

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

На правах рукописи

Метелева Мария Викторовна



Разработка и исследование методики координатного
обеспечения кадастровой деятельности
в территориальных образованиях

25.00.26 – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель –
кандидат технических наук,
доцент
Аврунев Евгений Ильич

Новосибирск – 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКОЙ И НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО СОЗДАНИЮ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ КООРДИНАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ.....	12
1.1 Нормативно-правовое обеспечение осуществления землеустроительных мероприятий и кадастровой деятельности в территориальном образовании.....	12
1.2 Нормативно-правовое обеспечение создания геодезического обоснования в территориальном образовании.....	14
1.3 Современное состояние геодезического обоснования в территориальных образованиях Российской Федерации	19
1.4 Современные измерительные технологии, используемые при построении геодезического обоснования.....	21
1.5 Общие сведения о проектировании геодезических сетей с применением современных ГНСС-технологий.....	24
1.6 Проектирование геодезического обоснования на основе использования активных базовых станций.....	27
2 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ КООРДИНАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ.....	33
2.1 Разработка структуры геодезического обоснования для координатного обеспечения кадастровой деятельности в территориальном образовании..	33
2.2 Разработка критериального алгоритма для оценки точности параметров геодезического обоснования	40
2.3 Расчет необходимой точности геодезических измерений в соответствии с предложенным критериальным алгоритмом.....	45

2.4 Технологические решения по восстановлению утраченных характерных точек земельных участков при их уничтожении или несанкционированном нарушении границ.....	51
2.5 Состав методики по проектированию геодезического обоснования для координатного обеспечения кадастровой деятельности в территориальном образовании.....	59
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ КООРДИНАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА.....	62
3.1 Алгоритм для оценки точности параметров геодезического обоснования.....	62
3.2 Проектирование и оценка точности первой ступени геодезического обоснования.....	70
3.3 Проектирование и оценка точности второй ступени геодезического обоснования.....	79
3.4 Проектирование и оценка точности третьей ступени геодезического обоснования.....	87
3.5 Проектирование и оценка межевой сети сгущения для целей координирования существующих границ города Новосибирска.....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	99
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	101
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	102
ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) СКО ИЗМЕРЕНИЙ ОГС 2 КЛАССА, ПОСТРОЕННОЙ МЕТОДОМ ТРИАНГУЛЯЦИИ.....	113
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (справочное) ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ ОГС 2 КЛАССА, ПОСТРОЕННОЙ МЕТОДОМ ТРИАНГУЛЯЦИИ.....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное) ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФИГУРЫ, ОБРАЗОВАННОЙ ПУНКТАМИ ОГС (1 ВАРИАНТ)	117

ПРИЛОЖЕНИЕ Г (справочное) МАТРИЦА ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОГС 2 КЛАССА, ПОСТРОЕННОЙ МЕТОДОМ ТРИАНГУЛЯЦИИ.....	118
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (справочное) СКО ИЗМЕРЕНИЙ ОГС, ПОСТРОЕННОЙ МЕТОДОМ ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	121
ПРИЛОЖЕНИЕ Е (справочное) ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ ОГС, ПОСТРОЕННОЙ МЕТОДОМ ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	124
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (справочное) ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФИГУРЫ, ОБРАЗОВАННОЙ ПУНКТАМИ ОГС (1 ВАРИАНТ)	125
ПРИЛОЖЕНИЕ И (справочное) СКО ИЗМЕРЕНИЙ ОГС, ПОСТРОЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГНСС-ТЕХНОЛОГИЙ.....	126
ПРИЛОЖЕНИЕ К (справочное) ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ ОГС, ПОСТРОЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГНСС-ТЕХНОЛОГИЙ	129
ПРИЛОЖЕНИЕ Л (справочное) ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФИГУРЫ, ОБРАЗОВАННОЙ ПУНКТАМИ ОГС (3 ВАРИАНТ)	130
ПРИЛОЖЕНИЕ М (справочное) МАТРИЦА ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОГС 2 КЛАССА, ПОСТРОЕННОЙ МЕТОДОМ ГНСС-ТЕХНОЛОГИЙ.....	131
ПРИЛОЖЕНИЕ Н (справочное) СКО ИЗМЕРЕНИЙ МСС ОТ ОДНОГО ИСХОДНОГО ПУНКТА.....	134
ПРИЛОЖЕНИЕ П (справочное) ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ МСС, ПОСТРОЕННОЙ ОТ ОДНОГО ИСХОДНОГО ПУНКТА.....	135
ПРИЛОЖЕНИЕ Р (справочное) СКО ИЗМЕРЕНИЙ МСС ОТ ДВУХ ИСХОДНЫХ ПУНКТОВ.....	136

ПРИЛОЖЕНИЕ С (справочное) ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ МСС, ПОСТРОЕННОЙ ОТ ДВУХ ИСХОДНЫХ ПУНКТОВ.....	138
ПРИЛОЖЕНИЕ Т (справочное) СКО ИЗМЕРЕНИЙ МЕЖЕВОГО СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ.....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ У (справочное) ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ МСО.....	141
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф (справочное) ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ КАДАСТРОВОГО КВАРТАЛА.....	142
ПРИЛОЖЕНИЕ Ц (справочное) ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА.....	143
ПРИЛОЖЕНИЕ Ш (справочное) СКО ИЗМЕРЕНИЙ МСС ДЛЯ КООРДИНИРОВАНИЯ ГРАНИЦЫ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА.....	144
ПРИЛОЖЕНИЕ Щ (справочное) ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ МСС, ПОСТРОЕННОЙ ДЛЯ КООРДИНИРОВАНИЯ ГРАНИЦЫ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА.....	149

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Эффективное реформирование экономических отношений в Российской Федерации во многом обусловлено ведением государственного кадастра недвижимости (ГКН) и реализацией его основных функций:

- гарантированием гражданам Российской Федерации права частной собственности на принадлежащее им недвижимое имущество;
- проведением государственными структурами взвешенной и научно-обоснованной налоговой политики;
- обеспечением рынка недвижимости объективной информацией об объектах недвижимости, расположенных в границах территориальных образований различного уровня.

Реализация перечисленных важнейших задач возможна при наличии в ГКН точной и достоверной информации о положении в пространстве объектов недвижимости, составляющих основу геопространственной модели территориального образования. Решение этой важнейшей научно-технической задачи нашло отражение в фундаментальных научных исследованиях следующих авторов: Батракова Ю. Г., Варламова А. А., Волкова С. Н., Гальченко С. А., Карпика А. П., Когут В. А., Маркузе Ю. И., Сизова А. П., Неумывакина Ю. К. и многих других учёных [15, 19, 20, 54, 56, 67, 69, 73].

Определение соответствующей части геопространственной модели территориального образования для обеспечения ГКН необходимой информацией является объектом кадастровой и землеустроительной деятельности, нормативно-правовые основы которой определены в следующих государственных и отраслевых документах [33, 44, 47, 48, 71, 74, 75, 76]. Исходной основой для определения в пространстве координат объектов недвижимости (земельных участков и объектов капитального строительства) является геодезическое обоснование (ГО), нор-

мативно-правовые основы построения которого определены нормативными документами [86, 87, 95].

Следовательно, одной из важнейших научно-технических задач на современном этапе развития земельно-имущественных отношений в Российской Федерации является определение такой структуры, при которой геодезическое обоснование будет являться безошибочной исходной основой для осуществления землеустроительных мероприятий и кадастровой деятельности в пределах конкретного территориального образования. Поэтому, неслучайно, вопросам оптимального проектирования геодезического обоснования, способам построения его на местности, оценке точности параметров посвящено значительное число научно-технических публикаций известных российских ученых [1, 15, 29, 65, 67, 73]. Здесь следует отметить фундаментальные научные исследования Батракова Ю. Г., Маркузе Ю. И., Неумывакина Ю. К., Коугия В. А. и многих других.

Вместе с этим, следует отметить, что в настоящее время при постановке сформированных объектов недвижимости (ОН) на государственный кадастровый учет (ГКУ) существует значительное число научно-технических задач, обусловленных, в том числе, пересечением границ земельных участков (ЗУ), несовпадением объекта капитального строительства (ОКС) с принадлежащим ему земельным участком. Указанное обстоятельство приводит к большому количеству земельных споров, решаемых в том числе в судебном порядке, к отказам в постановке на государственный кадастровый учет объектов недвижимости, что не позволяет своевременно оформить права на объекты недвижимости и передать необходимую информацию в федеральную налоговую службу (ФНС). Кроме этого, как показывает практика [92, 93, 94], у правообладателей возникают серьезные затруднения при восстановлении границ принадлежащих им земельных участков в случае их несанкционированного нарушения или утраты.

Отмеченные серьезные обстоятельства при осуществлении кадастровой деятельности определили появление на свет поправок в Федеральный закон «О государственном кадастре недвижимости» о проведении комплексных кадастровых работ [80], в которых, однако, практически не затрагиваются вопросы геодезиче-

ской составляющей возникшей ситуации, нормативно не прописываются требования к координированию объектов недвижимости в пределах территориального образования.

Отмеченные недостатки при осуществлении кадастровой деятельности обусловлены, в том числе, следующими негативными факторами: отсутствием критериального алгоритма, определяющего соответствие геодезического обоснования целям и задачам ведения ГКН; многоступенчатостью исходного геодезического обоснования и, как следствие, существенным влиянием ошибок исходных данных, ориентацией геодезического обоснования только на точность крупномасштабного картографирования территориального образования; отсутствием методики контроля точности определения координат характерных точек, закрепляющих на местности границы земельных участков, при постановке на государственный кадастровый учет объектов недвижимости. Эти недостатки неоднократно отмечались и обсуждались на страницах научно-технической литературы [6, 7, 54, 64, 103].

Цель и задачи исследования.

Исходя из перечисленных выше задач, *целью диссертационного исследования* является разработка и исследование методики координатного обеспечения кадастровой деятельности в территориальных образованиях.

Для достижения поставленной цели в кандидатской диссертации предполагается решить следующие *научно-технические задачи*:

- осуществить информационно-аналитический обзор технической и нормативно-правовой литературы по созданию геодезического обоснования для координатного обеспечения землеустроительной и кадастровой деятельности в территориальном образовании;
- разработать структуру геодезического обоснования для координатного обеспечения, исходя из этапов осуществления кадастровой деятельности в территориальном образовании;
- предложить критериальный алгоритм для оценки точности параметров геодезического обоснования, исходя из цели кадастровой деятельности;

– предложить технологические решения по восстановлению характерных точек (межевых знаков), закрепляющих границы земельных участков в территориальном образовании;

– на примере города Новосибирска в соответствии с предложенной структурой и критериальным алгоритмом выполнить проектирование геодезического обоснования и оценить точность его параметров на соответствие цели кадастровой деятельности.

Научная новизна выполненных исследований:

– предложена трехступенчатая структура геодезического обоснования (ГО), для которой на основании метода математического моделирования выполнен анализ точности параметров всех ступеней и доказано пренебрегаемо малое влияние ошибок исходных данных;

– разработан критериальный алгоритм для оценки качества геодезического обоснования, в котором впервые предложено использовать в качестве основного нормативного критерия среднюю квадратическую ошибку (СКО) взаимного положения характерных точек земельных участков внутри кадастрового квартала (КК);

– разработана методика, позволяющая с нормативно установленной точностью создавать геодезическое обоснование для координатного обеспечения кадастровой и землеустроительной деятельности и восстанавливать характерные точки земельных участков относительно объектов капитального строительства вне зависимости от изменения системы координат в территориальном образовании.

Теоретическая и практическая значимость работы:

– возможность кадастрового инженера и сотрудников кадастровой палаты при создании трехступенчатого геодезического обоснования выполнять оценку точности без учета влияния ошибок исходных данных;

– полноценный контроль точности используемых измерительных технологий на всех этапах построения геодезического обоснования;

- контроль стабильности исходных пунктов при построении младших ступеней геодезического обоснования;
- одновременное координирование всех характерных точек внутри кадастрового квартала, закрепляющих как границы земельных участков, так и объектов капитального строительства при создании третьей ступени ГО (межевого съемочного обоснования);
- надежное закрепление координатной системы внутри кадастрового квартала в виде углов объектов капитального строительства и выходов подземных коммуникаций;
- возможность оперативного восстановления с нормативно установленной точностью характерных точек ЗУ относительно объектов капитального строительства независимо от изменения систем координат в территориальном образовании.

Методология и методы исследований. Теоретические и практические исследования выполнялись на основании математического моделирования, базирующегося на методе наименьших квадратов, теории вероятности и математической статистики. Реализация этих методов осуществлялась с использованием алгоритмов, предложенных Маркузе Ю. И.

При выполнении исследований и практической апробации полученных результатов были использованы реальные модели территорий, входящие в состав муниципальных образований и субъектов Российской Федерации.

Положения, выносимые на защиту:

- предложенная структура геодезического обоснования позволяет с заданной точностью выполнить координирование объектов кадастровой и землеустроительной деятельности;
- разработанный критериальный алгоритм устанавливает требования к точности каждой ступени геодезического обоснования, исходя из средней квадратической ошибки взаимного положения характерных точек, закрепляющих границы земельных участков внутри кадастрового квартала;

– технологические решения по восстановлению характерных точек, закрепляющих границы земельных участков относительно объектов капитального строительства, позволяют с нормативно заданной точностью восстанавливать утраченные границы независимо от изменения системы координат в территориальном образовании.

Степень достоверности и апробация результатов исследований. Основные положения диссертационной работы и результаты исследований докладывались, обсуждались и получили одобрение на Международных научных конгрессах «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» (2013, 2014, 2015 гг., город Новосибирск).

Достоверность результатов исследований, изложенных в диссертации, подтверждается внедрением разработанной методики по созданию и реконструкции геодезического обоснования для координатного обеспечения землеустроительных и кадастровых работ в территориальных образованиях в производственную деятельность Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Новосибирской области, филиала ФГБУ «Федеральная кадастровая палата» по Республике Алтай, некоммерческого партнерства «Объединение кадастровых инженеров Сибири»; ООО «Геосити».

1 ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКОЙ И НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО СОЗДАНИЮ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОСНОВАНИЯ ДЛЯ КООРДИНАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

1.1 Нормативно-правовое обеспечение осуществления землеустроительных мероприятий и кадастровой деятельности в территориальном образовании

Основные положения в области земельных отношений и государственного кадастра недвижимости (ГКН) определены следующими нормативно-правовыми документами [32, 44, 74, 75, 76, 77].

В законодательстве земельные отношения определены как отношения, возникающие между субъектами земельного права по поводу владения, пользования и распоряжения землёй. Объектами земельных отношений являются земельные участки, их части, а также земля как природный объект и природный ресурс [44].

В соответствии с Федеральным законом (ФЗ) «О государственном кадастре недвижимости» [76] все объекты недвижимости: земельные участки, здания, сооружения, помещения, объекты незавершённого строительства – подлежат государственному кадастровому учёту. Определение местоположения недвижимого имущества и его идентификация в территориальном образовании осуществляются на основании присвоенного на этапе кадастрового учета кадастрового номера и определенных на этапе формирования межевого плана координат характерных точек (межевых знаков), которые на местности и в кадастре недвижимости фиксируют границы недвижимого имущества.

Полученные в результате кадастровой деятельности и государственного кадастрового учета уникальные характеристики недвижимого имущества вносятся в соответствующие разделы ГКН, что позволяет реализовать следующие основные функции [6]:

- обеспечение конституционных прав физических и юридических лиц на принадлежащее им недвижимое имущество;
- создание научно обоснованной и достоверной налогооблагаемой базы, позволяющей государству эффективно проводить земельную политику;
- информационное обеспечение земельно-имущественных отношений на территории Российской Федерации.

Таким образом, без качественного определения границ земельных участков невозможно эффективное функционирование государственного кадастра недвижимости.

Мероприятия по установлению на местности границ земельных участков и объектов землеустройства, а также по восстановлению утраченных межевых знаков выполняются на основании следующих инструктивных документов [47, 81, 82, 87]. Требования к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, а также контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке приведены в приказе Минэкономразвития № 518 [78].

В научно-технических изданиях большое внимание уделено вопросам построения геодезического обоснования для координатного обеспечения территориальных образований, определения площадных характеристик недвижимого имущества и контроля точности межевания земельных участков [11, 15, 19, 50, 51, 52, 65, 68, 69, 73].

Однако на современном этапе земельно-имущественных отношений существует большое количество споров из-за пересечения границ земельных участков и несовпадения объекта капитального строительства с принадлежащим ему земельным участком [72, 92, 93, 94]. Эти обстоятельства свидетельствуют о том, что нарушается один из главных принципов земельного законодательства *“о единстве судьбы земельного участка и принадлежащего ему объекта капитального строительства”* [6]. Поэтому одним из актуальнейших вопросов в области кадастровых работ является точное определение границ земельных участков на местности [10, 17, 18, 72, 84, 89, 104].

Для решения этих и других проблем 1 декабря 2012 года был утверждён План мероприятий («дорожная карта») *«Повышение качества государственных услуг в сфере государственного кадастрового учета недвижимого имущества и государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним»* [36]. Реализация «дорожной карты» призвана оптимизировать процедуры государственного кадастрового учета недвижимого имущества и государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним.

В концепции повышения качества государственного кадастра недвижимости и решения многих назревших проблем также был разработан и принят законопроект «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственном кадастре недвижимости» и отдельные законодательные акты Российской Федерации (о комплексных кадастровых работах, проводимых в целях образования земельных участков, уточнения местоположения их границ, а также установления местоположения зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства)», предусматривающий проведение комплексных кадастровых работ. Данный закон призван повысить эффективность управления территориями и ведения государственного кадастра недвижимости и укрепить гарантии прав собственников на их недвижимое имущество [80]. Однако законопроект носит в основном описательный характер, в нём нормативно не прописаны требования к координированию объектов недвижимости, отсутствуют критерии, позволяющие достоверно определить точность геодезического обоснования на соответствие целям и задачам осуществления кадастровой и землеустроительной деятельности.

1.2 Нормативно-правовое обеспечение создания геодезического обоснования в территориальном образовании

Геодезической основой государственного кадастра недвижимости являются государственная геодезическая сеть и геодезические сети специального назначения (опорные межевые сети) [76]. Геодезическая и картографическая основы кадастра создаются и обновляются в соответствии с ФЗ-209 «О геодезии и карто-

графии» [75]. В соответствии со статьей 12 указанного Федерального закона [75] в государственный кадастр недвижимости вносятся сведения о геодезической основе кадастра, которая состоит из каталогов координат пунктов опорных межевых сетей с указанием системы координат, описания местоположения пунктов опорных межевых сетей и описания типов знаков опорных межевых сетей.

Основополагающим документом в области создания и развития геодезического обоснования является нормативный акт «Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации» [86]. В нём отражено состояние государственной геодезической сети на момент формирования системы геодезических координат 1995 года, определены структура и основные принципы развития, а также даны основные характеристики создаваемых сетей и указаны требуемые точности их элементов. В соответствии с данным документом государственная геодезическая сеть предназначена, в том числе, для геодезического обеспечения государственного кадастра недвижимости и кадастровой деятельности. Требования к построению геодезических сетей сгущения и геодезического съёмочного обоснования описаны в инструктивном документе «Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» [49].

Вместе с этим стоит отметить, что критерии для оценки точности параметров геодезического обоснования ориентированы только на точность крупномасштабного картографирования и не привязаны к целям землеустроительной и кадастровой деятельности.

Данные об опорных межевых сетях как сетях специального назначения для ведения государственного кадастра недвижимости, мониторинга земель и землеустройства, а также назначение, структура, требования к точности и методам их создания описаны в нормативном акте «Основные положения об опорной межевой сети» [87].

В соответствии со статьей 6 Федерального закона № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» [76] определено, что для ведения государственного кадастра недвижимости используются установленные в отношении ка-

дастровых округов местные системы координат с определенными для них параметрами перехода к единой государственной системе координат. Правила установления местных систем координат описаны в Постановлении Правительства Российской Федерации № 139 [91]. Переход из одной координатной системы в другую с использованием параметров перехода, а также изменение систем координат приводит к возникновению проблем при определении границ объектов недвижимости, а также при восстановлении характерных точек, закрепляющих на местности границы земельных участков, в случае их утраты или не санкционированного нарушения [25, 27, 42, 70, 92, 93, 94].

Переход на геоцентрическую систему координат, установленный в Концепции развития отрасли геодезии и картографии [60], и который планируется осуществить к 2017 году, не приведёт к разрешению проблемы, а наоборот только усугубит путаницу в системах координат и их параметрах перехода [21]. Таким образом, возникает ситуация, при которой в кадастровом квартале часть земельных участков будет закоординирована в старой системе координат, а местоположение вновь сформированных земельных участков – в новой координатной системе. Следовательно, возникнет научно-техническая задача в совпадении координат характерных точек, являющихся смежными для ЗУ уже поставленных на ГКУ и вновь образованных.

Следующей важнейшей научно-технической задачей является многоступенчатое геодезическое обоснование, существующее в настоящее время в территориальных образованиях. Например, для города Новосибирска оно представлено (с учетом съёмочного обоснования) восемью ступенями. Как показали многочисленные исследования, выполненные в этом направлении, влияние ошибок исходных данных в этом случае может намного превосходить средние квадратические ошибки (СКО), обусловленные случайными ошибками геодезических измерений в геодезических сетях сгущения. Следовательно, во-первых, оценка точности параметров геодезических сетей сгущения, выполняемая без учета влияния ошибок исходных данных, обеспечивает искаженные результаты, а во-вторых, если в кадастровом квартале одни характерные точки были закоординированы относи-

тельно одного исходного пункта, а другие – относительно другого исходного пункта, то в координаты, определяющие местоположение земельных участков, могут быть внесены большие ошибки, намного превосходящие нормативные требования [1, 2, 14, 15, 18, 55, 89].

