK.ch1.pdf (дата обращения: 13.04.2023).
- 29.Побединский Г.Г., Хабаров В.Ф., Грибов Ю.Б. РТМ. Применение приемников спутниковой геодезической системы WILD GPS System 200 фирмы «Лейка» (Швейцария) при создании и реконструкции городских геодезических сетей РТМ В-01-95 – Нижний Новгород: ВАГП, – 1995. – 52 с. – Текст : непосредственный.
- 30.Природа и коренное население Арктики под влиянием изменения климата и индустриального освоения : МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ / О. В. Аксенова, В. Н. Бочарников, Е. А. Боровичев [и др.]. – Москва : Изд. Дом «Графит», 2020. – 180 с. – ISBN 978-5-902643-46-3. – DOI 10.25702/KSC.978.5.902643.46.3 – Текст : непосредственный.

31. Серапинас Б. Б. Математическая картография: Учебник для вузов / Балис Балио Серапинас. — Москва: Издательский центр «Академия», 2005. - 336 с. — ISBN 5-7695-2131-7 – Текст : непосредственный.
32. Салищев К. А. Основы картоведения : общая часть - Москва : Редбюро ГУГК при СНК СССР, 1939. - 308 с. – Текст : непосредственный.
33. Шихов А.Н., Черепанова Е.С., Пьянков С.В. Геоинформационные системы: методы пространственного анализа: учеб. пособие / А.Н. Шихов, Е.С. Черепанова, С.В. Пьянков. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. — Пермь, 2017. – 88 с.: ил. — ISBN 978-5-7944-2956-5 // - Текст : электронный // ПГНИУ : [Сайт]. – URL: http://www.psu.ru/files/docs/personalnye-stranitsy-prepodavatelej/cherepanova-es/geoinformacionnyye_sistemy.pdf (дата обращения: 10.03.2023).
34. Яковлев Н. В. Высшая геодезия: Учебник для вузов.— М.: Недра, 1989.— 445 с : ил. ISBN 5-247-00467-1 – Текст : непосредственный.
35. Горобец, В. П. Опыт Российской Федерации по установлению Государственной геодезической системы координат 2011 года / В. П. Горобец, Г. Н. Ефимов, И. А. Столяров // Геодезия, картография, кадастр, ГИС - проблемы и перспективы развития : Материалы международной научно-технической конференции, Новополюцк, 09–10 июня 2016 года. Том Часть 1. – Новополюцк: Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»=Установа адукацыі «Полацкі дзяржаўны ўніверсітэт», 2016. – С. 48-65. – EDN XVCGXJ. // - Текст : электронный // Научная электронная библиотека : [Сайт]. . – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28290796> (дата обращения: 12.04.2023).
36. Доклад о состоянии и использовании земель в Мурманской области в 2019 году / Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Мурманской области. Мурманск, 2019 – 54 с. // - Текст : электронный // Росреестр : [Сайт]. – URL: <https://rosreestr.gov.ru/upload/to/murmanskaya-oblast/Stat-analit/2020/Доклад%20о%20состоянии%20и%20использовании%20земел>