В 1.1 было отмечено наличие большого количества земельных споров из-за пересечения границ земельных участков и несовпадения объекта капитального строительства с принадлежащим ему земельным участком. Данные проблемы возникают по многим причинам, в том числе из-за проведения геодезических работ различными организациями в разное время с использованием различных нормативно-технических документов, из-за существования на территории города нескольких местных систем координат (СК) и некорректных параметров перехода из одной СК в другую, а также из-за утраты пунктов городской геодезической сети и некорректного их восстановления. Чтобы снизить влияние данных факторов и повысить точность геодезического обоснования для координатного обеспечения городских территорий, необходимо проводить периодическую реконструкцию городских геодезических сетей.

В Руководстве по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS [95] изложены принципы построения городской геодезической сети с использованием спутниковых технологий, этапы создания и реконструкции городских геодезических сетей.

Целью реконструкции городских геодезических сетей является повышение точности сети, надежности определения параметров преобразования между геоцентрической общеземной координатной системой, государственной и городской геодезическими системами координат и возможность формировать каталог координат пунктов во всех используемых в городе координатных системах.

Главной особенностью работ по созданию и реконструкции городских геодезических сетей является необходимость сохранения городской системы координат, в которой ранее были выполнены крупномасштабные съемки территории городов (масштабов 1:500–1:2000), и одновременно с этим обеспечение высокой

однородной точности городской геодезической сети для решения других задач [95].

Одними из главных предназначений высокоточной городской геодезической сети являются топографическая съёмка и обновление планов города всех масштабов, а также мероприятия по проведению землеустройства, межевания, инвентаризации земель.

Однако в условиях активного внедрения ГНСС – технологий и возникновении новых задач, связанных с землеустроительной и кадастровой деятельностью, критерии по оценке точности параметров геодезического обоснования не претерпели изменений и остались такими же, как и во времена использования традиционных наземных измерительных технологий.

Так СКО определения межевого знака (характерной точки) для земель населенных пунктов действующими нормативными документами [71] установлено равным 10 см относительно ближайшего пункта геодезического обоснования. При картографировании городской территории в масштабе 1:500 СКО взаимного положения четких контуров также установлено равным 10 см. В соответствии с [95] значение средних квадратических ошибок взаимного положения любых пунктов спутниковых городских геодезических сетей не должны превышать 30 мм. На практике складывается ситуация, когда государственная геодезическая сеть в районе города может иметь относительную погрешность взаимного положения пунктов 1–2 классов порядка 1:300 000 при расстояниях между пунктами от 20 до 30 км, что в три-пять раз ниже точности спутниковых измерений.

Следовательно, можно сделать вывод, что критерии для оценки точности геодезического обоснования не соответствуют современным возможностям измерительного оборудования.

Следует отметить, что предложения о существенном увеличении точности геодезического обоснования на застроенных территориях уже неоднократно имели место на страницах научно-технической литературы [3, 62, 96].

1.3 Современное состояние геодезического обоснования в территориальных образованиях Российской Федерации

Современное состояние геодезического обоснования в Московской области представлено в статье А. Ю. Серова и С. Г. Гаврилова «Создание современной геодезической основы Московского региона» [98].

Опорная геодезическая сеть (ОГС) города Москвы развивается с 1928 г., а в 2001 г. были начаты работы по её совершенствованию из-за недостаточной плотности пунктов ОГС города Москвы. К январю 2014 г. опорная геодезическая сеть Москвы состояла из 46 700 пунктов, 24 560 из которых расположены на территории города Москвы в его старых границах.

Система навигационно-геодезического обеспечения (СНГО) города Москвы на основе ГЛОНАСС/GPS состоит из 19 базовых станций ГЛОНАСС/GPS, подсистемы передачи информации и Центра высокоточного позиционирования.

Плотность геодезических пунктов на территориях, присоединенных к городу Москве в 2012 г. не соответствует нормативным требованиям [32], установленным для старых границ города, 20 пунктов на 1 км². Использование системы навигационно-геодезического обеспечения города Москвы позволило снизить нормативную плотность геодезической сети на присоединенных территориях по сравнению с городом Москвой в ее старых границах более чем в три раза. До конца 2016 г. на территории «новой» Москвы запланировано проведение работ по развитию ОГС города Москвы, плановая плотность которых установлена шесть пунктов на 1 км². Всего планируется выполнить измерения на 9100 новых пунктах.

В 2012 г. были начаты работы по созданию каркасной геодезической сети Московского региона. Вдоль основных автомобильных магистралей было заложено 225 пунктов, среднее расстояние между которыми составляет 5 км. В 2013 г. были проведены спутниковые измерения на всех вновь заложенных пунктах и 45 существующих пунктах государственной геодезической сети (ГГС) 1 и 2 классов. На основании уравнивания первой очереди каркасной сети с опорой на 45 исход-

ных пунктов ГГС с учётом погрешностей исходных данных было установлено, что примерно 40 % координат пунктов ГГС имеют отклонения в диапазоне от 1 до 40 см, максимальное отклонение превышает 2 м. На основании этого был сделан вывод о том, что исходный каталог координат 45 пунктов ГГС 1 и 2 классов в МСК-50 содержит грубые ошибки и не соответствует точности современных методов геодезических измерений.

Для эффективного использования спутниковых методов для вычисления координат был заменен исходный (ранее созданный) каталог пунктов ГГС. В результате исследований по возможности формирования каталога координат пунктов ГГС в МСК-50 на базе каталогов координат этих пунктов в СК-95 и ПМСК города Москвы, часть пунктов ГГС признана содержащей грубые ошибки в координатах. Ввод в действие полученного каталога координат пунктов каркасной геодезической сети Московского региона в МСК-50 позволит исключить погрешности, обусловленные технологиями развития ГГС, применяемыми в СССР [98].

Современное состояние геодезического обоснования в Новосибирской области.

Государственная геодезическая сеть (ГГС) в Новосибирской области была создана в период 1970–1980 гг. и насчитывает 9066 пунктов 1-4 классов и 1-2 разрядов. Пункты ГГС на местности представляют собой геодезические знаки из металла или дерева. Геодезические сети в Новосибирской области создавались различными ведомствами и организациями на протяжении длительного времени. В связи с этим одной из основных проблем является несогласованность координат пунктов сетей, созданных традиционными геодезическими методами в различные периоды времени.

Несмотря на охрану со стороны государства значительная часть геодезических пунктов утрачена в силу различных причин: развития рынка недвижимости, приобретения земельных участков в частную собственность, строительства новых объектов, освоения новых территорий. В связи с этим плотность пунктов является недостаточной, а точность построения на их основе координатного пространства не удовлетворяет современным требованиям [34].

1.4 Современные измерительные технологии, используемые при построении геодезического обоснования

Ведение государственного кадастра недвижимости невозможно без геопространственного обеспечения территории. Поэтому неслучайно ведущими российскими учеными в сфере геопространственного обеспечения территориальных образований выполнены фундаментальные научные исследования [1, 12, 13, 16, 50, 59].

Принципы построения геодезических сетей, которые являются основой геопространственного обеспечения территориальных образований, рассмотрены в следующих источниках [1, 15, 29, 58, 97, 100, 101].

Основными методами создания геодезических сетей являются триангуляция, полигонометрия, трилатерация и спутниковые координатные определения. Выбор конкретного метода определяется условиями местности, требуемой точностью и экономической эффективностью [58]. В настоящее время для создания геодезического обоснования создано очень много геодезических измерительных приборов и, в том числе, новых геодезических технологий, принципиально отличных от традиционных.

На современном этапе развития геодезических измерительных приборов в топографо-геодезических работах основным прибором является электронный тахеометр, а в последнее время для обеспечения максимальной производительности появились роботизированные электронные тахеометры с использованием серво-технологий, позволяющие существенно упростить и автоматизировать процесс измерения углов и расстояний [45, 105].

Электронные тахеометры позволяют получать точность угловых измерений равную 1" и расстояний до $0,6 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}$. Точность линейных измерений в безотражательном режиме может достигать $1 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}$.

В настоящее время на российском рынке представлено множество фирм, выпускающих электронные тахеометры: Leica, Sokkia, Spectra Precision, Topcon, Nikon, Karl Zeiss, Trimble, Pentax, Уральский оптико-механический завод [24].

Широкое внедрение дифференциального спутникового метода и разработка гражданской аппаратуры пользователей глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) GPS и ГЛОНАСС дали развитие новому направлению точного определения пространственных координат точек земной поверхности на основе сетей постоянно действующих референчных (базовых) станций ГНСС. Создаваемая наземная инфраструктура сетей референчных станций, включающая специализированные приемники ГНСС, средства коммуникаций, программное обеспечение, компьютерное оборудование, позволяет получать пространственные координаты с точностью в несколько миллиметров на обширных территориях.

Теоретические и практические аспекты внедрения современных ГНСС-технологий, которые позволили значительно повысить точность создаваемых геодезических сетей, и, как следствие, повысить точность геодезической и кадастровой информации, описаны в следующих фундаментальных научных исследованиях [12, 13, 24, 29, 67, 98].

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) представляют собой упорядоченную на орбитах совокупность искусственных спутников Земли (ИСЗ), осуществляющих согласованные действия по сбору, обработке, хранению и передаче информации [24].

В настоящее время в мире существует четыре проекта глобальных радионавигационных спутниковых систем (ГНСС): NAVSTAR GPS (США), ГЛОНАСС (СССР - Россия), GALILEO (Европа) и Beidou (Compass) (Китай) [90].

Сравнительная характеристика спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС, GPS, GALILEO и Compass представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Сравнительная характеристика спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС, GPS, GALILEO и Beidou (Compass)

Характеристика	ГЛОНАСС	GPS	GALILEO	Beidou (Compass)
Количество спутников в полностью развернутой орбитальной группировке	24	24	30	51 (на трех уровнях орбит)
Количество орбитальных плоскостей	3	6	3	6, 3, 6
Высота орбит над поверхностью Земли, тыс. км	19,1	20,2	23,6	20,2; 27,73; 36
Наклонение орбит, град.	64,8	55	56	55, 56, 50
Период обращения, ч-мин	11 ч 15 мин	11 ч 58 мин	14 ч 4 мин	Нет данных
Диапазон рабочих частот: L1, МГц L2, МГц	1602,5626 – 1615,5 1246,4375– 1256,5	1575,42 1227,6 1176,45	E1 = 1575,42 E5 = 1191,79 E5A = 1176,4 E5B = 1207,1 E6 = 12787,7	E1 = 1575,42 E5 = 1191,79 E5A = 1176,46 E5B = 1207,14 E6 = 12787,75
Способ разделения сигналов спутников	Кодово-частотный (кодовый на испытаниях)	Кодовый	Кодово-частотный	Нет данных
Скорость передачи информационных данных, бит/с	50	50	Нет данных	Нет данных
Координатная система	ПЗ-90	WGS-84	ETRF-00	Нет данных

1.5 Общие сведения о проектировании геодезических сетей с применением современных ГНСС-технологий

Создание современного, актуального и точного геоинформационного обеспечения невозможно без применения передовых спутниковых измерительных технологий. Вопросам использования на практике ГНСС-технологий и создания сетей активных базовых станций уделено значительное внимание на страницах научно-технических изданий [12, 13, 28, 37, 38, 39, 41, 43, 63, 90, 98, 106]. Основные положения о методах построения спутниковых сетей, точности, определены в следующих нормативно-правовых документах [48, 59, 79, 86, 95].

В настоящее время во многих областях Российской Федерации с применением спутниковых технологий созданы или создаются сети активных базовых станций, позволяющие определять координаты объектов с высокой степенью точности и достоверности.

Сеть активных базовых станций представляет собой совокупность постоянно действующих спутниковых (ГНСС) активных базовых станций, установленных на местности по определенной схеме, относительное положение которых определено в единой системе координат, объединенные каналами коммуникаций для сбора и обработки спутниковых данных в едином центре, так что бы обеспечивать выполнение измерений и определение пространственного местоположения объектов на обширной площади с одинаковой точностью и в единой системе отсчета времени и пространства.

Постоянно действующая активная базовая станция включает в себя ГНСС приемник, спутниковую антенну, источник бесперебойного питания, средства связи, системы грозозащиты и молниеотводы, которые устанавливаются стационарно на специально подготовленное место. Спутниковая антенна базовой станции жестко крепится на верху специального пилона, установленного на неподвижном основании аналогично пунктам геодезической основы. Координаты антенны определяются совместно и с одинаковой точностью с координатами пунктов опорного обоснования.

Одна базовая станция обеспечивает определение пространственных координат в режиме реального времени с сантиметровой точностью в радиусе не более 25–30 км [22]. Принципиально удаление ровера от базовой станции может быть большим, например, 300 км. Несколько постоянно действующих спутниковых базовых станций, объединенных в сеть, могут обеспечивать работу на гораздо большей территории. Благодаря сетевому способу формирования дифференциальных поправок пользователь может надежно получать координаты на удалении от ровера до 50 км, а расстояние между станциями может быть до 80 км [22, 35, 43]. При этом обеспечивается одинаковая точность по всей области покрытия.

Создание региональных сетей активных базовых станций для обеспечения кадастровых работ позволяет существенно сократить расходы на создание опорной межевой сети и поддержании ее в рабочем состоянии. Сеть спутниковых базовых станций может быть использована для закрепления единой координатно-временной основы на территории области или государства [22].

Существует два метода определения координат с использованием спутниковых технологий:

- абсолютные определения координат кодовым методом;
- относительные фазовые измерения.

В геодезии чаще всего применяются относительные измерения, которые характеризуются более высокой точностью получения координат. При относительном методе спутникового позиционирования одновременно с двух пунктов на земной поверхности измеряются псевдодальности до одноименных навигационных искусственных спутников Земли. В том случае, когда один из спутниковых приемников расположен на пункте с исходными координатами, а второй – на определяемом пункте, в результате математической обработки вычисляется базисный вектор. Этот вектор характеризуется дирекционным углом и длиной линии от исходного до определяемого пункта. В том случае, когда оба приемника располагаются на определяемых пунктах, вычисляется определяемый вектор [1]. Схема относительного метода спутниковых определений приведена на рисунке 1.1.

Инструментальные точности определения базовых векторов для опорной межевой сети составляет $2 \text{ мм} \pm 2 \cdot 10^{-6} L$, а для полигонометрии и линейно-угловых измерений для 4 класса: $5 \text{ мм} \pm 3 \cdot 10^{-6} L$ и для 1 разряда: $5 \text{ мм} \pm 5 \cdot 10^{-6} L$ соответственно (L – измеряемое расстояние в километрах).

Центры пунктов СГГС-1 представляют собой центры существующих пунктов, предпочтительно глубокого заложения либо надстройки на зданиях [95].

1.6 Проектирование геодезического обоснования на основе использования активных базовых станций

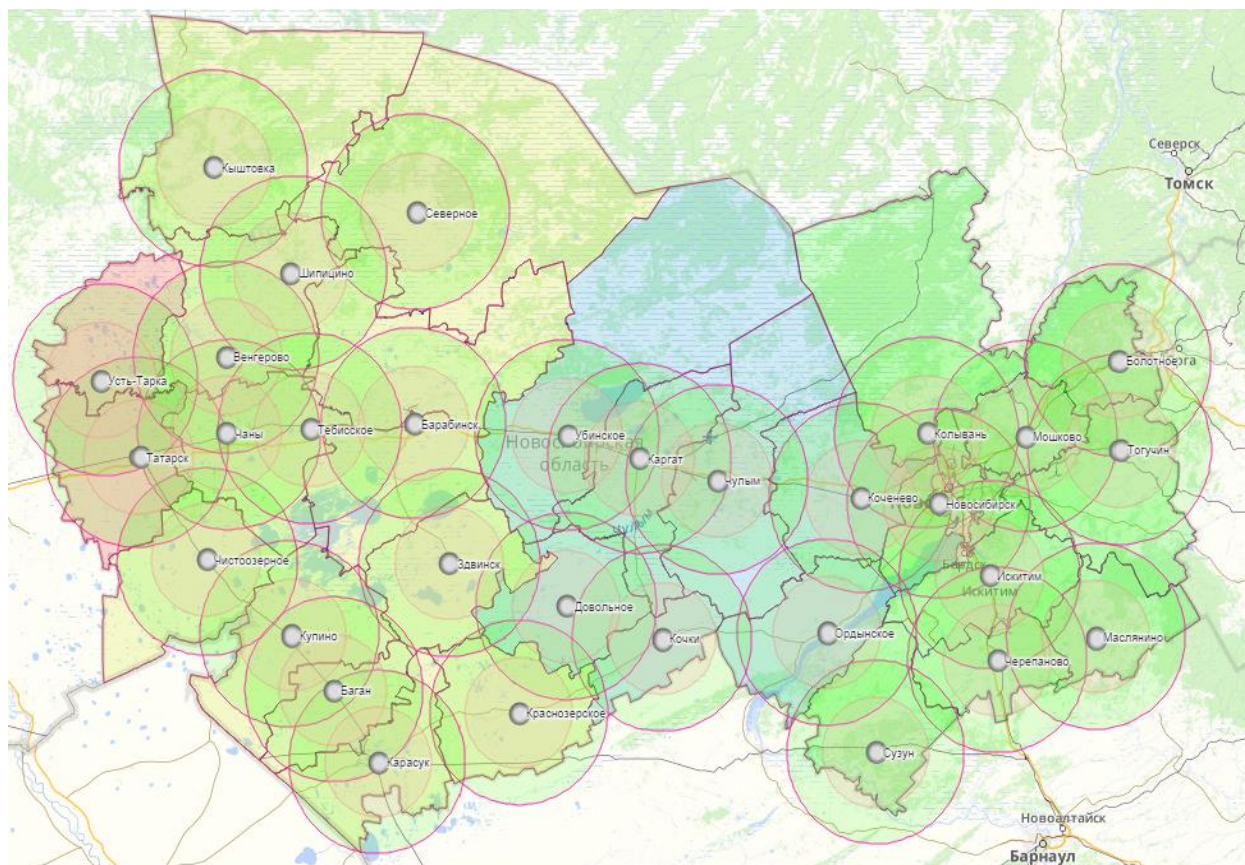
В настоящее время в России принята новая схема построения государственной геодезической сети, согласно которой часть пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС) являются постоянно действующими активными базовыми станциями. В настоящее время новая государственная геодезическая сеть находится на стадии построения.

Рассмотрим более подробно примеры создания сети активных базовых станций на территории Московской и Новосибирской областей.

Развитие системы навигационно-геодезического обеспечения города Москвы на основе ГЛОНАСС/GPS (СНГО Москвы) описано в статье [98]. Система навигационно-геодезического обеспечения города Москвы на основе ГЛОНАСС/GPS (СНГО Москвы) представляет собой современную инфраструктуру для определения пространственного положения объектов по сигналам спутников ГЛОНАСС и GPS. В настоящее время система состоит из 19 активных базовых станций ГЛОНАСС/GPS, подсистемы передачи информации и Центра высокоточного позиционирования. На рисунке 1.2 показана схема расположения 19 активных базовых станций СНГО Москвы.

85 % покрытие экономически освоенных районов Новосибирской области [99].
Референцные станции расположены в зданиях районных отделов ГУВД по Новосибирской области на расстоянии от 42 до 80 км одна от другой.

На рисунке 1.3 показана схема расположения референцных станций в Новосибирской области на данный момент времени.



Условные обозначения:

– радиус покрытия 30 км, рекомендован для работы 2-х частотными приемниками с полученным навигационным сообщением;

– радиус покрытия 50 км, для работы 2-х частотными приемниками с использованием точных эфемерид спутников;

– населённый пункт, в котором размещена активная базовая станция.

Рисунок 1.3 – Схема расположения 31 активной базовой станции в
Новосибирской области

Наземная инфраструктура представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из сети активных базовых станций

(АБС), вычислительного центра (ВЦ) со специализированным программным обеспечением и линий связи, объединяющих сеть АБС, ВЦ и пользователей инфраструктуры. Каждая станция оборудована спутниковым приемником, антенной и аппаратурой входа в высокоскоростной канал связи, которая функционирует в автоматическом режиме.

Каждая базовая станция принимает сигналы от спутников и передает информацию в вычислительный центр по оптоволоконным линиям связи. Радиус покрытия каждой базовой станции, без потери необходимой точности, достигает 50 км.

К достоинствам применения сети активных базовых станций можно отнести следующие положения:

- создание единого координатно-временного пространства;
- отсутствие необходимости устанавливать временные базовые станции на исходных пунктах позволяет экономить людские и аппаратные ресурсы пользователей сети АБС;
- обеспечение высокоточных результатов при значительных расстояниях между базовыми станциями и спутниковым приёмником;
- большое количество сфер применения сети активных базовых станций делает её многофункциональной и окупаемой, а работу с ней оперативной и экономически выгодной.

Таким образом наличие сети активных базовых станций в территориальном образовании позволяет увеличить эффективность применения спутниковых методов определения местоположения объектов, а также позволяет сократить количество организационно-технических мероприятий и уменьшить материальные затраты на проведение работ. Использование сети активных базовых станций является современным и наиболее точным способом построения геодезического обоснования в территориальных образованиях Российской Федерации.