- ь%20в%20Мурманской%20области%20в%202019%20году.pdf (дата обращения: 10.03.2023).
- 37.Ивакин В. И. К истории правового регулирования земельного кадастра в России // В журнале: Аграрное и земельное право. 2011. С. 37-41. // - Текст : электронный // Научная электронная библиотека : [Сайт]. . – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15620777> (дата обращения: 12.04.2023).
- 38.Межян С. А., Сергиенко Е. А. История землеустройства в России// В журнале: COLLOQUIUM-JOURNAL. 2019. С. 30-33. // - Текст : электронный // Научная электронная библиотека : [Сайт]. . – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36851745> (дата обращения: 12.04.2023).
- 39.Пасько О. А. История развития землеустройства в России // В сборнике: Проблемы геологии и освоения недр. Труды XVI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 110-летию со дня основания горно-геологического образования в Сибири. 2012. С. 641-642. // - Текст : электронный // Научная электронная библиотека : [Сайт]. . – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20385601> (дата обращения: 13.04.2023).
- 40.Попова О. В. История правового регулирования земельных отношений в России // В журнале: Аграрное и земельное право. 2014. С. 14-19. // - Текст : электронный // Научная электронная библиотека : [Сайт]. . – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21405761> (дата обращения: 12.12.2020).
- 41.Социально-экономическое положение Мурманской области в январе – феврале 2023 года: доклад / Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области. Мурманск, 2023 – 63 с. // - Текст : электронный // Росстат : [Сайт]. – URL: https://51.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/01031_2023_02.pdf (дата обращения: 10.03.2023).
- 42.Аппаратура геодезическая спутниковая. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений // - Текст : электронный //

- ФГИС «АРШИН»: [Сайт]. – URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/351112> (дата обращения: 10.03.2023).
43. Дуга Струве. Википедия // - Текст : электронный // Wikipedia : [Сайт]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Дуга_Струве (дата обращения: 10.03.2023).
44. Федеральный фонд пространственных данных // - Текст : электронный // ФФПД : [Сайт]. – URL: <https://portal.fppd.cgkipd.ru/map?data=geodesy&data=gngstation&data=GSSNNet&data=Ggsstation&data=ggrsstation> (дата обращения: 10.03.2023).
45. Open Street Map – Изображение (картографическое ; неподвижное ; двухмерное) : электронное // World map = Карта мира : [сайт]. – URL: <https://www.openstreetmap.org/#map=2/69.6/-74.9> (дата обращения: 17.04.2023)

ПРИЛОЖЕНИЕ А. СУБЪЕКТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С ВВЕДЁННЫМИ В ДЕЙСТВИЕ МЕСТНЫМИ СИСТЕМАМИ КООРДИНАТ

Таблица 9 – Субъекты Российской Федерации с введёнными в действие местными системами координат [4]

Учетный номер	Наименование кадастрового округа	Учетный номер	Наименование кадастрового округа
1	Адыгейский	48	Липецкий
2	Башкирский	49	Магаданский
3	Бурятский	50	Московский областной
4	Алтайский республиканский	51	Мурманский
5	Дагестанский	52	Нижегородский
6	Ингушский	53	Новгородский
7	Кабардино-Балкарский	54	Новосибирский
8	Калмыцкий	55	Омский
9	Карачаево-Черкесский	56	Оренбургский
10	Карельский	57	Орловский
11	Коми	58	Пензенский
12	Марийский	59	Пермский
13	Мордовский	60	Псковский
14	Якутский	61	Ростовский
15	Северо-Осетинский	62	Рязанский
16	Татарский	63	Самарский
17	Тувинский	64	Саратовский
18	Удмуртский	65	Сахалинский

19	Хакасский	66	Свердловский
20	Чеченский	67	Смоленский
21	Чувашский	68	Тамбовский
22	Алтайский краевой	69	Тверской
23	Краснодарский	70	Томский
24	Красноярский	71	Тульский
25	Приморский	72	Тюменский
26	Ставропольский	73	Ульяновский
27	Хабаровский	74	Челябинский
28	Амурский	75	Забайкальский
29	Архангельский	76	Ярославский
30	Астраханский	77	Московский городской
31	Белгородский	78	Петербургский
32	Брянский	79	Еврейский
33	Владимирский	81	Коми-Пермяцкий
34	Волгоградский	82	Корякский
35	Вологодский	83	Ненецкий
36	Воронежский	84	Таймырский
37	Ивановский	85	Усть-Ордынский
38	Иркутский	86	Ханты-Мансийский
39	Калининградский	87	Чукотский
40	Калужский	88	Эвенкийский
41	Камчатский	89	Ямало-Ненецкий
42	Кемеровский	90	Крымский
43	Кировский	91	Севастопольский
44	Костромской	93	Донецкий

45	Курганский	94	Херсонский
46	Курский	95	Луганский
47	Ленинградский	96	Запорожский

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ЖУРНАЛ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Журнал спутниковых наблюдений (заполнение всех граф журнала обязательно)

Название пункта Ск.рп. **** Обозначение (ID) **** Объект ***
 Организация АО «Аэрогеодезия» Наблюдатель Цесаренко Д.В.