В результате проведенного информационно-аналитического обзора технической и нормативно-правовой литературы по созданию геодезического обоснования для координатного обеспечения кадастровой деятельности в территориальном образовании можно сделать следующие выводы:

– в настоящее время отмечается нарушение одного из основных принципов земельного законодательства о *“единстве судьбы земельного участка и принадлежащего ему объекта капитального строительства”* [44];

– существующее на территориях субъектов Российской Федерации и муниципальных образований геодезическое обоснование по точности параметров не соответствует современным требованиям обеспечения точности геопространственных данных [9]. Оно характеризуется многоступенчатостью, что обуславливает наличие существенного влияния ошибок исходных данных и является одной из причин ошибочного восстановления характерных точек, закрепляющих в территориальном образовании границы ЗУ. Структура ГО не соответствует современным технологическим возможностям измерительного оборудования и задачам надежного закрепления в ГО установленной системы координат. Критерии для оценки точности геодезического обоснования не привязаны к целям землеустроительной и кадастровой деятельности [5, 57];

– принятые в последнее время нормативно-правовые документы, регламентирующие построение геодезического обоснования, носят в основном описательный характер. В них отсутствуют критерии, позволяющие достоверно определить точность геодезического обоснования на соответствие целям и задачам осуществления кадастровой деятельности и выполнения землеустроительных мероприятий [36, 48, 78, 80, 81, 82, 95];

– отсутствуют методические и нормативные рекомендации по созданию геодезического обоснования для координатного обеспечения комплексных кадастровых работ;

– определенная в соответствии с действующими нормативными положениями средняя квадратическая ошибка (СКО) положения характерной точки относительно ближайшего пункта ОМС, не дает представления о реальной точности

определения параметров земельного участка и о взаимном положении земельных участков внутри кадастрового квартала;

– изменение систем координат в ряде субъектов Российской Федерации привело к возникновению проблемы восстановления характерных точек, закрепляющих на местности границы земельных участков в случае их утраты или возникновения земельного спора [8, 92, 93, 94];

– современным и наиболее точным способом построения геодезического обоснования в территориальных образованиях Российской Федерации являются спутниковые измерительные технологии (ГНСС-технологии), основанные, в том числе, на использовании сети активных базовых станций (АБС).

2 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ КООРДИНАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

2.1 Разработка структуры геодезического обоснования для координатного обеспечения кадастровой деятельности в территориальном образовании

Как уже неоднократно отмечалось на страницах научно-технических изданий [3, 6, 14, 57], структура современного многоступенчатого геодезического обоснования не соответствует требованиям многочисленных научно-технических задач и не ориентирована на точность кадастровой информации, необходимой при ведении государственного кадастра недвижимости.

Поэтому, исходя из информационно-аналитического обзора, выполненного в первом разделе диссертационного исследования и логики ведения государственного кадастра недвижимости на примере городских территорий, характеризующихся наивысшей кадастровой стоимостью земельных ресурсов, предлагается следующая структура геодезического обоснования для координатного обеспечения кадастровой деятельности в ТО (таблица 2.1).

Уменьшение числа ступеней геодезического обоснования приведет к существенному уменьшению влияния ошибок исходных данных, упрощению организации геодезических работ для координатного обеспечения кадастровой деятельности и в конечном итоге к значительному улучшению качества кадастровой информации.

Предлагаемая трехступенчатая структура ГО для координатного обеспечения кадастровой деятельности, используемые при ее создании измерительные технологии, решаемые задачи и особенности построения на местности приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Предлагаемая структура геодезического обоснования для координатного обеспечения кадастровой деятельности в ТО

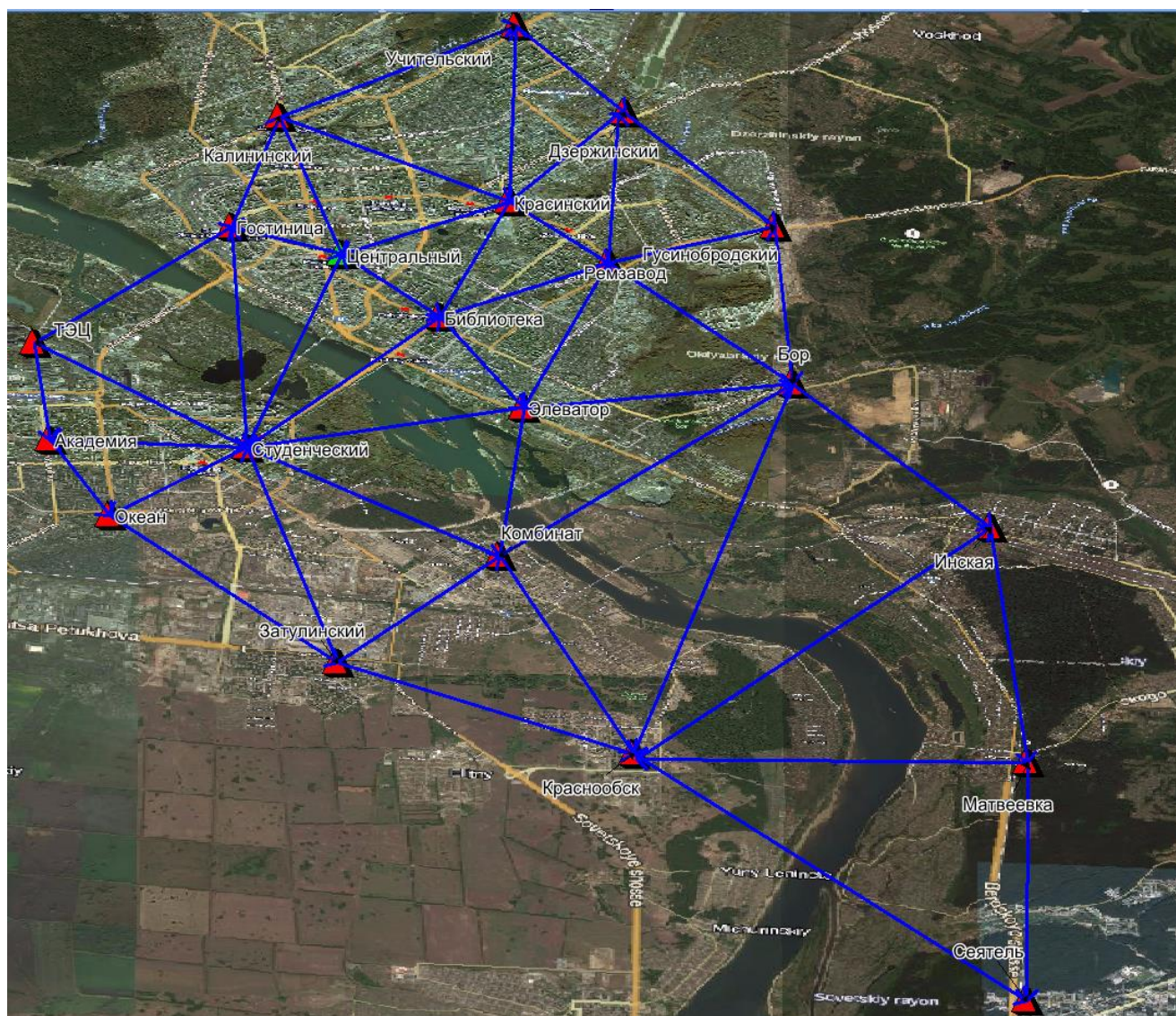
Название ступени ГО	Измерительные технологии	Решаемые задачи и особенности построения на местности
Опорная межевая сеть (ОМС)	ГНСС	<p>1 Закрепление координатной системы в ТО. Плотность пунктов один пункт на 25 км²</p> <p>2 Расположение пунктов на крышах зданий и сооружений</p> <p>3 Объединение всех пунктов ОГС, сохранившихся в ТО, в единую координатную систему</p>
Межевая сеть сгущения (МСС)	Модифицированный лучевой вариант (спутниковые и наземные измерительные технологии)	<p>1 Перенос координатной системы в кадастровый квартал (КК). Плотность – не менее двух пунктов с прямой оптической видимостью</p> <p>2 Расположение пунктов на физической поверхности земли</p> <p>3 Объединение всех пунктов ГСС, сохранившихся в ТО, в единую координатную систему</p>
Межевое съемочное обоснование (МСО)	Ходы электронной тахеометрии (наземные измерительные технологии)	<p>1 Координирование всех объектов кадастровой деятельности и землеустроительных мероприятий в кадастровом квартале</p> <p>2 Использование в качестве определяемых пунктов МСО характерных точек ОКС и выходов подземных коммуникаций</p> <p>3 Используется как исходная основа при восстановлении характерных точек, закрепляющих границы ЗУ</p> <p>4 Может использоваться как исходная основа для картографирования ТО</p>

Первая ступень в структуре трехступенчатого геодезического обоснования - опорная межевая сеть (ОМС). Она предназначена для закрепления системы координат в территориальном образовании. При определенных обстоятельствах ОМС может представлять сеть активных базовых станций. Для обеспечения долговременной сохранности пункты ОМС необходимо размещать на крышах зданий и сооружений [1]. Измеряемыми элементами являются вектора базовых линий, определяемые с использованием ГНСС-технологий и которые образуют замкнутые геометрические фигуры. Длины линий между исходными и определяемыми пунктами предлагается допускать не более 10 км, что на основании выполненных исследований [23] является оптимальным значением при реализации спутниковых технологий.

Стоит отметить важные особенности проектирования ОМС с использованием ГНСС-технологий:

- между пунктами ОМС отсутствует необходимость обеспечения прямой оптической видимости;
- конфигурация замкнутых геометрических фигур сетевого варианта практически не влияет на точность определяемых координат пунктов.

Пример проектирования сети ОМС для города Новосибирска приведен на рисунке 2.1.



Условные обозначения:

- ▲ – начало системы координат города Новосибирска (исходный пункт государственной геодезической сети);
- ▲ – определяемые пункты ОМС;
- – измеряемые базовые вектора.

Рисунок 2.1 – Запроектированный вариант построения ОМС с использованием ГНСС–технологий на территорию города Новосибирска

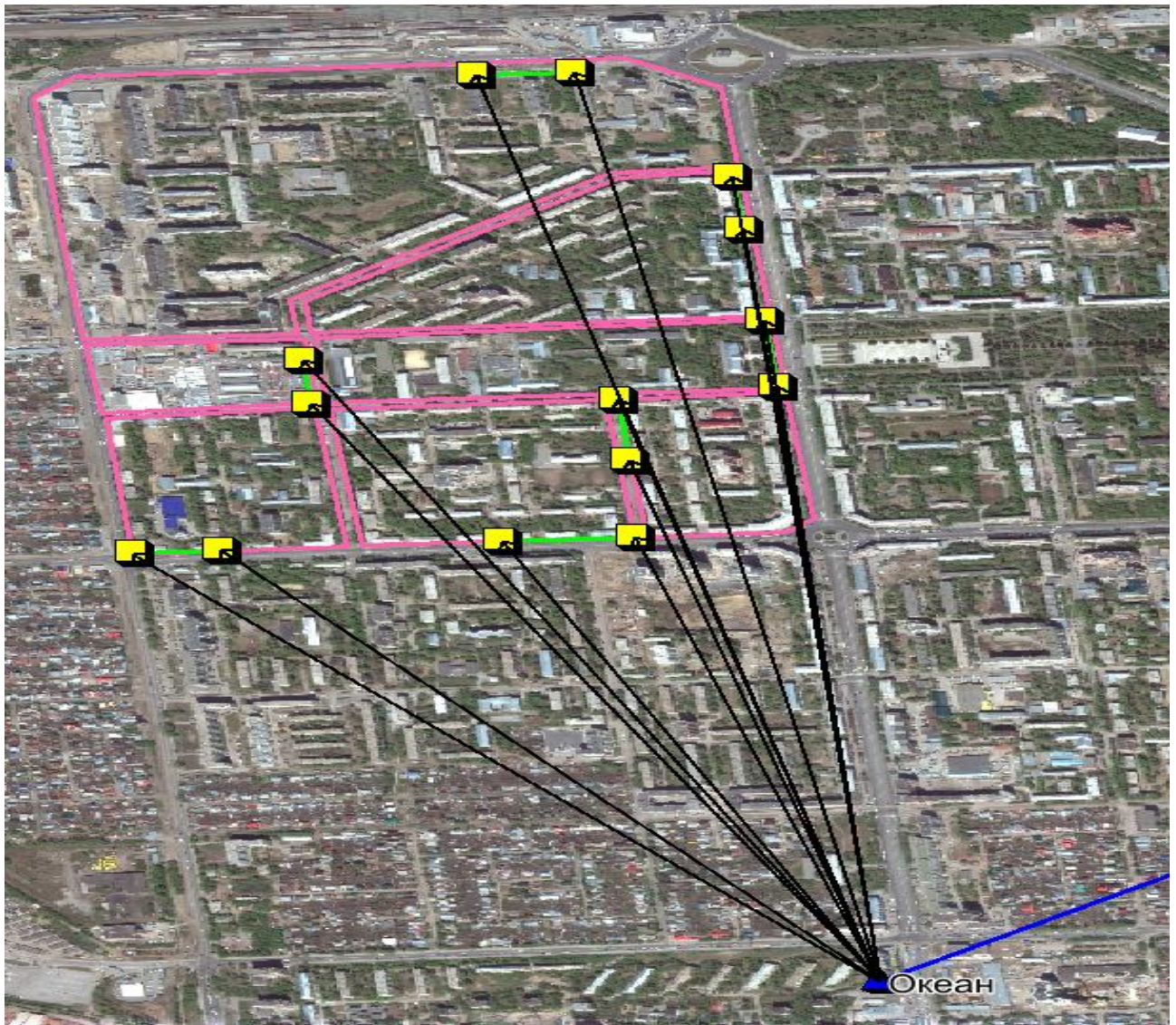
В соответствии с федеральным законом о комплексных кадастровых работах [80], все пункты опорных геодезических сетей (независимо от их класса) должны быть включены в ОМС.

Вторая ступень геодезического обоснования – межевая сеть сгущения (МСС). Назначение сети: перенос системы координат в кадастровый квартал. Ко-

личество пунктов МСС определяется конфигурацией кадастрового квартала и числом расположенных в нем объектов капитального строительства (ОКС) и земельных участков (ЗУ), но не менее двух пунктов в кадастровом квартале, которые в дальнейшем могут быть использованы для геодезического обеспечения как кадастровой, так и градостроительной деятельности.

Пункты МСС целесообразно располагать на физической поверхности земли и закреплять наземными центрами [82]. Для обеспечения контроля точности спутникового позиционирования предлагается пункты МСС располагать в пределах прямой оптической видимости. Координирование осуществляется с использованием ГНСС-технологий, а для контроля точности спутникового позиционирования целесообразно применять наземные измерительные технологии (*“модифицированный лучевой вариант”*) [55].

Пример проектирования сети МСС на несколько кварталов города Новосибирска относительно пункта ОМС “Океан” приведен на рисунке 2.2. Стоит отметить, что при проведении комплексных кадастровых работ и качественного геодезического обеспечения градостроительной деятельности все пункты геодезических сетей сгущения (ГСС), сохранившиеся в территориальном образовании, должны быть включены в МСС.



Условные обозначения:

— границы кадастрового квартала;

■ — определяемые пункты межевой сети сгущения (МСС);

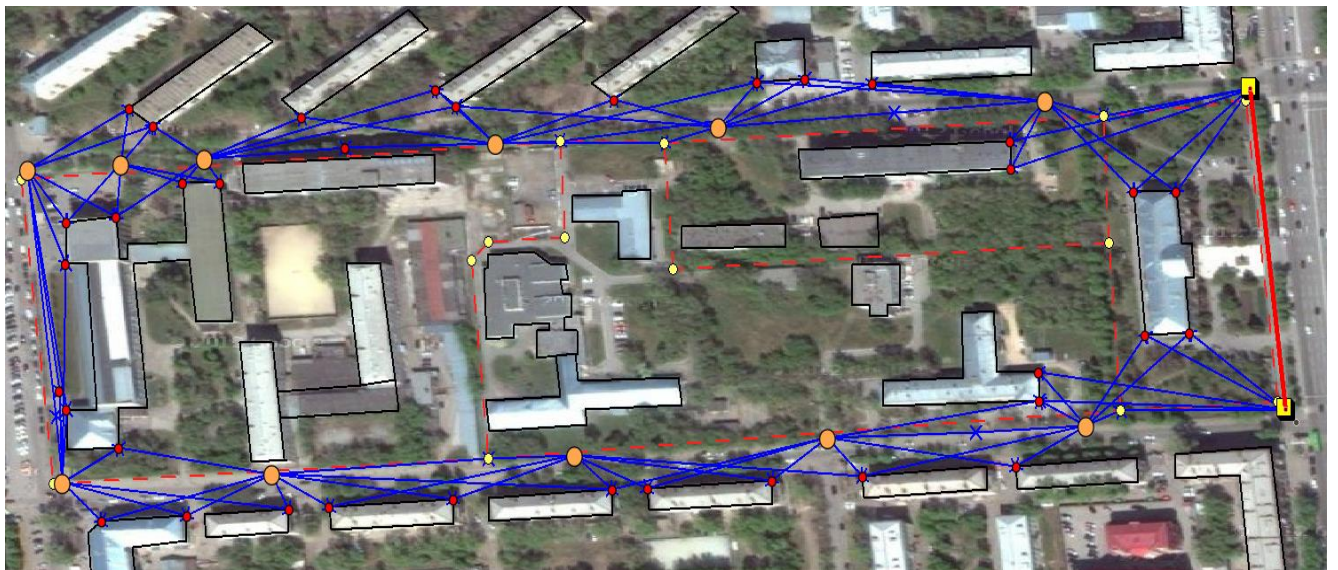
— контрольная линия между пунктами межевой сети сгущения, измеряемая с использованием наземных технологий (электронная рулетка, тахеометр);

→ — базовые вектора относительно исходного пункта ОМС.

Рисунок 2.2 – Межевая сеть сгущения на примере нескольких кадастровых кварталов города Новосибирска

Третья ступень – межевое съемочное обоснование (МСО) предназначено для координирования объектов кадастровой деятельности в пределах кадастрового квартала и выполняется методом “электронной тахеометрии” с использованием наземных измерительных технологий.

В качестве пунктов для закрепления МСО предполагается использовать углы капитальных зданий и сооружений, выходы подземных коммуникаций (постоянное геодезическое съёмочное обоснование) [1]. В таком случае система координат будет надежно зафиксирована в пределах кадастрового квартала и если, например, изменится начало системы координат ТО, то это не приведет к разрыву связи между ОКС и земельным участком. Пример проектирования МСО на кадастровый квартал города Новосибирска приведен на рисунке 2.3.



Условные обозначения:

- исходные пункты МСС;
- линия между пунктами МСС, измеряемая наземными методами, для контроля точности спутникового позиционирования;
- определяемые пункты МСО (места установки электронного тахеометра);
- измеряемые элементы хода электронной тахеометрии;
- связующие точки хода;
- промежуточные точки, являющиеся объектами для координирования;
- границы земельных участков
- объект капитального строительства.

Рисунок 2.3 – Проект межевого съёмочного обоснования на среднестатистический кадастровый квартал города Новосибирска

Основными элементами хода “электронной тахеометрии” являются: исходные пункты МСС; переходные точки установки электронного тахеометра

(расстояния между переходными точками и максимальная длина хода, должны соответствовать требованиям инструкции по построению геодезического съемочного обоснования для выполнения крупномасштабного картографирования в масштабе 1:500); связующие точки передачи координат и дирекционных углов (в качестве таких точек могут использоваться только углы капитальных зданий и сооружений, выходы подземных коммуникаций, количество связующих точек должно быть не менее четырех), промежуточные точки, являющиеся объектами кадастровой деятельности и землеустроительных мероприятий.

При соответствии хода “электронной тахеометрии” требованиям инструктивных документов [47, 78], требования для точностных характеристик измеряемых элементов должны соответствовать $m_{\beta} = 5''$, $m_L/L = 1/5000$ [1]. Если длины линий между связующими точками или суммарная длина линии хода превышает инструктивные требования, то необходимая точность наземных измерений рассчитывается по формуле (2.18).

Достоинством хода “электронной тахеометрии” является то обстоятельство, что он создается одновременно с выполнением координирования объектов кадастровой деятельности и землеустроительных мероприятий. Этим достигается высокая технологичность предлагаемого способа создания третьей ступени геодезического обоснования.

2.2 Разработка критериального алгоритма для оценки точности параметров геодезического обоснования

Действующими нормативными документами [47, 71, 84] установлено, что для земель населенных пунктов СКО определения межевого знака (характерной точки) составляет $m_{ХТ} = 10\text{см}$ относительно ближайшего пункта геодезического обоснования. Однако в документах не установлено, к каким параметрам относится данная средняя квадратическая ошибка: положению характерной точки относительно начала системы координат территориального образования или положению характерной точки относительно ближайшего пункта опорной межевой сети.

В виду того, что в современных условиях осуществления кадастровой деятельности повсеместно отмечается пересечение или наложение границ вновь образованных на ранее учтенные ЗУ в пределах кадастрового квартала, данный критерий целесообразно отнести к СКО взаимного положения наиболее удаленных характерных точек земельных участков в пределах одного кадастрового квартала (m_{3y}). Поэтому установим кадастровый квартал как основу при разработке оптимальной структуры геодезического обоснования и критериального алгоритма для оценки точности его параметров.

Стоит отметить, что предлагаемый допуск $m_{3y} = 10$ см соответствует точности картографирования городской территории в масштабе 1:500, где установлена предельная ошибка взаимного положения четких контуров

$$\Delta = 0,4 \text{ мм} \cdot M = 20 \text{ см.} \quad (2.1)$$

При переходе от предельных значений к средней квадратической ошибке параметра, получено значение

$$m = \frac{\Delta}{t} = \frac{20 \text{ см}}{2} = 10 \text{ см.} \quad (2.2)$$

где t – статистический коэффициент, принимаемый при доверительной вероятности $\beta = 0,95$, $t = 2$.