Приближённые координаты		Дата наблюдений	22.08.2022-23.08.2022
B	N 6°*0.629'	День от начала года	234-235
L	E 3°*1*.7*7'	№ сеансов	1 - 4
H			
Тип приёмника	LEICA GX 1220 GG	Тип антенны	LEICA1202 GG
№ приемника	s/n 47****	№ антенны	s/n 08*****

Тип и характеристика геодезического знака -

Тип и характеристика центра (марки) -

Пункты, участвующие в сеансе:

Название пунктов	Схема их расположения
ВГС	
П.тр. *	
СГС-1	
рп. *	

Имена файлов наблюдений:

**_1.m00, **_2.m00, **_3.m00, **_4.m00,

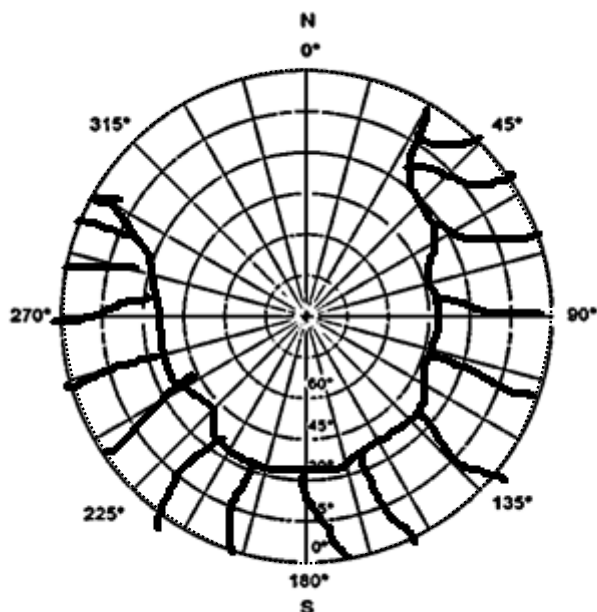
Время выполнения сеансов

MSK

(указать время: всемирное, местное или московское)

№№ сеансов	Начало	Конец	Интервал	Примечание
1	18:21	22:48	04:27	
2	23:27	02:39	03:12	
3	02:55	06:27	03:32	
4	06:57	10:17	03:20	

Схема и характер экранирования



Препятствия (экранирующие объекты)

С 30 градуса по 300 градусов присутствуют

низкорослые заросли в радиусе 4 м.

Условия наблюдения на пункте удовлетворительные

Схема измерения высоты антенны		Измерения высоты антенны				
	Сеансы	I	II	III	IV	
	в начале сеанса	1,532 м	1,365 м	1,493 м	1,382 м	
		1,532 м	1,365 м	1,493 м	1,382 м	
		1,532 м	1,365 м	1,493 м	1,382 м	
	Среднее	1,532 м	1,365 м	1,493 м	1,382 м	
	в конце сеанса	1,532 м	1,365 м	1,493 м	1,382 м	
		1,532 м	1,365 м	1,493 м	1,382 м	
		1,532 м	1,365 м	1,493 м	1,382 м	
	Среднее	1,532 м	1,365 м	1,493 м	1,382 м	
	Среднее значение	1,532 м	1,365 м	1,493 м	1,382 м	

1) наклонная 2) вертикальная 3) с использованием специальных средств измерений домер _____

Окончательное значение высоты 1,532 м; 1,365 м; 1,493 м; 1,382 м

Примечания _____

Подпись наблюдателя _____