Наличие крупномасштабного топографического плана является обязательным условием для составления межевых планов по вновь образованным земельным участкам и техническим планам для объектов капитального строительства. Поэтому можно считать предлагаемый критерий правильным и научно обоснованным.

В кадастровом квартале на застроенной территории расположены объекты капитального строительства, которые в структуре геопространственной информации являются стабильными и не меняющими свое положение и земельные участ-

ки, закрепленные характерными точками, которые при определенной ситуации являются изменяемой частью геопространственной информации. Следовательно, представляется целесообразным установить для ОКС повышенные требования к точности определения координат характерных точек. Это необходимо для возможности дальнейшего использования ОКС в качестве исходной основы для восстановления на местности утраченных характерных точек земельных участков.

Для того, чтобы СКО ОКС не оказывали существенного влияния на точность восстанавливаемых характерных точек ЗУ использовано известное соотношение между точностью исходной основы и определяемого параметра в виде $K = 2$. Как показали многочисленные исследования, выполненные в этом направлении [1, 16], влияние ошибок исходных данных в этом случае составляет не более 10 %, что является весьма приемлемым значением. Для этого варианта СКО взаимного положения характерных точек ОКС внутри кадастрового квартала составит

$$m_{\text{ОКС}} = \frac{m_{\text{ЗУ}}}{t} = \frac{10 \text{ см}}{2} = 5 \text{ см.} \quad (2.3)$$

Вновь приятным законом о комплексных кадастровых работах предполагается, что *“при уточнении границ земельных участков, исправлении кадастровой ошибки, площадь земельного участка,, не должна быть уменьшена на величину более чем десять процентов от площади, сведения о которой, содержатся в ГКН”* [80]. Следовательно, представляется целесообразным для геодезического обоснования ввести еще один критериальный показатель $m_p = 0,05 \cdot P$, где P – площадь кадастрового квартала или земельного участка. Значение 0,05 получено исходя из принятого коэффициента повышения точности исходной основы $K = 2$.

Установим требования к СКО взаимного положения пунктов исходной геодезической основы, относительно которой в кадастровом квартале будут определяться координаты характерных точек ОКС

$$m_{\text{МСС}} = \frac{m_{\text{ОКС}}}{K} = \frac{5 \text{ см}}{2} = 2,5 \text{ см.} \quad (2.4)$$

Требование к СКО взаимного положения смежных пунктов исходной геодезической основы, относительно которой будут определяться координаты пунктов внутри кадастрового квартала, и которая определяет и закрепляет в территориальном образовании выбранную координатную систему, предлагается устанавливать с использованием аналогичного уравнения

$$m_{\text{ОМС}} = \frac{m_{\text{МСС}}}{K} = \frac{2,5 \text{ см}}{2} = 1,2 \text{ см.} \quad (2.5)$$

Представляется, что СКО положения пункта в наиболее слабом месте исходной ступени геодезического обоснования относительно начала системы координат ТО не должна превышать 10 см. Введение такого критерия позволит установить возможность использования пунктов ОМС, в том числе, и для задач градостроительной деятельности на застроенных территориях муниципальных образований.

Предлагаемый критериальный алгоритм для оценки точности всех ступеней геодезического обоснования: формулы (2.3) – (2.5), позволяющий установить связь между нормативно заданной точностью определения местоположения земельного участка в кадастровом квартале и СКО параметров ступеней геодезического обоснования, приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Критериальный алгоритм для оценки точности параметров геодезического обоснования

Существующие требования			Предлагаемые требования		
Структура ГО	Параметр	Значение	Структура ГО	Параметр	Значение

Координирование объектов кадастровой деятельности	СКО характерной точки ЗУ	10 см	Межевое съемочное обоснование (МСО)	СКО взаимного положения характерных точек ЗУ внутри КК ($m_{ЗУ}$)	10,0 см
	СКО характерной точки ОКС			СКО взаимного положения характерных точек ОКС внутри КК ($m_{ОКС}$)	5,0 см
				СКО определения площади КК и ЗУ (m_P)	$0,05 \cdot P$
Опорная межевая сеть ОМС	СКО взаимного положения пунктов	5 см	Межевая сеть сгущения (МСС)	СКО взаимного положения пунктов МСС внутри КК ($m_{МСС}$)	2,5 см
			Опорная межевая сеть (ОМС)	СКО взаимного положения пунктов ОМС ($m_{ОМС}$)	1,2 см
			или сеть активных базовых станций АБС	СКО наиболее слабого пункта относительно начала системы координат ГО (m_I)	10,0 см

Представляется, что органу нормативно-правового регулирования необходимо закрепить предложенный критериальный алгоритм в соответствующей нормативной документации по осуществлению кадастровой деятельности в границах территориального образования.

Стоит отметить, что предложения о существенном увеличении точности геодезического обоснования на застроенных территориях уже неоднократно имели место на страницах научно-технической литературы [3, 62, 96].

2.3 Расчет необходимой точности геодезических измерений в соответствии с предложенным критериальным алгоритмом

Представленный критериальный алгоритм (таблица 2.2) накладывает нормативные требования на СКО параметров структурных элементов геодезического

обоснования. Следовательно, для каждой ступени ГО, исходя из приведенного соответствующего допуска на параметр, следует вычислить необходимую СКО измеряемых элементов.

Для сетевого варианта при построении ОМС необходимая точность спутникового позиционирования может быть вычислена на основании алгоритмов, приведенных в работах [1]. Данные алгоритмы основаны на предвычислении необходимой точности ГНСС-измерений исходя из заданной нормативно СКО взаимного положения двух определяемых пунктов в наиболее слабом месте ОМС ($m_{\text{ОМС}} = 1,2 \text{ см}$).

Запишем известную формулу для вычисления СКО взаимного положения двух пунктов геодезической сети

$$m_{I-J} = \mu \cdot \sqrt{Q_{Xi} + Q_{Xj} + Q_{Yi} + Q_{Yj} - 2 \cdot (Q_{XiXj} + Q_{YiYj})}. \quad (2.6)$$

где μ - СКО ошибка единицы веса, которая на этапе предвычисления точности может быть принята в качестве любого положительного числа c . Пользуясь произвольностью выбора μ , примем условие

$$\mu = m_{\text{ГНСС}}. \quad (2.7)$$

На основании принятого условия (2.7) веса запроектированных ГНСС-измерений вычисляемые по формуле (2.8) будут равны единице

$$P_{\text{ГНСС}} = \frac{\mu^2}{m_{\text{ГНСС}}^2} = \frac{m_{\text{ГНСС}}^2}{m_{\text{ГНСС}}^2} = 1, \quad (2.8)$$

а формула (2.6) с учетом заданного критерия ($m_{\text{ОМС}} = 1,2$ см.) может быть представлена в следующем виде

$$\mu = m_{\text{ГНСС}} = \frac{m_{\text{ОМС}}}{\sqrt{Q_{X_i} + Q_{X_i} + Q_{X_i} + Q_{X_i} - 2(Q_{X_i X_j} + Q_{Y_i Y_j})}}, \quad (2.9)$$

где Q – соответствующие диагональные и недиагональные элементы матрицы весовых коэффициентов координат пунктов ОМС, которые вычисляются по известным правилам теории математической обработки результатов геодезических измерений и с учетом условия (2.7) будет иметь следующий вид

$$Q = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} = (A^T \cdot A). \quad (2.10)$$

Правила определения коэффициентов параметрических уравнений связи для государственных геодезических сетей наиболее целесообразно выполнять по разработанным алгоритмам и компьютерным программам Маркузе Ю. И. [65, 68, 69]. Вместе с этим, для предвычисления точности проектов ОМС, необходимых для геодезического обоснования локальных территориальных образований, на наш взгляд, допустим и алгоритм, рассмотренный в работе [4]. В этом алгоритме предлагается базовый вектор спутниковых определений приращений координат представить в виде дирекционных углов и длин линий, для которых параметрические уравнения связи в индексном виде будут записаны в следующем виде

$$\begin{aligned} V_{L_{I-J}} &= -\cos \alpha_{I-J} \Delta X_I - \sin \alpha_{I-J} \Delta Y_I + \cos \alpha_{I-J} \Delta X_J + \sin \alpha_{I-J} \Delta Y_J; \\ V\alpha_{I-J} &= a_{IJ} \Delta X_I + b_{IJ} \Delta Y_I - a_{IJ} \Delta X_J - b_{IJ} \Delta Y_J. \end{aligned} \quad (2.11)$$

где V_L , $V\alpha$ – поправки в вычисленные дирекционные углы и длины линий, которые на этапе оценки точности проекта остаются неизвестными и которые обозначают строки матрицы параметрических уравнений связи A ;

i, j – индексы параметрического уравнения связи, соответствующие номерам исходных и определяемых пунктов, образующих запроектированный базовый вектор;

$\Delta X_I, \Delta Y_I$ – поправки к приближенным значениям координат определяемых пунктов (на этапе оценки точности проекта они остаются неизвестными и обозначают соответствующие столбцы матрицы параметрических уравнений A);

a_{I-J}, b_{I-J} – коэффициенты параметрического уравнения связи, вычисляемые по следующим формулам

$$a_{IJ} = \rho \cdot \frac{\sin \alpha_{I-J}}{L_{I-J}}, \quad b_{IJ} = -\rho \cdot \frac{\cos \alpha_{I-J}}{L_{I-J}}. \quad (2.12)$$

Следовательно, вычисленное значение $m_{\text{ГНСС}}$ определит точностные характеристики спутникового оборудования для построения ОМС (характеристики спутникового оборудования приведены в 1.4).

На основании предвычисленного значения $m_{\text{ГНСС}}$ допустимая координатная невязка в замкнутой геометрической фигуре сетевого варианта ОМС, создаваемой с использованием спутниковой технологии, вычислится по следующей формуле

$$W_{\text{доп}} = t \cdot m_{\text{ГНСС}} \cdot \sqrt{n} = 2 \cdot m_{\text{ГНСС}} \cdot \sqrt{n}, \quad (2.13)$$

где n – число базовых векторов, образующих замкнутую геометрическую фигуру;

t – статистический коэффициент перехода от СКО параметров к их предельным значениям (*при доверительной вероятности* $\beta = 0,95$, $t = 2$).

Если при построении ОМС предполагается использовать традиционные наземные измерительные технологии (при отсутствии в структурном подразделении дорогостоящих спутниковых приемников), то требования к инструментальной точности измерений и точности параметров приведены в монографии [1] и должны соответствовать второму классу опорных геодезических сетей (ОГС) [46].

В предлагаемой структуре геодезического обоснования при построении МСС присутствуют как спутниковые, так и традиционные наземные измеритель-

ные технологии. Следовательно, при вычислении весов запроектированных измерений если принять за основу условие (2.7), то вес запроектированного линейного измерений вычислится из следующего уравнения

$$P_L = \frac{\mu^2}{m_L^2} = \frac{m_{\text{ГНСС}}^2}{m_L^2} = K, \quad (2.14)$$

где m_L – СКО наземного линейного измерительного средства;

K – коэффициент отношения точности ГНСС-измерений к точности наземного измерительного средства.

Изменяя величину коэффициента K , возможно получить вариант, при котором наземным измерительным средством станет возможно контролировать точность спутникового позиционирования. Например, при $K = 2$, точность наземных измерений станет пренебрегаемо малой величиной по сравнению с точностью спутникового позиционирования.

При принятии условия (2.14) необходимая точность как спутниковых, так и наземных измерительных средств при построении МСС вычисляется по следующей формуле

$$\mu = m_{\text{ГНСС}} = \frac{m_{\text{МСС}}}{\sqrt{Q_{X_i} + Q_{X_j} + Q_{Y_i} + Q_{Y_j} - 2(Q_{X_i X_j} + Q_{Y_i Y_j})}}, \quad (2.15)$$

$$m_L = \frac{m_{\text{ГНСС}}}{\sqrt{K}}.$$

При расчете точности измерений, исходя из условия (2.14), контролем точности спутникового позиционирования будет являться выполнение уравнения (2.15)

$$L_{\text{изм}} - S_{\text{выч}} = L_{\text{изм}} - \sqrt{(X_I^{\text{ГНСС}} - X_J^{\text{ГНСС}})^2 + (Y_I^{\text{ГНСС}} - Y_J^{\text{ГНСС}})^2} \leq \Delta = t \cdot m_{\text{МСС}} = 5 \text{ см.} \quad (2.16)$$

Вместе с этим, следует отметить, что вычисленное расхождение будет обусловлено не только точностью спутникового позиционирования, но и отклонением математической поверхности, принятой при математической обработке результатов ГНСС-измерений, и физической поверхности земли, где выполняются контрольные наземные измерения.

При построении межевого съемочного обоснования используется только наземное геодезическое измерительное оборудование (*электронный тахеометр*). Расчет необходимой точности в этом случае может быть выполнен по алгоритму, предложенному в [1]. Основа этого алгоритма заключается в использовании уравнения (2.6) со следующим условием для вычисления весов измеренных элементов (*углов и длин линий*)

$$\mu = m_{\beta}. \quad P_{\beta} = \frac{\mu^2}{m_{\beta}^2} = \frac{m_{\beta}^2}{m_{\beta}^2} = 1. \quad P_L = \frac{\mu^2}{m_L^2} = \frac{m_{\beta}^2}{m_L^2} = K. \quad (2.17)$$

При построении межевого съемочного обоснования в предложенном критериальном алгоритме установлены допуски на три параметра. Необходимая точность по первым двум параметрам вычисляется по известной формуле (2.15) со своими нормативными данными на соответствующие параметры, а для установления норматива на точность определения площади кадастрового квартала напишем следующее известное [1] уравнение (2.18)

$$m_P^2 = \frac{\mu^2}{4} \{ \sum_1^n (Y_{I+1} - Y_{I-1})^2 Q_{Xi} + \sum_1^n X_I^2 (Q_{YI+1} + Q_{YI-1} - 2Q_{YI+1}Y_{I-1})^2 \}. \quad (2.18)$$

Заменяя m_p – через установленный критериальный норматив (таблица 2.2) и выражая значение СКО единицы веса через принятое условие (2.15) получаем следующее уравнение

$$\mu = m_\beta = m_L \sqrt{K} = \frac{2 \cdot 0,05 \cdot P}{\sqrt{\{\sum_1^n (Y_{I+1} - Y_{I-1})^2 Q_{Xi} + \sum_1^n X_I^2 (Q_{YI+1} + Q_{YI+1} - 2Q_{YI+1} y_{i-1})^2\}}}. \quad (2.19)$$

Следовательно, необходимая точность угловых и линейных измерений в ходе электронной тахеометрии будет вычисляться из совокупности трех уравнений

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{m_{3Y}}{\sqrt{Q_{Xi} + Q_{Xi} + Q_{Xi} + Q_{Xi} - 2(Q_{XiXj} + Q_{YiYj})}}, \\ \mu &= \frac{m_{OKC}}{\sqrt{Q_{Xi} + Q_{Xi} + Q_{Xi} + Q_{Xi} - 2(Q_{XiXj} + Q_{YiYj})}}, \\ \mu &= \frac{2 \cdot 0,05 \cdot P}{\sqrt{\{\sum_1^n (Y_{I+1} - Y_{I-1})^2 Q_{Xi} + \sum_1^n X_I^2 (Q_{YI+1} + Q_{YI+1} - 2Q_{YI+1} y_{i-1})^2\}}}. \end{aligned} \quad (2.20)$$

За окончательные величины m_β и m_L следует принимать наиболее точные вычисленные значения. В том случае, когда величины параметров хода электронной тахеометрии не превосходят значения, установленные для стандартного теодолитного хода для обоснования топографической съемки масштаба 1:500 предрасчет точности по уравнениям (2.20) можно не выполнять, ограничиваясь следующими точностными требованиями к наземному измерительному средству $m_\beta = 5''$ и $m_L/L = 1/5000$.

2.4 Технологические решения по восстановлению утраченных характерных точек земельных участков при их уничтожении или несанкционированном нарушении границ

При реализации предлагаемой структуры геодезического обоснования основным носителем координатной системы в кадастровом квартале являются углы капитальных зданий и сооружений, выходы подземных коммуникаций. При этом точность положения на местности ОКС является достаточной для их использования в качестве исходной основы при восстановлении на местности характерных точек, закрепляющих границы земельных участков.

Расположение характерных точек ЗУ в такой информационной модели территориального образования предполагает следующие варианты:

- плотная застройка территориального образования при расположении характерных точек ЗУ вблизи ОКС (*длины линий не превышают длину 50-метровой рулетки*);
- разреженная застройка со значительными длинами линий от ОКС до характерных точек, закрепляющих на местности границы земельных участков;
- наличие сети активных базовых станций и возможность использования кадастровым инженером ГНСС-технологий.

Очевидно, что для разных вариантов при восстановлении характерных точек ЗУ необходимо использовать различные технологические решения.

Для первого варианта наиболее простым и приемлемым способом восстановления характерных точек земельных участков является способ линейной засечки [1, 73], приведенный на рисунке 2.4 и не требующий высокой квалификации исполнителя или кадастрового инженера. Отметим, что в качестве исполнителя в данном технологическом подходе может выступать правообладатель земельного участка.

Отметим, что для упрощения технологии восстановления на этапе координирования желательно определять привязки характерных точек ЗУ к объектам капитального строительства (L_1, L_2, L_3, L_4).



Условные обозначения:

- - - – границы земельных участков;
- – разбивочные элементы линейной засечки;
- - - – измеренные линейные элементы для контроля точности координирования ОКС;
- – характерные точки (межевые знаки), закрепляющие на местности границы ЗУ;
- объект капитального строительства.

Рисунок 2.4 – Использование линейной засечки при восстановлении межевых знаков

Отметим важный правовой момент предлагаемого технологического решения: линейные промеры для восстановления характерной точки должны также выполняться и от ОКС, принадлежащего смежному правообладателю.

СКО восстанавливаемой характерной точки ЗУ должна соответствовать установленному в таблице 2.2 критериальному значению $m_B = 10$ см. Однако, учитывая, что данный критерий установлен для взаимного положения двух характерных точек, принимая гипотезу о равенстве между собой и пренебрегаемом влиянии корреляции, имеем

$$m_B = \frac{m}{\sqrt{2}} = \frac{10 \text{ см}}{1,41} = 7,1 \text{ см.} \quad (2.21)$$

Она складывается из точности положения на местности ОКС $m_{\text{ОКС}} = 5$ см и СКО измерений $m_{\text{ИЗМ}}$ при восстановлении. Следовательно

$$m_B^2 = m_{\text{ОКС}}^2 + m_{\text{ИЗМ}}^2 \quad \text{или} \quad m_{\text{ИЗМ}} = \sqrt{m_B^2 - m_{\text{ОКС}}^2} = \sqrt{7,1^2 - 5^2} = 5,0 \text{ см.} \quad (2.22)$$

Напишем известную формулу для оценки точности положения характерной точки из линейной засечки

$$m_{\text{ИЗМ}} = \frac{1}{\sin \gamma} m_L \cdot \sqrt{2}, \quad m_L = \frac{m_{\text{ИЗМ}} \cdot \sin \gamma}{\sqrt{2}} = \frac{5,0 \cdot 0,707}{\sqrt{2}} = 2,5 \text{ см,} \quad (2.23)$$

где γ – угол засечки (для приближенных расчетов примем $\gamma=45^\circ$);

m_L – необходимая точность отложения длин линий при восстановлении характерной точки способом линейной засечки.

Полученное значение в формуле (2.23) показывает, что необходимая точность отложения длин линий в этом технологическом решении достаточно низкая и может быть обеспечена самим правообладателем, не имеющим высокой квалификации в области геодезических работ (из технологического оборудования в данном способе предполагается наличие только металлической рулетки).

Такая точность отложения разбивочных элементов при восстановлении межевых знаков свободно достигается применением стальной компарированной рулеткой.

Контролем точности данного технологического решения является измерение контрольного расстояния между восстановленной и сохранившимися характерными точками земельных участков $L_{\text{ИЗМ}}$ и сравнении его со значением длины линии, приведенным в государственном кадастре недвижимости $L_{\text{ГКН}}$. СКО восстановленной характерной точки будет соответствовать предложенному критерию.

альному алгоритму, если выполнится следующее уравнение, определенное нормативными документами [47, 78]

$$L_{\text{ИЗМ}} - L_{\text{ГКН}} = \Delta S \leq 20 \text{ см.} \quad (2.24)$$

Точность измерительного средства при таком способе контроля должна быть не грубее

$$m_L = \frac{m_B}{t} = \frac{7,1 \text{ см}}{2} = 3,6 \text{ см.} \quad (2.25)$$

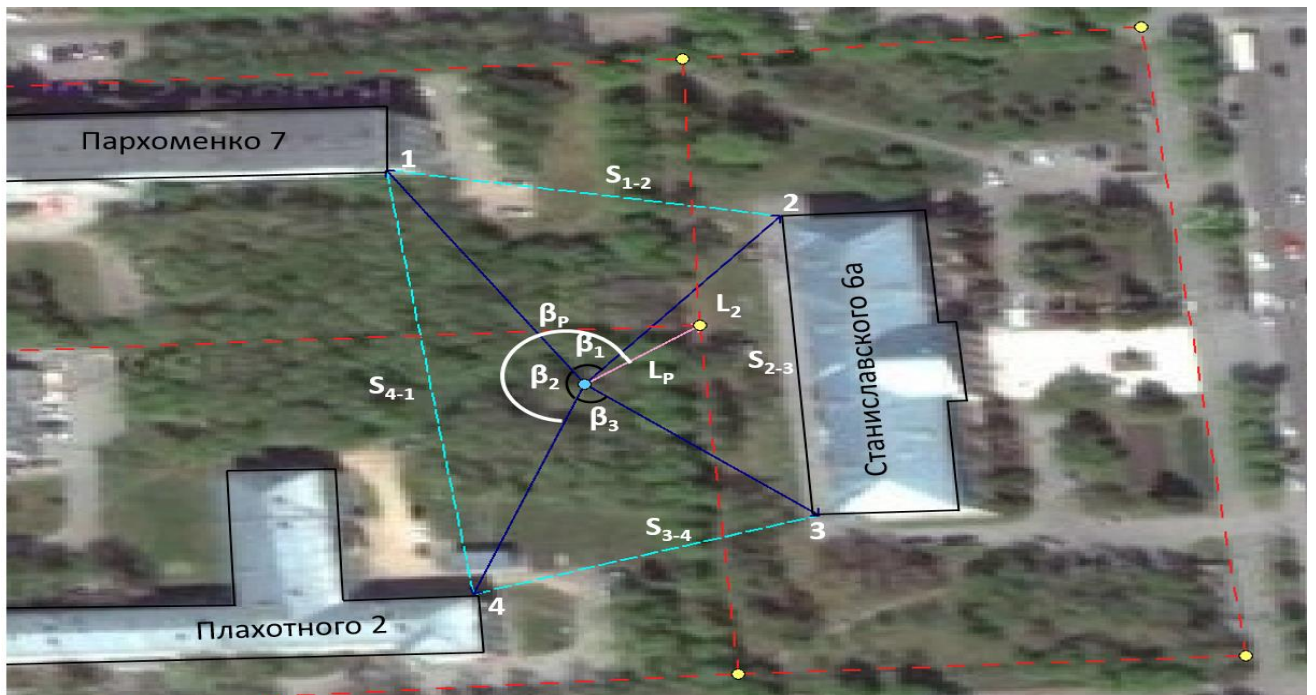
Отметим важный момент предлагаемой методики восстановления характерных точек – объекты капитального строительства должны быть закоординированы с требуемой точностью, определенной критериальным алгоритмом (таблица 2.2). Для проверки данного условия целесообразно воспользоваться аналогичной методикой при условии, что контрольные длины линий (S_{1-2} , S_{3-2} , S_{3-4} , S_{1-4}) измеряются между углами ОКС (рисунок 2.5).

Уравнение, позволяющее проверить критериальное значение ($m_{L-J} = 5 \text{ см}$) для ОКС, запишется следующим образом

$$\Delta = S_{\text{ИЗМ}} - S_{\text{ВЫЧ}} = S_{\text{ИЗМ}} - \sqrt{(X_{\text{ОКС1}} - X_{\text{ОКС2}})^2 + (Y_{\text{ОКС1}} - Y_{\text{ОКС2}})^2} \leq 5 \text{ см.} \quad (2.26)$$

При невыполнении условия (2.26) использовать линейную засечку для восстановления характерных точек недопустимо.

В условиях разреженной застройки, когда разбивочные длины линий в линейной засечке превышают длину мерного прибора для восстановления на местности характерных точек целесообразно использовать обратную угловую засечку, приведенную на рисунке 2.5.



Условные знаки:

- – границы земельных участков;
- – измеряемые элементы (углы на характерные точки ОКС) обратной угловой засечки;
- – разбивочные элементы (угол и длина линии) для восстановления характерной точки земельного участка относительно временной точки установки электронного тахеометра;
- – измеренные линейные элементы для контроля точности координирования ОКС;
- – место установки электронного тахеометра для проведения измерений по определению координат временной точки;
- – характерная точка (межевой знак);
- объект капитального строительства.

Рисунок 2.5 – Использование обратной угловой засечки при восстановлении характерной точки

Обратная угловая засечка предусматривает произвольную установку электронного тахеометра на временную точку стояния и определения координат этой точки в результате измерения углов на характерные точки ОКС. Дальнейшее восстановление характерной точки, относительно временной точки установки тахеометра, выполняется с использованием способа редуцирования, при котором в результате решения обратной геодезической задачи вычисляются разбивочные эле-

менты β_P, L_P . Отложение вычисленных разбивочных элементов осуществляется электронным тахеометром способом полярных координат [1].

Расчет необходимой точности отложения разбивочных элементов β_P, L_P , заключается в использовании следующего уравнения, позволяющего вычислить точность определения координат характерной точки при использовании способа полярных координат

$$m^2 = m_L^2 + L^2 \cdot \frac{m_\beta^2}{\rho^2}. \quad (2.27)$$

Используя принцип равного влияния, и подставляя вместо m установленное критериальное значение с учетом точности положения на местности ОКС по формуле (2.8), получим

$$m_L = \frac{m_{ИЗМ}}{\sqrt{2}} = \frac{5\text{ см}}{\sqrt{2}} = 3,5 \text{ см}, \quad L \frac{m_\beta}{\rho} = \frac{m_{ИЗМ}}{\sqrt{2}}, \quad m_\beta = \frac{\rho \cdot m_{ИЗМ}}{\sqrt{2} \cdot L}, \quad (2.28)$$

где L – длина разбивочного элемента в сантиметрах.

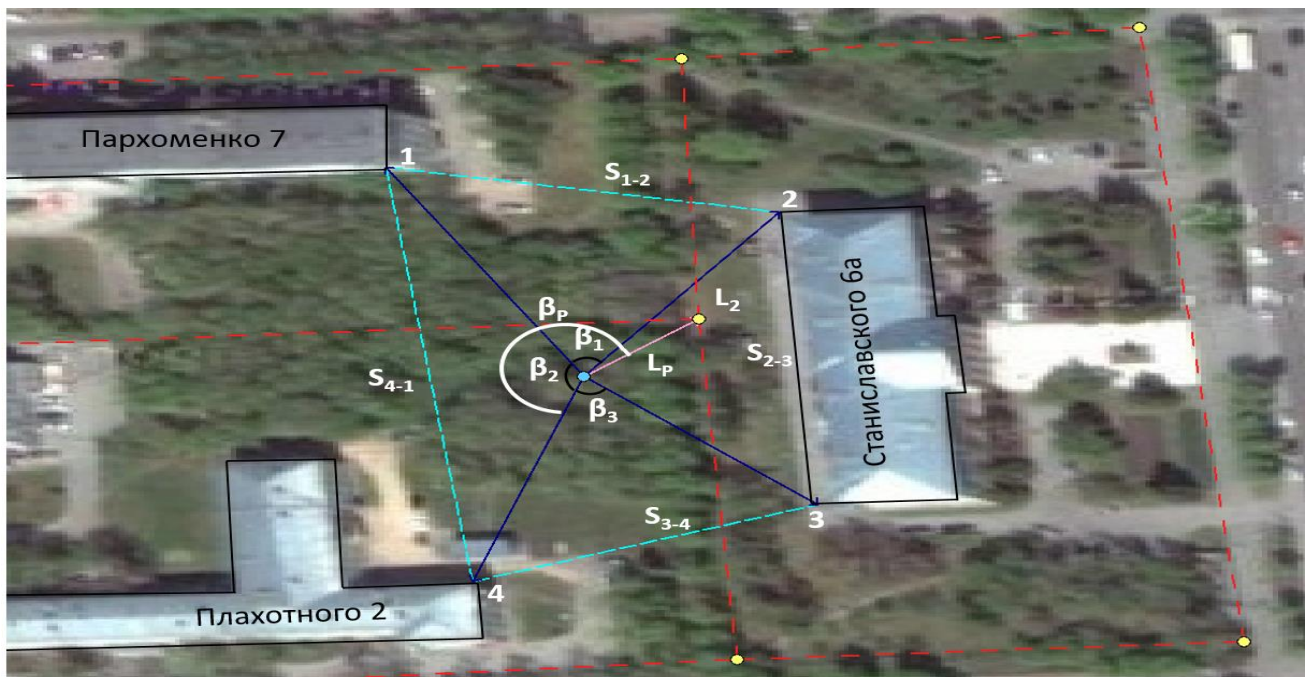
Как и в предыдущем технологическом решении, контролем соответствия точности восстановленной характерной точки на местности, соответствующему критериальному значению, является выполнение условий (2.24) и (2.26).

Кроме этого эффективным контролем точности восстановления характерной точки является установка электронного тахеометра в полученное проектное положение и повторное определение координат характерной точки ($X_{ИЗМ}, Y_{ИЗМ}$). Точность восстановления на основании уравнения (2.21) будет соответствовать критериальному алгоритму при выполнении следующего условия

$$\Delta = \sqrt{(X_A^{ИЗМ} - X_A^{ГКН})^2 + (Y_A^{ИЗМ} - Y_A^{ГКН})^2} \leq 7,1 \text{ см}. \quad (2.29)$$

Существенным недостатком обратной угловой засечки является значительное снижение точности определения координат временной точки при ее расположении вблизи “опасного круга” (окружность, проведенная через исходные пункты). При расположении временной точки на “опасном круге” определение координат временной точки становится невозможным.

Следовательно, при использовании в качестве измерительного средства электронного тахеометра наиболее предпочтительным вариантом является линейно-угловая засечка, принципиальная схема которой показана на рисунке 2.6. и в которой положение временной точки относительно опасного круга не существенно сказывается на точности определения координат.



Условные знаки:

- - - – границы земельных участков;
- – измеряемые элементы (углы и длины линий на характерные точки ОКС) линейно-угловой засечки;
- – разбивочные элементы (угол и длина линии) для восстановления характерной точки ЗУ;
- - - – измеренные линейные элементы для контроля точности координирования ОКС;

Рисунок 2.6 – Использование линейно – угловой засечки при восстановлении характерной точки

Контролем точности спутникового позиционирования является выполнение следующего статистического условия (*предельное расхождение между измеренной длиной линии $L_{A'A''}$ и ее значением, вычисленным по координатам пунктов, полученных из ГНСС-наблюдений*)

$$\Delta = L_{\text{ИЗМ}} - L_{\text{ВЫЧ}} = L_{\text{ИЗМ}} - \sqrt{(X_{A''}^{\text{ГНСС}} - X_{A'}^{\text{ГНСС}})^2 + (Y_{A''}^{\text{ГНСС}} - Y_{A'}^{\text{ГНСС}})^2} \leq \frac{t \cdot m_{\text{ОКС}}}{K} = 5 \text{ см. (2.30)}$$

Необходимая точность восстановления характерной точки № 1, по аналогии, как и в способе обратной засечки, вычисляется с использованием уравнения (2.28).

Отметим, что данное технологическое решение позволяет не только восстановить границы земельного участка, но и уточнить координирование характерных точек ОКС, что в дальнейшем позволит использовать их в качестве надежной координатной основы для восстановления характерных точек ЗУ с использованием более простых технологических решений.

2.5 Состав методики по проектированию геодезического обоснования для координатного обеспечения кадастровой деятельности в территориальном образовании

В результате информационно-аналитического анализа проблемы создания геодезического обоснования для координатного обеспечения кадастровой деятельности в территориальном образовании приведем общий состав разрабатываемой методики, который изображен на следующем рисунке 2.8.



Рисунок 2.8 – Состав методики координатного обеспечения кадастровой деятельности в территориальном образовании

В результате проведённых исследований методики координатного обеспечения кадастровой и землеустроительной деятельности в территориальном образовании можно сделать следующие выводы:

- предложенная трехступенчатая структура геодезического обоснования для координатного обеспечения кадастровой деятельности снижает влияние ошибок исходных данных, что позволяет существенно повысить точность ступеней ГО и получать кадастровым инженером достоверные результаты при оценке точности параметров ЗУ и ОКС;

- функциональное назначение каждой ступени ГО позволяет с наивысшей эффективностью сохранить и использовать координатную систему при осуществлении кадастровой деятельности и проведении комплексных кадастровых работ;

- одновременное координирование характерных точек земельных участков и углов ОКС при создании МСО позволяет создать единое геопространство в пределах кадастрового квартала, что особенно важно при проведении комплексных кадастровых работ;

– использование углов капитальных зданий и сооружений в качестве исходных пунктов, позволяет кадастровому инженеру и правообладателю с высокой эффективностью восстанавливать утраченные характерные точки границ земельных участков без наличия дорогого технологического оборудования и при изменении системы координат в территориальном образовании;

– положенная в основу разработанного критериального алгоритма ошибка взаимного положения характерных точек, закрепляющих на местности границы земельных участков и объектов капитального строительства в пределах кадастрового квартала, позволяет оценивать запроектированное и построенное на местности геодезическое обоснование с учетом цели и задач осуществления кадастровой деятельности, в том числе комплексных кадастровых работ.

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ КООРДИНАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА

3.1 Алгоритм для оценки точности параметров геодезического обоснования

При исследовании предложенного критериального алгоритма и запроектированного на его основе геодезического обоснования применялся способ математического моделирования, основанный на методе наименьших квадратов, который детально изложен в следующих работах ведущих российских ученых [15, 29, 30, 31, 65, 66, 67, 69].

В этом методе, при условии нормального распределения случайных ошибок геодезических измерений, t -мерный вектор координат определяемых пунктов геодезической сети $\{x_i, y_i\}$ оценивается с использованием корреляционной матрицы [65, 66, 67, 68, 69]

$$K_{x,y} = \mu^2 \cdot (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} = \mu^2 \cdot Q, \quad (3.1)$$

где μ - средняя квадратическая ошибка (СКО) единицы веса, которая на этапе оценки точности проекта (для *угловых и линейно-угловых сетей*) принимается равной нормативно определенной средней квадратической ошибке измеренных углов m_β

$$\mu = m_\beta. \quad (3.2)$$

Если запроектировано геодезическое построение, в котором измерены только длины линий (*трилатерация*), то условие для определения μ будет выглядеть следующим образом

$$\mu = m_L, \quad (3.3)$$

где m_L – СКО запроектированных для измерения длин линий.

При проектировании ГНСС – построения условие для μ целесообразно записать в виде

$$\mu = m_{\text{ГНСС}}, \quad (3.4)$$

где $m_{\text{ГНСС}}$ – инструментальная точность спутниковых приемников.

При реализации проекта геодезической сети и получении n – мерного вектора измерений $\{Y_i\}$ СКО единицы веса вычисляется по следующей формуле

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum(P \cdot V \cdot V)^2}{r}}, \quad (3.5)$$

где V – вектор поправок из уравнивания в выполненные измерения;

P – вектор, характеризующий точность выполненных измерений $\{Y_i\}$;

r – число избыточных измерений, вычисляемое как $r = n - t$.

Критерием адекватности выполненной оценки точности проекта реальным измерениям на местности является попадание вычисленного значения СКО единицы веса в доверительный интервал, который в предположении нормального распределения случайных ошибок геодезических измерений и доверительной вероятности β строится по следующей формуле

$$\mu \cdot \gamma_1 < \mu < \mu \cdot \gamma_2, \quad \gamma_1 = \sqrt{\frac{(r-1)}{\chi_1^2}}, \quad \gamma_2 = \sqrt{\frac{(r-1)}{\chi_2^2}}, \quad (3.6)$$

где γ_1, γ_2 – статистические коэффициенты, выбираемые из таблиц распределения χ^2 [65, 66, 67, 68, 69].

В исходном уравнении (3.1) матрица параметрических уравнений связи A , в зависимости от вида запроектированных измерений.

Для углов:

$$V_{\beta_{K'}} = (a_{KJ} - a_{KI})\Delta X_K + (b_{KJ} - b_{KI})\Delta Y_K + a_{JK}\Delta X_J + b_{JK}\Delta Y_J - a_{IK}\Delta X_I - b_{IK}\Delta Y_I, \quad (3.7)$$

где $V_{\beta_{K'}}$ – поправки в измеренные значения углов, которые на этапе оценки точности проекта остаются неизвестными и которые обозначают строки матрицы параметрических уравнений поправок A ;

K' – порядковый номер запроектированного угла в сети;

K, I, J – индексы параметрического уравнения, соответствующие номерам исходных и определяемых пунктов, образующих запроектированный угол;

$\Delta X_I, \Delta Y_I$ – поправки к приближенным значениям координат определяемых пунктов (на этапе оценки точности проекта они остаются неизвестными и обозначают соответствующие столбцы матрицы параметрических уравнений A);

a_{KJ}, b_{KJ} – коэффициенты параметрического уравнения поправок, вычисляемые по следующим формулам

$$a_{JK} = \rho \frac{\sin \alpha_{KJ}}{S_{KJ}}; \quad b_{JK} = -\rho \frac{\cos \alpha_{KJ}}{S_{KJ}}, \quad (3.8)$$

где α_{JK}, S_{KJ} – соответственно дирекционный угол и длина линии.

Для длин линий:

$$V_{L_{I-J}} = -\cos \alpha_{I-J}\Delta X_I - \sin \alpha_{I-J}\Delta Y_I + \cos \alpha_{I-J}\Delta X_J + \sin \alpha_{I-J}\Delta Y_J. \quad (3.9)$$

Для ГНСС – технологий в соответствии с работой [4] при представлении базового вектора приращения координат в виде дирекционного угла и длины линии параметрические уравнения связи будут иметь вид

$$\begin{aligned} V_{L_{I-J}} &= -\cos \alpha_{I-J} \Delta X_I - \sin \alpha_{I-J} \Delta Y_I + \cos \alpha_{I-J} \Delta X_J + \sin \alpha_{I-J} \Delta Y_J; \\ Va_{I-J} &= \alpha_{IJ} \Delta X_I + b_{IJ} \Delta Y_I - \alpha_{IJ} \Delta X_J - b_{IJ} \Delta Y_J. \end{aligned} \quad (3.10)$$

В исходном уравнении (3.1) P – матрица весов запроектированных измерений.

При принятии условия (3.2) веса запроектированных угловых, линейных и ГНСС-измерений вычисляются по следующим формулам

$$P_\beta = \frac{\mu^2}{m_\beta^2} = \frac{m_\beta^2}{m_\beta^2} = 1, \quad P_L = \frac{\mu^2}{m_L^2} = \frac{m_\beta^2}{m_L^2}, \quad P_{\text{ГНСС}} = \frac{\mu^2}{m_{\text{ГНСС}}^2} = \frac{m_\beta^2}{m_{\text{ГНСС}}^2}. \quad (3.11)$$

Если запроектировано только ГНСС – построение, то при условии произвольности выбора μ веса соответствующих определений вычисляются по формуле

$$P_{\text{ГНСС}} = \frac{\mu^2}{m_{\text{ГНСС}}^2} = \frac{m_{\text{ГНСС}}^2}{m_{\text{ГНСС}}^2} = 1. \quad (3.12)$$

Вычисление корреляционной матрицы (3.1) наиболее целесообразно выполнять с использованием рекуррентного алгоритма, предложенного известным российским ученым Маркузе Ю. И. [65, 66, 67, 68, 69] и заключающегося в пошаговом учете каждого запроектированного измерения.

$$Q_I = Q_{I-1} - \frac{Q_{I-1} \cdot a_I \cdot a_I^T \cdot Q_{I-1}}{\frac{1}{P_I} + a_I \cdot Q_{I-1} \cdot a_I^T}, \quad (3.13)$$

где I – текущий номер запроектированного измерения;

a_I – параметрическое уравнение связи соответствующего запроектированного измерения, вычисляемое по уравнениям (3.7), (3.9), (3.10);

P_I – вес измерения, вычисляемый в зависимости от его типа, по уравнениям (3.11) или (3.12).

В качестве начальной, с которой начинается процесс итераций, используется матрица следующего типа

$$Q_0 = \begin{Bmatrix} 10^m & 0 & \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ & 10^m & & & & \\ & & \cdot & & & \\ & & & \cdot & & \\ & & & & 10^m & \\ & & & & & 10^m \end{Bmatrix}, \quad (3.14)$$

где m – показатель степени диагонального элемента матрицы Q_0 равный $m = 8$, (как показали исследования [65, 66, 67, 68, 69], для получения качественных результатов диапазон изменения m должен составлять $6 < m < 10$).

Использование алгоритма (3.13), (3.14) позволяет получить устойчивое решение системы линейных уравнений и найти оптимальное решение по числу избыточных измерений в запроектированном геодезическом построении.

Вычисленная корреляционная матрица вектора X позволяет вычислить средние квадратические ошибки всех параметров геодезического построения:

СКО положения пункта относительно ближайшего исходного пункта

$$\begin{aligned} m_i &= \sqrt{m_{X_i}^2 + m_{Y_i}^2}, \\ m_{X_i} &= \mu \cdot \sqrt{Q_{X_i}}, \quad m_{Y_i} = \mu \cdot \sqrt{Q_{Y_i}}, \\ m_i &= \mu \cdot \sqrt{Q_{X_i} + Q_{Y_i}}. \end{aligned} \quad (3.15)$$

СКО взаимного положения смежных пунктов

$$m_{I-J} = \sqrt{m_{X_{I-J}}^2 + m_{Y_{I-J}}^2} = \mu \sqrt{Q_{X_I} + Q_{X_J} + Q_{Y_I} + Q_{Y_J} - 2(Q_{X_I X_J} + Q_{Y_I Y_J})}. \quad (3.16)$$

СКО определения функций от координат определяемых пунктов (дирекционных углов и длин линий)

$$m_{F_{i-j}} = \mu \cdot \sqrt{\frac{1}{P_{F_{i-j}}}} = \mu \cdot \sqrt{\frac{1}{\left\| \begin{array}{c} Q_{X_i} Q_{X_i Y_i} Q_{X_i X_j} Q_{X_i Y_j} \\ Q_{Y_i} Q_{Y_i X_j} Q_{Y_i Y_j} \\ Q_{X_j} Q_{X_j Y_j} \\ Q_{Y_j} \end{array} \right\| \cdot \left\| \begin{array}{c} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \end{array} \right\|}}. \quad (3.17)$$

В формуле (3.17) для дирекционных углов значения частных производных будут вычисляться по формулам

$$f_1 = \rho \frac{\sin \alpha_{I-J}}{S_{I-J}}; \quad f_2 = -\rho \frac{\cos \alpha_{I-J}}{S_{I-J}}; \quad f_3 = -f_1; \quad f_4 = -f_2. \quad (3.18)$$

Для длины линии

$$f_1 = -\cos \alpha_{i-j}; \quad f_2 = -\sin \alpha_{i-j}; \quad f_3 = -f_1; \quad f_4 = -f_2. \quad (3.19)$$

СКО определения площади структурной единицы территориального образования, ограниченной пунктами геодезического построения, вычисляется по формуле

$$m_P^2 = \frac{\mu^2}{4} \left\{ \sum_1^n (Y_{I+1} - Y_{I-1})^2 Q_{X_I} + \sum_1^n X_I^2 (Q_{Y_{I+1}} + Q_{Y_{I-1}} - 2Q_{Y_{I+1}Y_{I-1}}) \right\}. \quad (3.20)$$

При построении геодезического обоснования для обеспечения кадастровой деятельности в территориальном образовании имеет место многоступенчатая структура, состоящая из опорной межевой сети, межевой сети сгущения и межевого съемочного обоснования. В такой ситуации, при привязке младшей ступени к исходной основе возникает проблема учета ошибок исходных данных, которые в ряде случаев имеет очень существенное значение [5].

Решению этого вопроса посвящены работы выдающихся российских ученых Коугия В. А., Маркузе Ю. И. и многих других [61, 65, 66, 67, 68, 69]. В этих работах приводятся алгоритмы, позволяющие оценить влияние ошибок исходных данных на корреляционную матрицу параметров спутниковой сети.

По нашему мнению, одним из оптимальных алгоритмов, позволяющих вычислить корреляционную матрицу параметров с учетом ошибок исходных данных, является вычислительная схема, предложенная в работах Коугия В. А. [61]:

$$K_{x, y_{\text{ИД}}} = \mu_{\text{ИД}}^2 \cdot \left\{ A^T \cdot \left(P + \frac{\mu_{\text{ИД}}^2}{\mu^2} \cdot B \cdot Q_{x, y_{\text{ИД}}} \cdot B^T \right) \cdot A \right\}^{-1}, \quad (3.21)$$

где B – матрица частных производных вектора измерений в сети сгущения по координатам исходных пунктов;

$Q_{x, y_{\text{ИД}}}$ – матрица весовых коэффициентов координат пунктов в исходной геодезической сети;

$\mu_{\text{ИД}}$ – СКО единицы веса, принятая при математической обработке в исходной степени геодезического обоснования.

Следовательно, оценивание влияния ошибок исходных данных выполняется на основании сравнения элементов матрицы (3.21) и корреляционной матрицы параметров, полученной в предположении отсутствия ошибок исходных данных по формуле (3.1).

Если в результате элементов матриц будет установлено, что влияние ошибок исходных данных превосходит 10 %, то, математическую обработку геодезической сети сгущения целесообразно выполнять с учетом ошибок исходных данных по алгоритму, предложенному в работах Маркузе Ю. И. [65, 66, 67, 69].

Этот алгоритм основан на вычислении оценок параметров, как для спутниковой сети, так и для исходных пунктов. Несомненным достоинством данного алгоритма является возможность получения оценок параметров, неискаженных ошибками исходных данных, а недостатком – получение параметров исходных

данных, отличных от их значений, приведенных в каталоге координат исходной ступени геодезического обоснования.

Реализация алгоритма для математической обработки геодезической сети сгущения с учетом ошибок исходных данных заключается в составлении системы нормальных уравнений, которая в обозначениях, принятых при рассмотрении алгоритма (3.21), имеет следующий вид

$$R = \begin{vmatrix} A^T \cdot P_Y \cdot A & A^T \cdot P_Y \cdot B \\ B^T \cdot P_Y \cdot A & Q_Z^{-1} + B^T \cdot P_Y \cdot B \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{21} \\ R_{21} & R_{22} \end{vmatrix}. \quad (3.22)$$

Корреляционная матрица вектора параметров X , позволяющая выполнить оценку точности проекта многоступенчатой опорной геодезической сети, вычисляется по формуле (3.21).

Для оценивания средней точности всего запроектированного геодезического построения целесообразно воспользоваться работой Тамутиса Ю. Г. [101], в которой предложена формула, основанная на использовании следа корреляционной матрицы (3.1) или (3.21)

$$Spk = \sqrt{\frac{\sum_{I=1}^n m_I^2}{n}}, \quad (3.23)$$

где m_I – средняя квадратическая ошибка параметра;

I – текущий номер;

n – число оцениваемых параметров.

3.2 Проектирование и оценка точности первой ступени геодезического обоснования

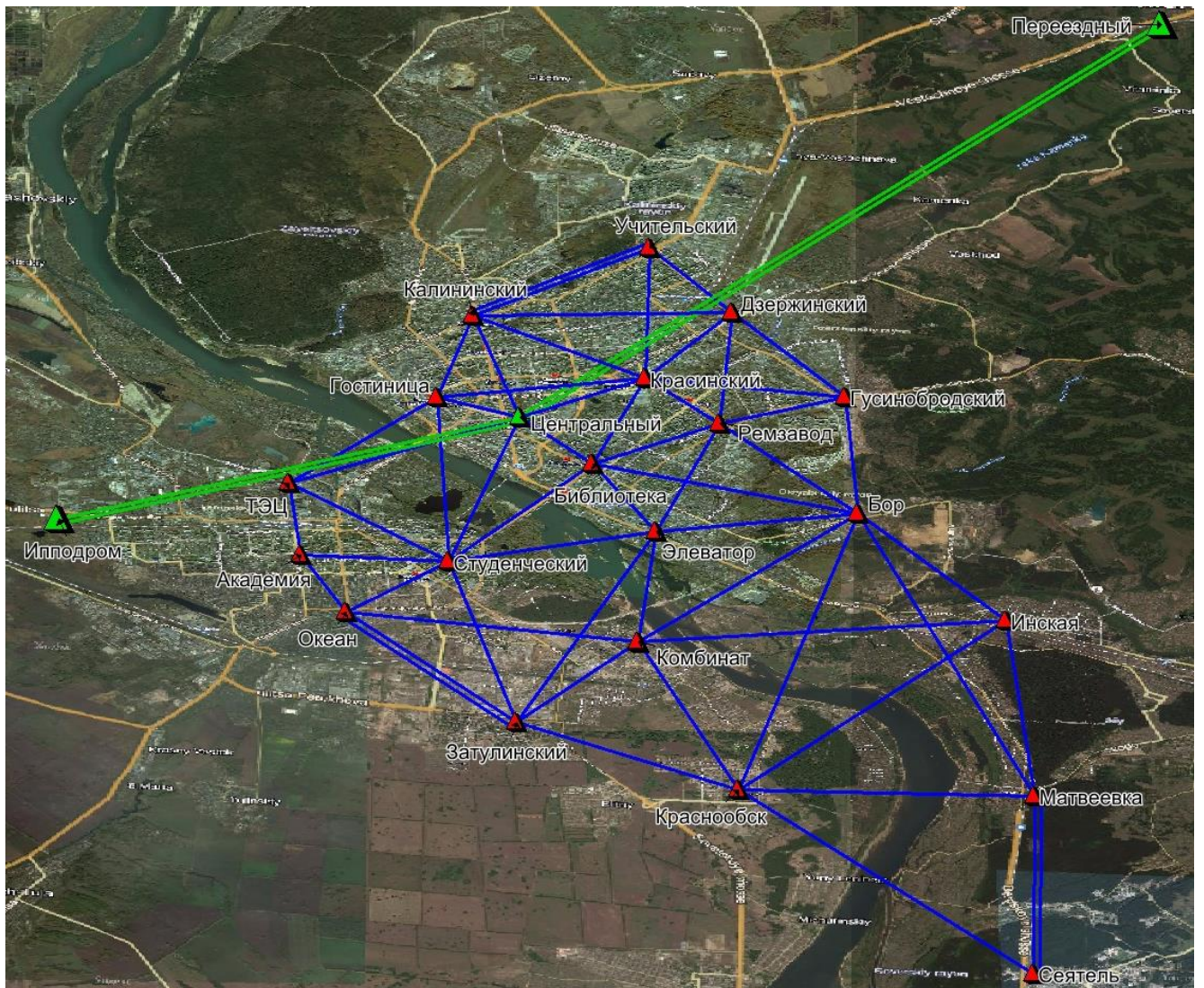
В соответствии с предложенным критериальным алгоритмом и многофункциональным назначением городского геодезического обоснования в программном продукте “MapInfo” на растровой подложке в виде космического снимка системы “Яндекс – карты” (имеющегося в открытом доступе) выполнено проектирование геодезического обоснования на примере города Новосибирска.

Первая ступень представлена пунктами, расположенными на крышах зданий и сооружений. Это, в том числе, реальные пункты опорной геодезической сети, созданной в семидесятых годах для создания геодезического обоснования под строительство метрополитена. Расположение пунктов на крышах зданий позволяет надежно закрепить координатную систему на территории города и в дальнейшем ее использовать для не только осуществления землеустроительных мероприятий и кадастровой деятельности, но и для картографирования городской территории и осуществления градостроительных процедур (разбивок и осуществления безопасного функционирования инженерных зданий и сооружений).

Расположение существующих пунктов и геометрические связи между ними, соответствующие геодезическим наземным технологиям, представлены на рисунке 3.1. Исходя из площади территории города первая ступень геодезического обоснования относится ко второму классу опорных геодезических сетей [86].

Отметим, что координаты этих пунктов внесены в каталог и используются при осуществлении кадастровой деятельности и выполнении градостроительных мероприятий.

Поскольку в этом каталоге отсутствуют значения средних квадратических ошибок координат пунктов существует большая вероятность существенного искажения получаемой кадастровой информации и получения результатов, изначально содержащих основу для возникновения кадастровых ошибок.



Условные обозначения:

- ▲ - исходные пункты государственной геодезической сети
- ▲ - определяемые пункты городского геодезического обоснования
- ▬▬▬ - дополнительно измеряемые стороны опорной геодезической сети, запроектированной по методу триангуляции

Рисунок 3.1 – Расположение пунктов существующей опорной геодезической сети 2 класса на территории города Новосибирска

В запроектированной сети 20 определяемых пунктов, которые образуют треугольники в виде центральной системы с одним исходным пунктом Центральный, расположенным в центральной части территориального образования и вторым исходным пунктом, необходимым для ориентирования геодезического построения при использовании наземных измерительных технологий. Расположение

исходных пунктов и включение в первую ступень только одного из них, определяется требованием построения геодезического обоснования в местной системе координат [86], и создания единого геопространства на данное территориальное образование. Осуществление кадастровой деятельности и градостроительных мероприятий в едином геопространстве территориального образования является важнейшим аспектом повышения качества выполняемых топографо-геодезических работ и разумному расходованию бюджетных средств.

Полученные значения параметров и их нормативные величины [86] анализируемого геодезического обоснования в виде ОГС второго класса, приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Характеристика первой ступени геодезического обоснования

Наименование параметра	Полученное значение	Нормативное значение
Число определяемых пунктов	20	125
Минимальное значение связующего угла	25 ⁰	30 ⁰
Минимальная и максимальная длина линии, км	2,8 – 12,5	7 – 20
Площадь территориальной зоны, км ²	500	-
Плотность пунктов	Один пункт на 25 км ²	Один пункт на 4 км ²
Примечание – Нормативные параметры для связующих углов и длин линий приведены применительно ко второму классу, а плотность пунктов ко всей многоступенчатой ОГС (2, 3 и 4 класс).		

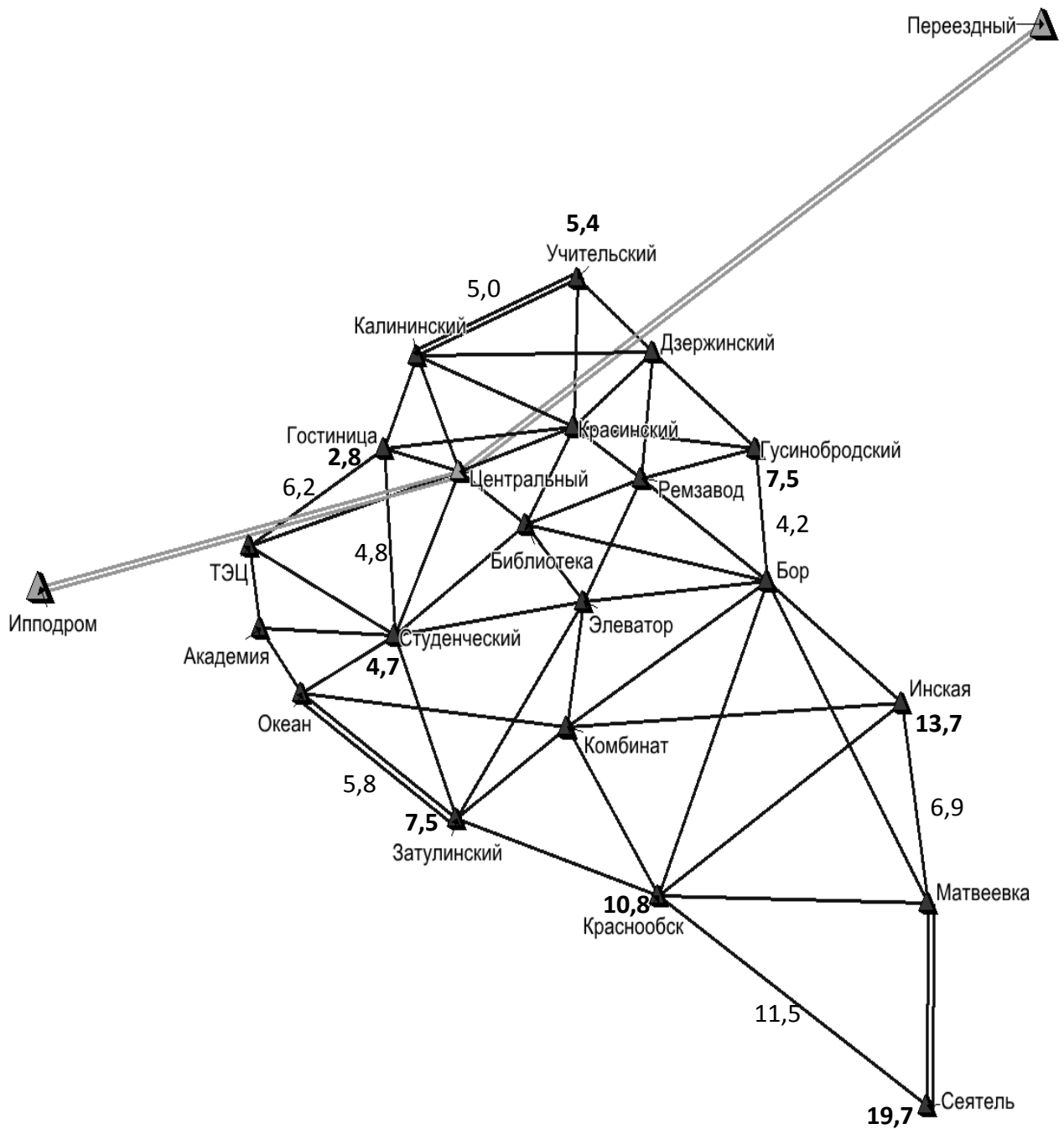
Оценка точности первой ступени геодезического обоснования выполнялась с использованием пакета прикладных программ, составленных на кафедре кадастра и территориального планирования, которая соответствует методу математического моделирования, изложенному в 3.1.

В качестве нормативных показателей, на основании которых оценивается точность выполненного проекта, использовались предложенные значения пара-

метров в разработанном во втором разделе кандидатской диссертации критериальном алгоритме (таблица 2.2).

Результаты оценки точности проекта первой ступени при использовании наземных измерительных технологий, соответствующих требованиям триангуляции второго класса ($m_B = 1''$, $m_S/S = 1/300000$), в виде: средних квадратических ошибок положения пунктов по формуле (3.15), взаимного положения пунктов по формуле (3.16), дирекционных углов по формуле (3.7), длин линий по формуле (3.9), площади геометрической фигуры, образованной пунктами ГО, по формуле (3.20) приведены в приложениях А, Б и В. Отметим, что с большой вероятностью, эти результаты соответствуют реальной точности положения пунктов опорной геодезической сети.

На рисунке 3.2 представлены максимальные значения (выборочно) СКО положения пунктов, взаимного положения смежных пунктов и длин линий.



19,7 см – СКО положения пункта Сеятель относительно начала системы координат.

11,5 см – СКО взаимного положения смежных пунктов Краснообск и Сеятель.

Рисунок 3.2 – Результаты оценки точности опорной геодезической сети, построенной методом триангуляции

Исходя из полученных результатов оценки точности опорной геодезической сети, построенной методом триангуляции, можно сделать следующие выводы:

– средние квадратические ошибки параметров равномерно увеличиваются по мере их удаления от исходного пункта Центральный, максимальные значения соответствуют наиболее удаленным пунктам;

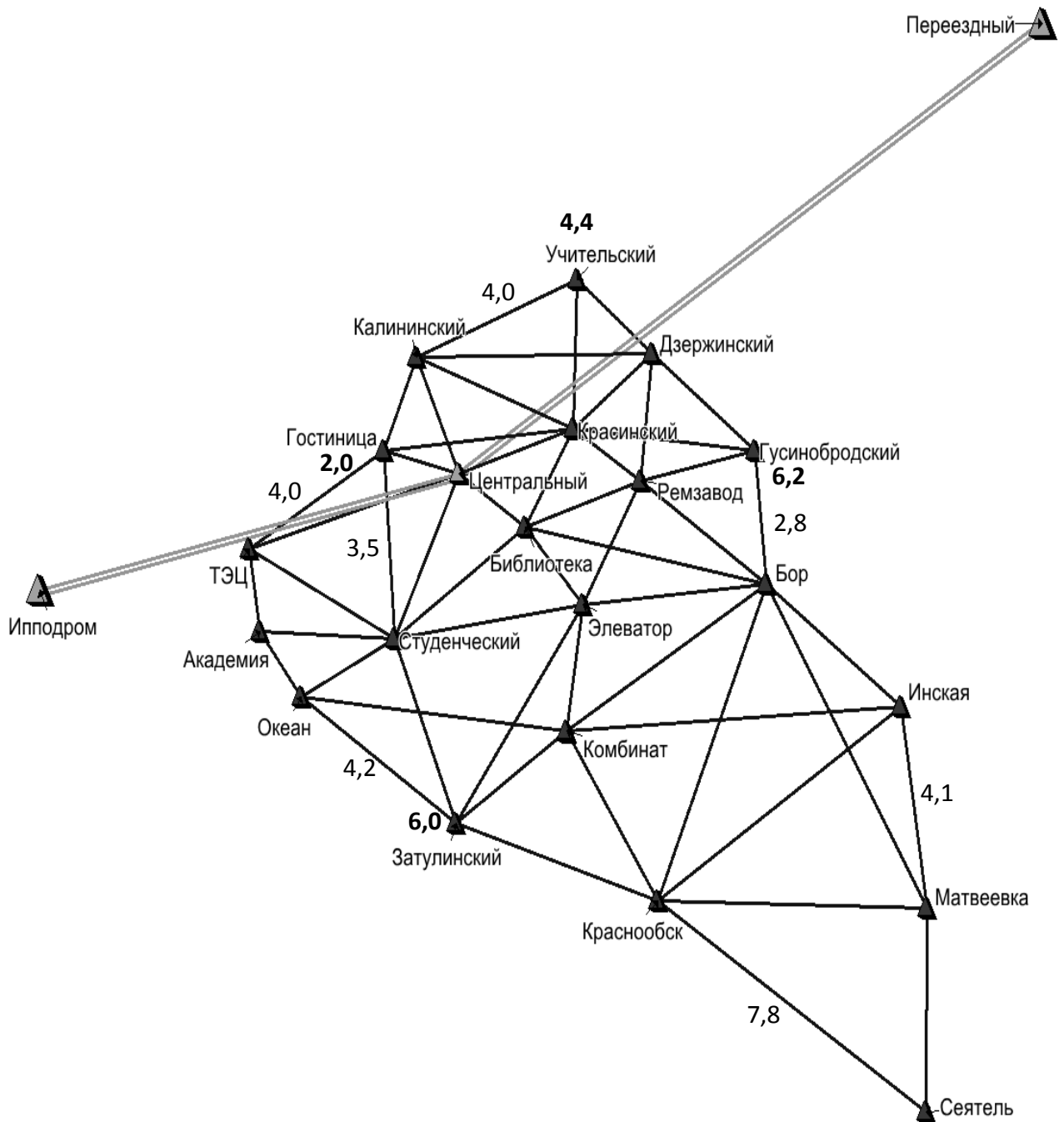
– средние квадратические ошибки всех параметров не соответствуют не только предложенного критериального алгоритма, но и требованиям земельного законодательства [86, 87];

– с большой долей вероятности можно утверждать, что существующее на территории города Новосибирска геодезическое обоснование не соответствует требованиям осуществления кадастровой деятельности и градостроительных мероприятий.

Исходя из полученных результатов были рассмотрены варианты реконструкции первой ступени геодезического обоснования ОМС с целью получения более высокой точности параметров, соответствующих требованиям кадастровой деятельности.

В качестве альтернативных рассматривался вариант линейно-углового построения (наземные измерительные технологии) со всеми измеренными углами и длинами линий (рисунок 3.3) и спутниковый вариант с использованием современных ГНСС-технологий (рисунок 3.4).

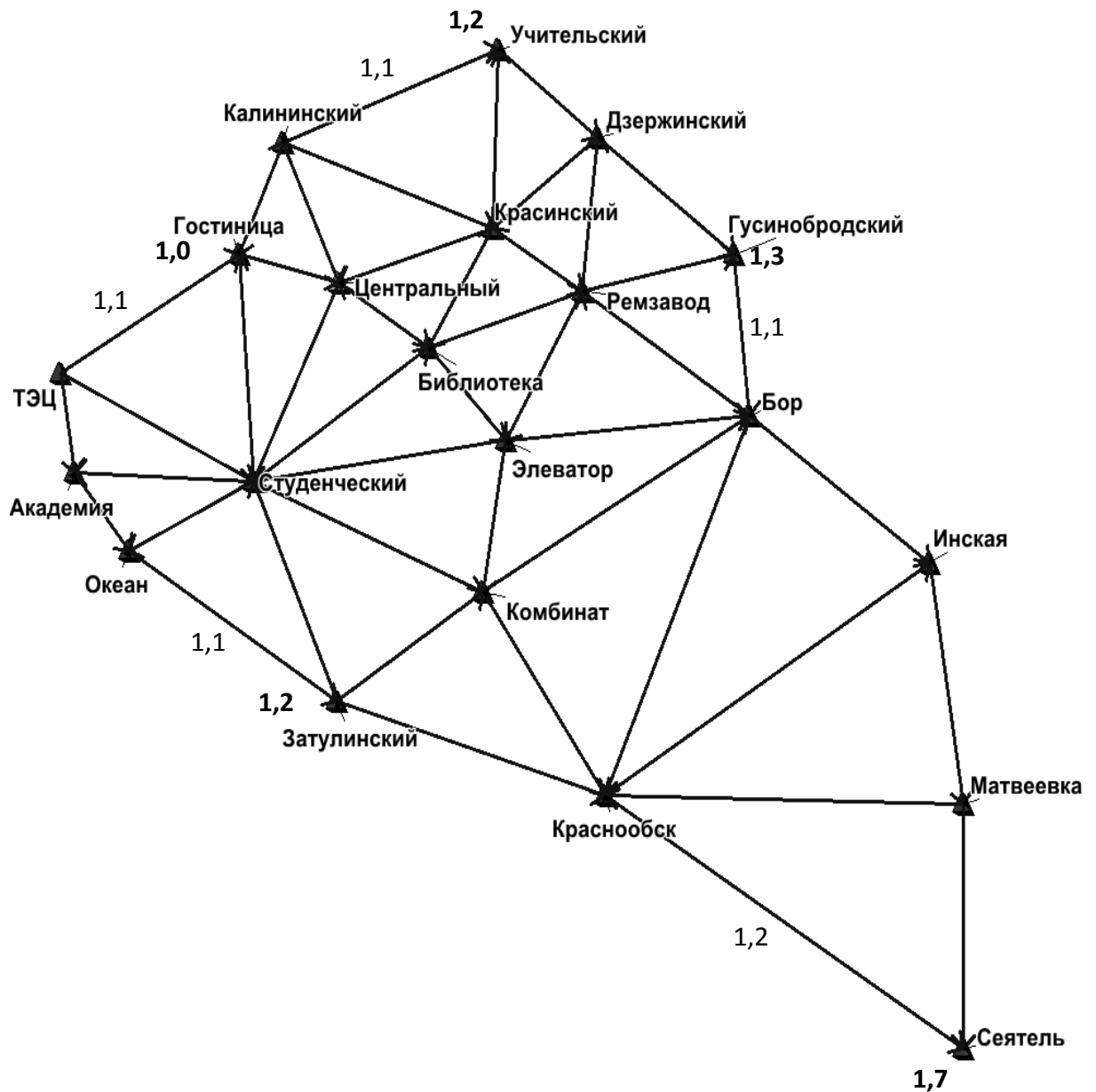
Полученные результаты приведены в приложениях Д, Е, Ж, И, К, Л и на соответствующих рисунках.



15,0 см – СКО положения пункта Сеятель относительно начала системы координат.

7,8 см – СКО взаимного положения смежных пунктов Краснообск и Сеятель.

Рисунок 3.3 – Результаты оценки точности ОМС, построенной методом линейно-угловых измерений



1,7 см – СКО положения пункта Сеятель относительно начала системы координат;

1,2 см – СКО взаимного положения смежных пунктов Краснообск и Сеятель;

Рисунок 3.4 – Схема запроектированной опорной геодезической сети, построенной с применением ГНСС-технологий в сетевом варианте

Сравнение предложенных альтернативных вариантов выполнялось с использованием критерия оптимизации (формула 3.23). Полученные результаты представлены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Результаты оценки точности альтернативных вариантов создания ОМС для города Новосибирска

Номер варианта	Наименование варианта построения ОМС	Точность измерительного оборудования	Наименование оцениваемого параметра			
			m_{I-J} , см	Sp_k , см	m_I , см	Sp_k , см
Нормативное значение			1,2	см	10,0	см
1	Триангуляция	$m_\beta = 1''$, $m_S/S = 1/300000$	11,5	6,2	19,7	8,7
2	Линейно-угловая сеть	$m_\beta = 1''$, $m_S/S = 1/300000$	7,8	4,0	15,0	6,6
3	Спутниковая сеть	$m_{ГНСС} = 2,6$ см	1,2	1,0	1,7	1,2

Анализ результатов оценки точности параметров ОМС позволил сделать следующие выводы:

- для вариантов построения ОМС с использованием наземного измерительного оборудования СКО всех параметров не соответствуют не только значениям предложенного критериального алгоритма, но и требованиям существующего земельного законодательства;

- увеличение числа избыточных измерений в варианте построения линейно-угловой сети несколько повышает точность параметров геодезических построений, но тем не менее, значения СКО параметров геодезической сети не удовлетворяют нормативным значениям;

- единственно возможным вариантом создания опорной геодезической сети является использование при построении опорной межевой сети ГНСС-технологий в сетевом варианте с контролем точности выполненного спутникового позиционирования в виде координатных невязок замкнутых геометрических фигур;

- значения СКО параметров в варианте построения сети с использованием ГНСС-технологий не превышают нормативных значений существующего земельного законодательства, а также значений предложенного критериального алго-

ритма, следовательно, такая сеть может быть использована для дальнейшего построения геодезических сетей сгущения, а также для целей государственного кадастра недвижимости;

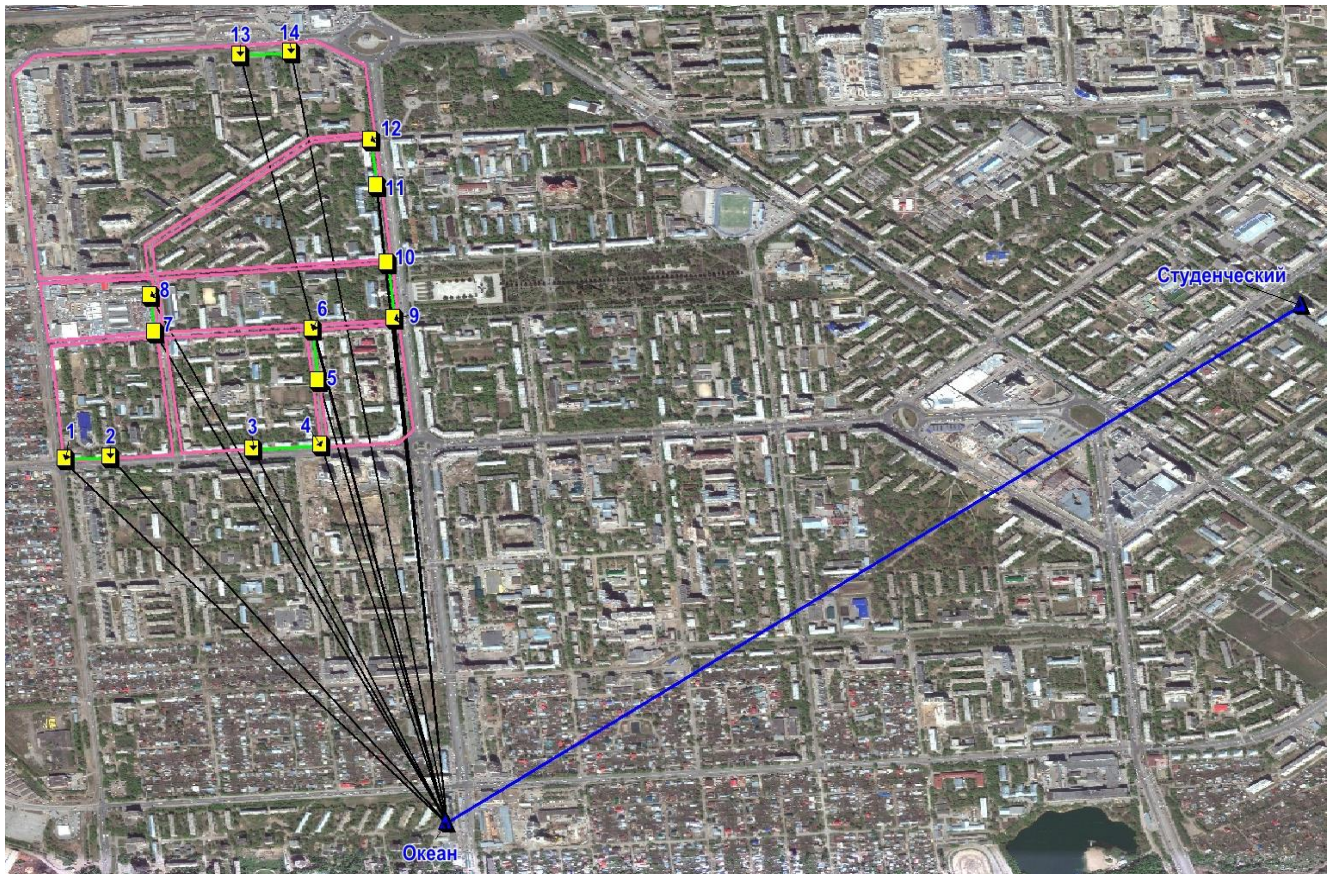
– исходя из предложенной во втором разделе методики создания геодезического обоснования, точность ОМС должна составлять 1 см на 2,5 км. Таким образом, точность, полученная при проектировании ОГС с использованием ГНСС-технологий, позволяет определить данную сеть как опорную межевую сеть (ОМС) на город Новосибирск, удовлетворяющую всем нормативным требованиям, а также требованиям разработанного критериального алгоритма. Соответственно, данная сеть может использоваться для дальнейшего проектирования межевых сетей сгущения (МСС).

3.3 Проектирование и оценка точности второй степени геодезического обоснования

Использование пунктов, расположенных на крышах зданий и сооружений, для осуществления кадастровой деятельности и комплексных кадастровых работ затруднительно. Поэтому геодезическое обоснование должно быть представлено, в том числе, и пунктами, расположенными на физической поверхности Земли. Следовательно, вторая ступень ГО (межевая сеть сгущения) предназначена для закрепления системы координат на территории кадастрового квартала.

Как следует из предшествующих выполненных исследований [55] наиболее оптимальным с точки зрения технологии выполнения работ является “*модифицированный лучевой вариант*”. Для контроля точности спутникового позиционирования наземными измерительными средствами пункты МСС располагаются на физической поверхности Земли в пределах прямой оптической видимости.

Проект межевой сети сгущения, выполненный относительно одного исходного пункта ОМС “Океан”, приведён на рисунке 3.5.



Условные обозначения:

▲ – исходные пункты ОМС;

— – границы квартала;

— – линия между пунктами межевой сети сгущения, измеряемая наземными методами;

■ – пункты межевой сети сгущения;

→ – измеряемые вектора по методу ГНСС-технологий.

Рисунок 3.5 – Межевая сеть сгущения на космоснимке на примере нескольких кварталов города Новосибирска, запроектированная с одного пункта ОМС

Для проектирования использовался “*модифицированный лучевой вариант*”, предусматривающий использование как ГНСС – технологий, так и наземных измерительных средств, точностные характеристики которых приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Точностные характеристики измерительного технологического оборудования

Параметр	Точность параметра для запроектированной МСС
Длина линии между пунктами МСС (Тахеометр FlexLine plus TS02 1,5 мм + 2,0 ppm)	$m_L = 1,6 \text{ см}$
Базовый вектор для координирования пунктов МСС относительно исходных пунктов ОМС (Комплект GPS приемников Ashtech Promark 3-5 мм+1 ppm)	$m_{ГНСС} = 2,6 \text{ см}$
Примечание – Инструментальная точность измерений элементов МСС рассчитывалась исходя из максимальной длины линии	

Точность спутникового позиционирования в “*модифицированном лучевом варианте*” оценивается на основании сравнения измеренной длины линии наземным измерительным средством со своим значением, вычисленным по координатам определяемых пунктов МСС

$$\sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2} - L_{\text{изм}} \leq \Delta f, \quad (3.24)$$

где $i-j$ – номера определяемых пунктов МСС, образующих измеряемую сторону в МСС;

X_i, Y_i – координаты пункта, определенные с использованием ГНСС – технологий;

$L_{\text{изм}}$ – значение длины линии, измеренное наземным средством (электронный тахеометр);

Δf – нормативный допуск, определенный критериальным алгоритмом (таблица 2.2) для СКО взаимного положения пунктов МСС.

Для реализации данного критерия наземное измерительное средство должно обеспечивать СКО не грубее $m_{\text{изм}} = m_{\text{МСС}} / 2 = 2,5 \text{ см} / 2 = 1,2 \text{ см}$.

Оценка точности запроектированной МСС выполнялась с использованием пакета прикладных программ, составленных на кафедре кадастра и территориального планирования, в соответствии с методом математического моделирования.

В качестве нормативных показателей, на основании которых оценивается точность параметров запроектированной МСС, использовалось предложенное в критериальном алгоритме (таблица 2.2) значение СКО взаимного положения пунктов исходной геодезической основы внутри КК, равное $m_{МСС} = 2,5$ см, а также СКО положения наиболее слабого пункта, равное $m_1 = 10$ см.

Результаты оценки точности межевой сети сгущения относительно одного исходного пункта ОМС “Океан” приведены в приложениях Н, П и на рисунке 3.6 показаны СКО взаимного положения смежных пунктов.



Условные обозначения:

— границы кадастровых кварталов;

■ — определяемые пункты межевой сети сгущения (МСС);

▲ — исходный пункт опорной межевой сети (ОМС);

— — контрольная линия между пунктами МСС, измеряемая с использованием наземных технологий (электронная рулетка, тахеометр);

→ — базовые вектора спутниковых определений относительно одного исходного пункта ОМС;

1,1 — СКО взаимного положения пунктов МСС при использовании только одного исходного пункта ОМС (Океан)

Рисунок 3.6 – Результаты оценки точности МСС

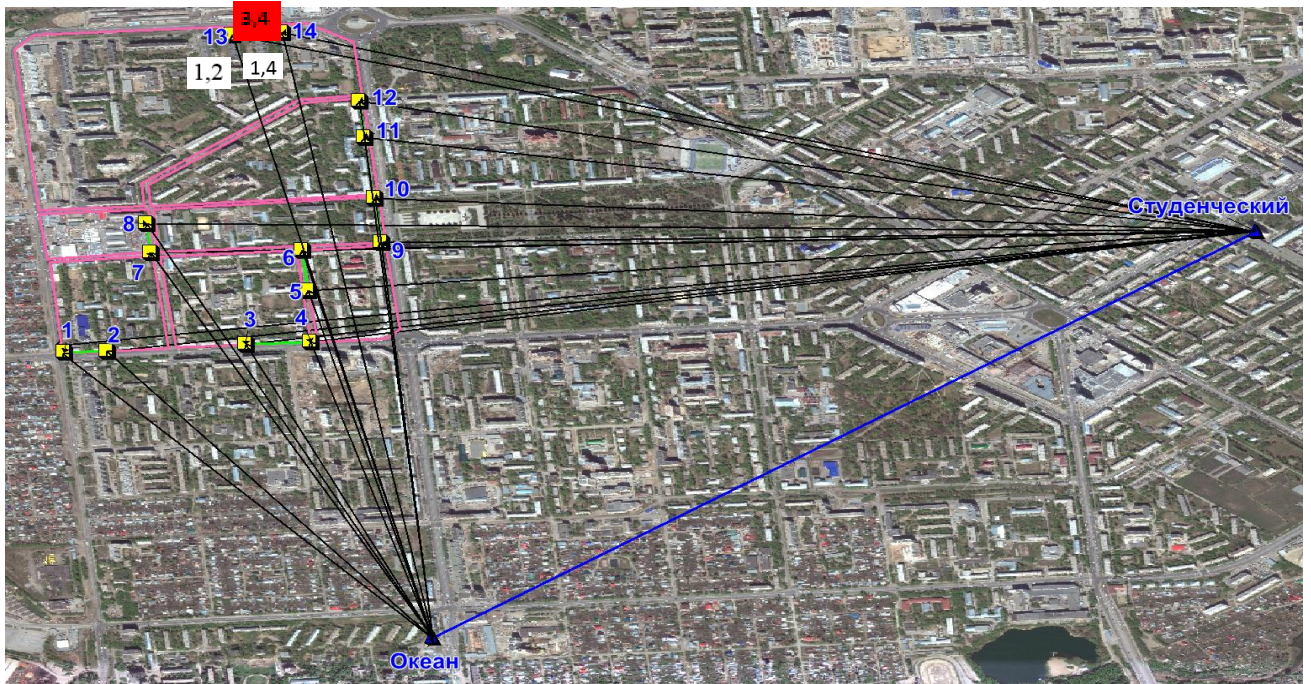
В результате анализа полученных значений СКО параметров и схемы проектирования можно сделать следующие выводы:

- использование при построении МСС “*модифицированного лучевого варианта*” позволяет получить точностные характеристики МСС, соответствующие требованиям предложенного критериального алгоритма на примере кадастровых кварталов города Новосибирска;
- полученные точностные характеристики соответствуют варианту использования только одного исходного пункта ОМС;
- данная схема проектирования МСС исключает влияния ошибок исходных данных первой ступени ГО, но также исключает и контроль стабильности исходного пункта ОМС в пространстве.

Последний вывод имеет очень важное практическое значение, поскольку обуславливает возможность существенного искажения геодезической информации.

Для устранения этих существенных недостатков был запроектирован вариант построения МСС от двух исходных пунктов опорной межевой сети. При этом, в качестве исходных данных для оценки точности параметров (формула (3.21)), в одном случае использовались элементы корреляционной матрицы (формула (3.1)), соответствующие опорной геодезической сети второго класса (приложение Г), а, во втором – опорной межевой сети, созданной с использованием ГНСС-технологий (приложение М).

Результаты оценки точности МСС, построенной от двух исходных пунктов, приведены в приложениях Р, С, а на рисунке 3.7 представлены максимальные значения СКО взаимного положения пунктов для разных вариантов построения исходной первой ступени ГО.



Примечание –

1,2 – СКО взаимного положения пунктов МСС без учета ошибок исходных данных;

3,4 – СКО взаимного положения пунктов МСС с учетом ошибок исходных данных (исходная сеть ОГС второго класса);

1,4 – СКО взаимного положения пунктов МСС с учетом ошибок исходных данных (исходная сеть ОМС, построенная методом ГНСС-технологий).

Рисунок 3.7 – Проект МСС с контролем стабильности исходных пунктов ОМС

При такой схеме построения МСС контроль стабильности исходных пунктов Океан и Студенческий осуществляется на основании сравнения координат определяемых пунктов МСС, полученных относительно анализируемых исходных пунктов

$$\sqrt{(X_i^{\text{Океан}} - X_i^{\text{Студенческий}})^2 + (Y_i^{\text{Океан}} - Y_i^{\text{Студенческий}})^2} \leq \Delta f, \quad (3.25)$$

где i – номер определяемого пункта МСС.

При выполнении критерия (3.24) и невыполнении критерия (3.25) делается вывод либо о недопустимом влиянии ошибок исходных данных, либо о потере стабильности исходных пунктов ОМС.

Оценка влияние ошибок исходных данных в предлагаемой трехступенчатой схеме проводилась с использованием алгоритма (3.21).

Для оценивания влияния ошибок исходных данных на элементы МСС проведено сравнение элементов корреляционной матрицы (3.21) с матрицей, вычисленной в предположении отсутствия влияния ошибок исходных данных по формуле (3.1).

Основой для вычисления влияния исходных данных на построение межевой сети сгущения послужили результаты проектирования и оценки точности опорной межевой сети, которые приведены в 3.2.

В таблице 3.4 приведены результаты оценки точности межевой сети сгущения с учётом влияния ошибок исходных данных при различных способах построения первой ступени ГО.

Таблица 3.4 – Результаты оценки точности межевой сети сгущения

Параметр	Значение параметра			
	Нормативное значение	Без учета ошибок исходных данных	С учётом ошибок исходных данных в зависимости от способа построения первой ступени ГО	
			ГНСС	Триангуляция
СКО положения наиболее слабого пункта, см	10,0	№ 13 0,9	№ 13 1,2	№ 13 4,8
СКО взаимного положения пунктов в наиболее слабом месте МСС, см	2,5	№ 13 - № 14 1,2	№ 13 - № 14 1,4	№ 13 - № 14 3,4

Анализируя представленные результаты, можно сделать следующие выводы:

– первая ступень геодезического обоснования ОМС должна создаваться с использованием ГНСС-технологий. В этом случае при построении второй ступени МСС ошибками исходных данных можно пренебречь. При использовании в качестве исходных данных существующего городского геодезического обоснова-

ния или государственных геодезических сетей, необходимо оценивать влияние ошибок исходных данных и выполнять математическую обработку результатов наблюдений по алгоритмам Маркузе Ю. И. с учетом ошибок исходных данных;

– учитывая большую техногенную нагрузку на городскую территорию, при построении МСС необходимо использовать схему “*модифицированного лучевого варианта*” с двумя исходными пунктами, которая обеспечивает контроль точности спутникового позиционирования с использованием критерия (3.24), а контроль стабильности исходных пунктов в пространстве с использованием критерия (3.25).

– полученные в результате оценки точности запроектированной межевой сети сгущения значения средних квадратических ошибок удовлетворяют требованиям, предложенным в разработанном критериальном алгоритме.

3.4 Проектирование и оценка точности третьей ступени геодезического обоснования

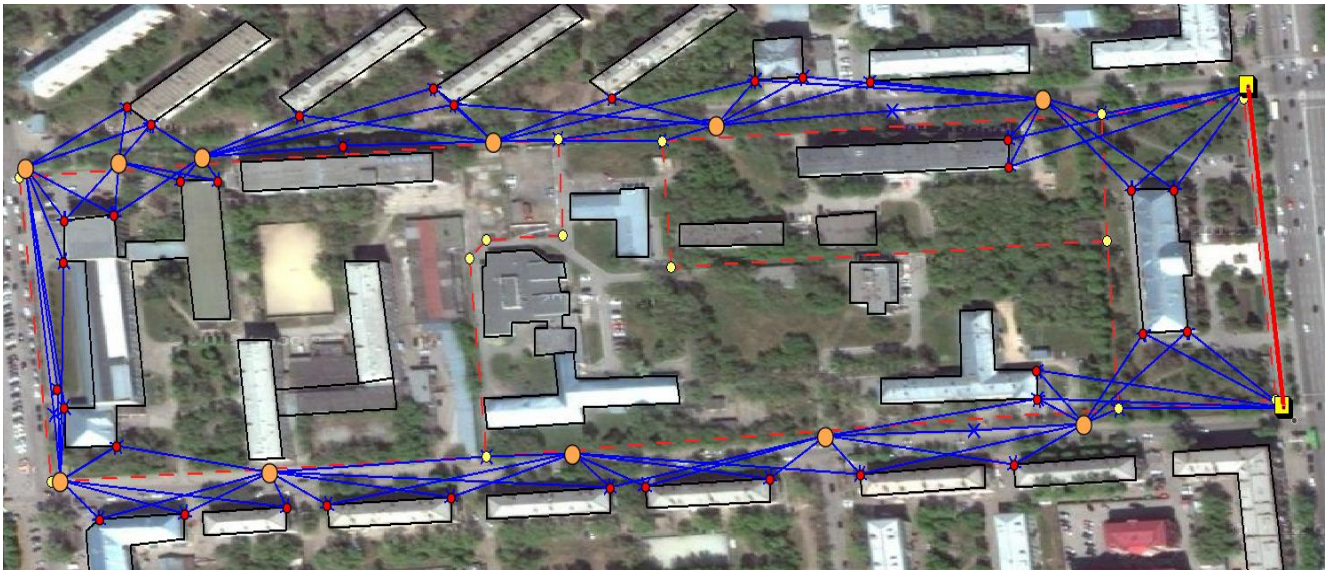
Для координатного обеспечения проведения комплексных кадастровых работ и решения всех спорных вопросов, обусловленных наложением или пересечением границ земельных участков внутри кадастрового квартала, в предлагаемой структуре ГО предусмотрена третья ступень. Функциональное назначение третьей ступени – координирование всех характерных точек, закрепляющих границы земельных участков и расположенных на них объектов капитального строительства.

Учитывая плотную застройку территориальных образований и, как следствие, затруднение в работе ГНСС – оборудования, оптимальным способом построения третьей ступени являются ходы “*электронной тахеометрии*” [1, 26, 29].

В ситуации уничтожения пунктов МСС или изменения системы координат, а также при возникновении земельных споров, использование закоординированных углов объектов капитального строительства позволит надёжно закрепить координатную систему внутри кадастрового квартала. В том случае, когда угол ОКС, в силу конструктивных особенностей или в результате негативного воздей-

ствия, не позволяет выполнить координирование с заданной точностью необходимо предусмотреть заложение углового стенного знака, позволяющего в дальнейшем решить вопрос о восстановлении утраченных характерных точек.

Проект межевого съёмочного обоснования, выполненный по схеме “электронной тахеометрии” с использованием наземных измерительных технологий, представлен на рисунке 3.8.



Условные обозначения:

- исходные пункты МСС;
- линия между пунктами МСС, измеряемая наземными методами, для контроля точности спутникового позиционирования;
- определяемые пункты МСО (места установки электронного тахеометра);
- измеряемые элементы хода электронной тахеометрии;
- связующие точки хода;
- промежуточные точки, являющиеся объектами для координирования;
- границы земельных участков

Рисунок 3.8 – Проект межевого съёмочного обоснования на кадастровый квартал города Новосибирска

Исходными пунктами для построения МСО являются два пункта МСС. В качестве связующих точек передачи координат по ходу используются углы объектов капитального строительства [85], а также выходы подземных коммуника-

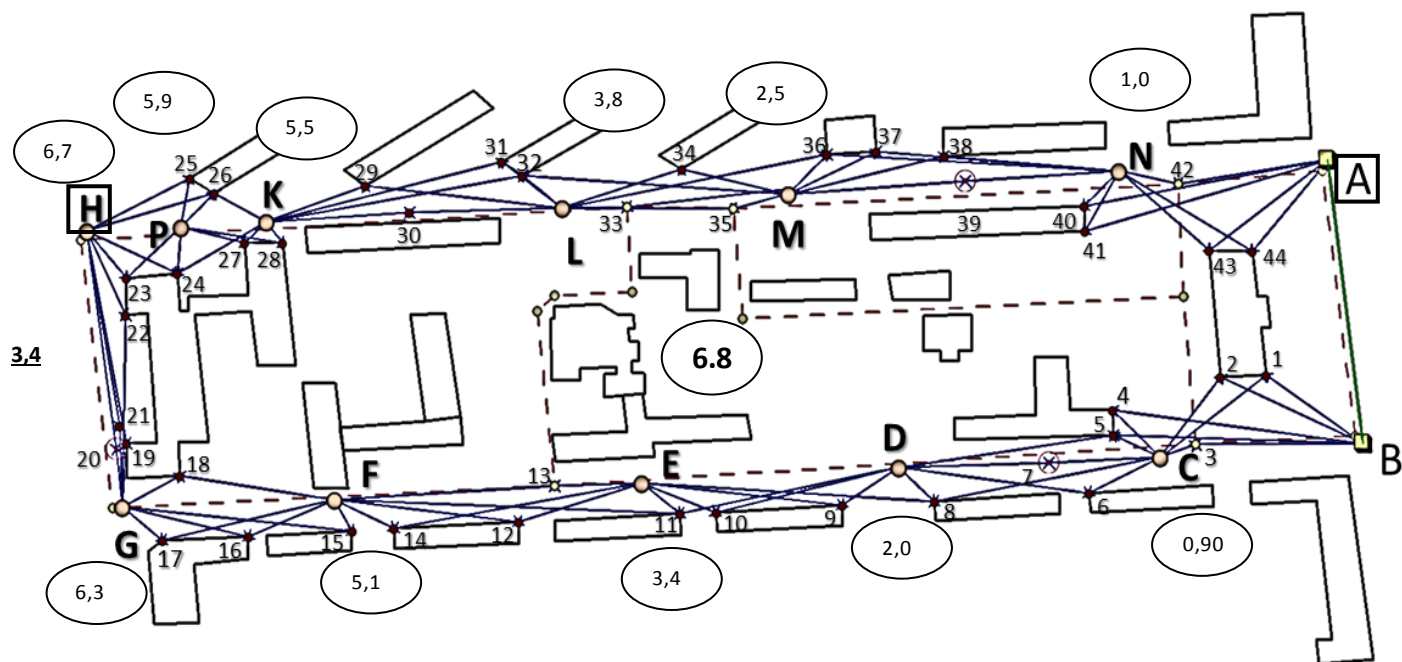
ций. В процессе выполнения “электронной тахеометрии” выполняется координирование характерных точек земельных участков.

В качестве критериальных значений для анализа результатов оценки точности использовались: значение СКО взаимного положения характерных точек ОКС внутри кадастрового квартала, равное $m_{МСО} = 5$ см, СКО взаимного положения характерных точек ЗУ $m_{ЗУ} = 10$ см, а также СКО определения площади кадастрового квартала $m_P = 0,05 \cdot P$.

Для анализа выполненного проекта МСО и определения его соответствия предложенному критериальному алгоритму была произведена его оценка точности. При выполнении оценки точности проекта МСС были заданы следующие значения инструментальной точности: $m_\beta = 5''$, $m_L = 1$ см.

Результаты оценки точности третьей ступени геодезического обоснования приведены в приложениях Т, У, Ф и Ц.

На рисунке 3.9 представлены результаты оценки межевого съемочного обоснования с учётом влияния ошибок исходных данных.



Условные обозначения:

- – пункты межевой сети сгущения;
- — линия между пунктами межевой сети сгущения, измеряемая наземными методами, для контроля точности спутникового позиционирования;
- – определяемые пункты межевого съемочного обоснования, которые являются местами установки электронного тахеометра;
- ➔ – измеряемые элементы хода электронной тахеометрии;
- – связующие точки хода, которые являются только углами капитальных заданий, сооружений и выходами подземных коммуникаций;
- – характерные точки земельных участков;
- ⊖ – выходы подземных коммуникаций;
- - - - границы земельных участков;
- ▭ – объект капитального строительства;
- 2,0 – СКО положения пунктов, являющихся местами установки тахеометра;
- 3,4 – максимальное значение СКО взаимного положения характерных точек ОКС;
- 6,8 – максимальное значение СКО взаимного положения характерных точек ЗУ внутри кадастрового квартала (точки Н-А).

Рисунок 3.9 – Результаты оценки точности межевого съемочного обоснования

Результаты оценки точности межевого съемочного обоснования с учётом влияния ошибок исходных данных приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты оценки точности межевого съемочного обоснования

Параметр	Нормативное значение	Максимальное полученное значение
СКО взаимного положения характерных точек ЗУ, см	10	Н-А 6,8
СКО взаимного положения характерных точек ОКС внутри кадастрового квартала, см	5	№ 18 – № 23 3,4
СКО определения площади кадастрового квартала, м ²	5625 (P = 112514)	35,6
СКО определения площади земельного участка, м ²	815 (P = 16314)	5,2

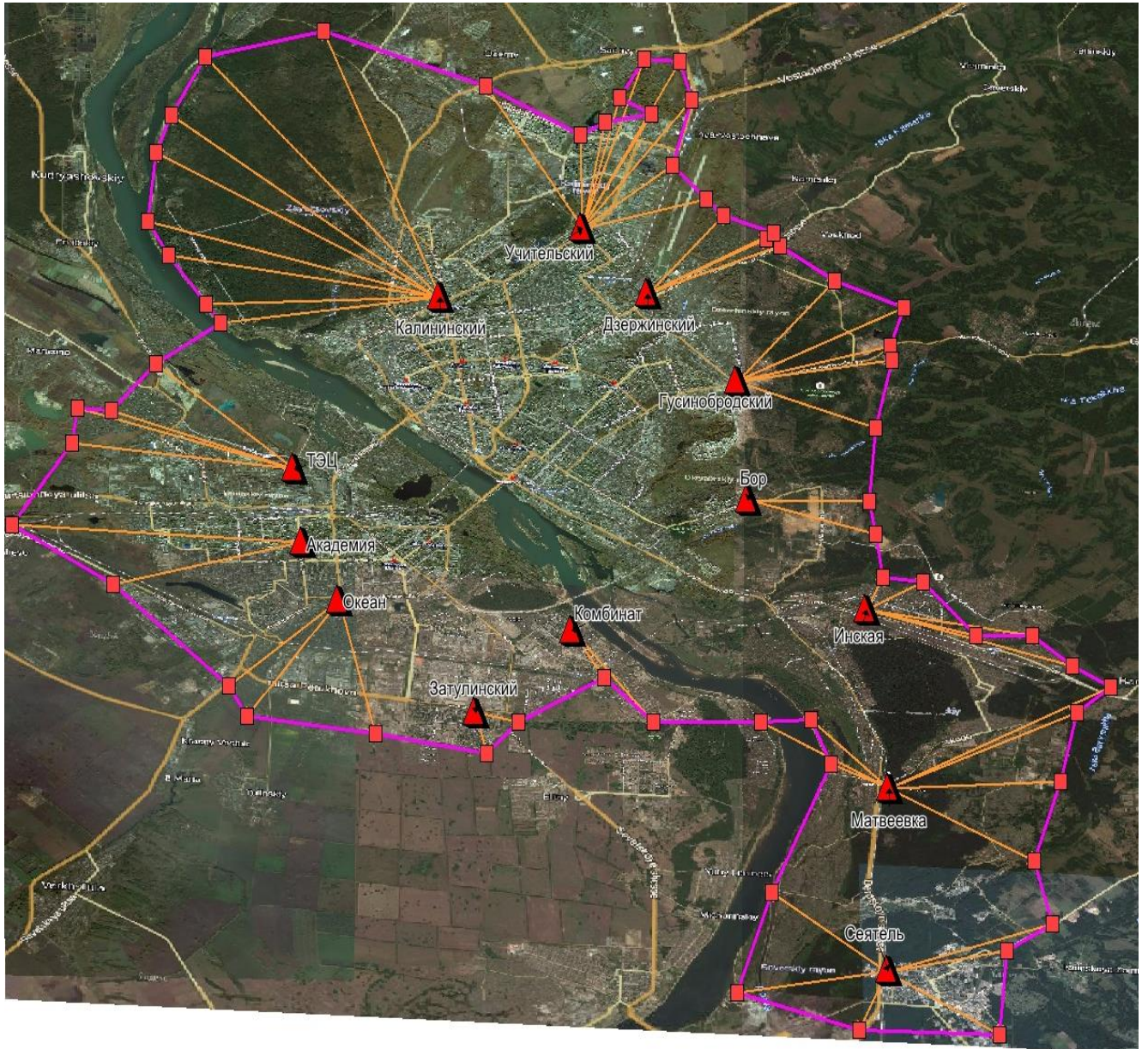
Анализируя представленные результаты, можно сделать вывод, о том, что проект межевого съемочного обоснования соответствует предложенному критериальному алгоритму и может быть рекомендован для координатного обеспечения кадастровой и землеустроительной деятельности и проведения комплексных кадастровых работ.

3.5 Проектирование и оценка межевой сети сгущения для целей координирования существующих границ города Новосибирска

Принимая во внимание высокую кадастровую стоимость городских земель, сложно переоценить актуальность вопросов точного определения границы городской черты.

Для координирования существующих границ городской черты или выноса в натуру ее запроектированной части для города Новосибирска на космическом снимке запроектирована межевая сеть сгущения в виде модифицированного лучевого варианта построения спутниковой сети с пунктов опорной межевой сети.

Схема запроектированной межевой сети сгущения изображена на рисунке 3.10.



Условные обозначения:

▲ – пункт опорной межевой сети;

■ – пункт межевой сети сгущения;

— граница городской черты;

→ – элементы измерения методом ГНСС.

Рисунок 3.10 – Схема запроектированной межевой сети сгущения в виде лучевого варианта построения спутниковой сети от пунктов ОМС

В представленном проекте 13 исходных пунктов ОМС (первой ступени ГО), 61 определяемый пункт МСС, средняя длины стороны от исходных до определяемых пунктов составляет 8,2 км, средняя сторона между пунктами МСС 3,7 км.

При построении данной сети на местности оптимально использовать “*модифицированный лучевой вариант*” [55], который предполагает использование ГНСС-технологий для координирования городской черты, а для проверки точности спутникового позиционирования проведение линейных измерений между пунктами МСС, если есть видимость между ними, и ГНСС-измерений, если видимости между пунктами МСС нет.

Инструментальные точности приёмников ГНСС и электронного тахеометра приведены в таблице 3.6.

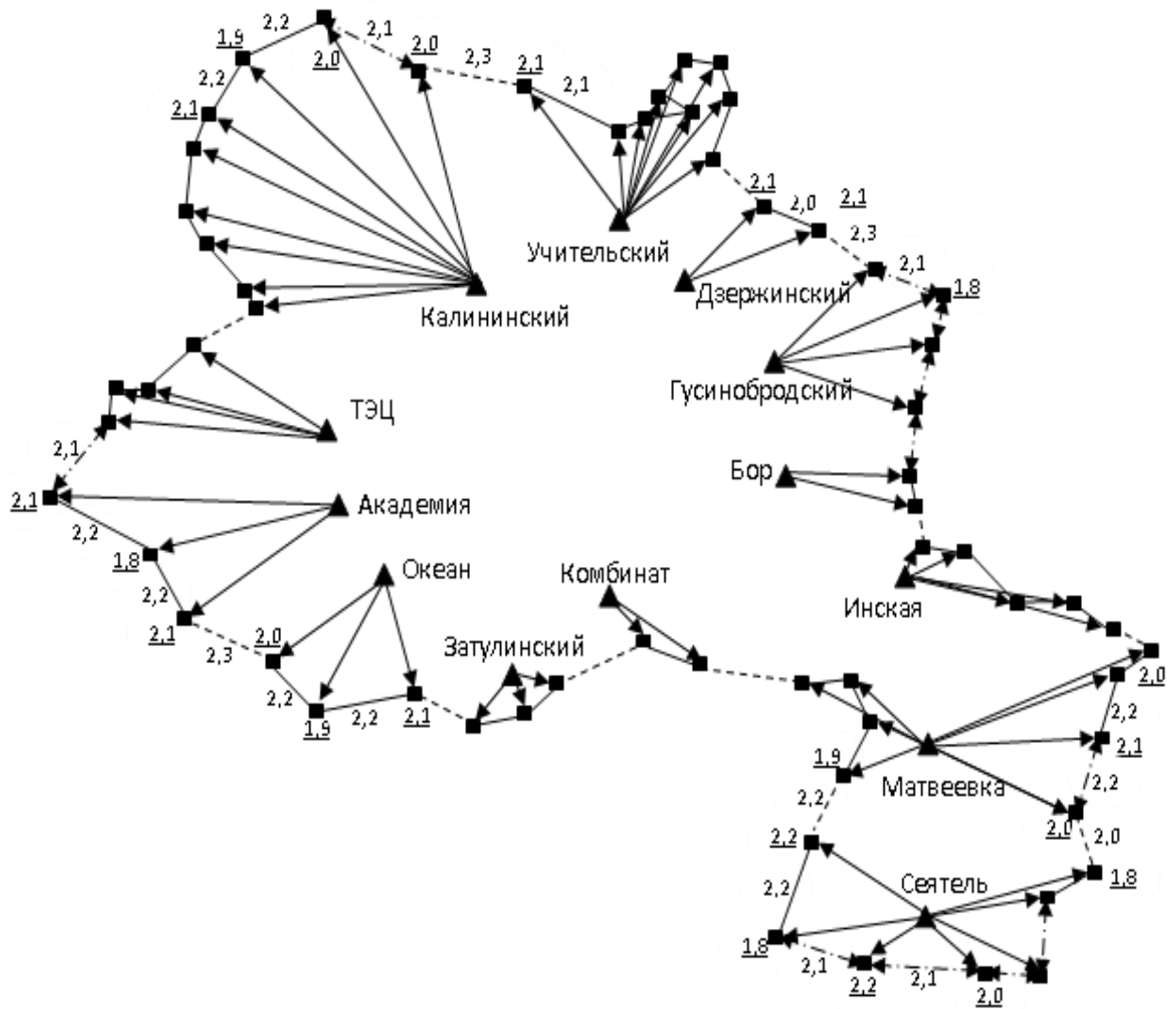
Таблица 3.6 – Характеристика технологического оборудования

Параметр	Точность параметра
Длина линии между пунктами МСС (Тахеометр FlexLine plus TS02 1,5 мм + 2,0 ppm)	$m_L = 1,6 \text{ см}$
Базовый вектор для координирования пунктов МСС относительно исходных пунктов ОМС (Комплект GPS приёмников Ashtech Promark 3 – 5 мм + 1ppm)	$m_{\text{ГНСС}} = 2,6 \text{ см}$
Примечание – Инструментальная точность измерений элементов МСС рассчитывалась исходя из максимальной длины линии	

Оценка точности выполненного проекта выполнялась с использованием пакета прикладных программ, составленных на кафедре кадастра и ГП.

В качестве параметров, характеризующих точность запроектированной МСС, использовались: СКО взаимного положения смежных пунктов МСС (формула (3.16)) и СКО определения площади города Новосибирска (формула (3.20)).

Результаты оценки точности межевой сети сгущения для целей координирования границы города Новосибирска, построенной в виде модифицированного лучевого варианта, приведены в приложениях Ш, Щ и на рисунке 3.11.



Условные обозначения:

- ← . . → – измерение линии между пунктами МСС методом ГНСС;
- — — — — – измерение линии между пунктами МСС с использованием электронного тахеометра;
- – линия между пунктами, которые определены от разных дифференциальных станций;
- 2,6 – СКО взаимного положения пунктов МСС;
- 1,8 – СКО положения пункта относительно ближайшего исходного пункта.

Рисунок 3.11 – Результаты оценки точности проекта межевой сети сгущения в виде модифицированного лучевого варианта

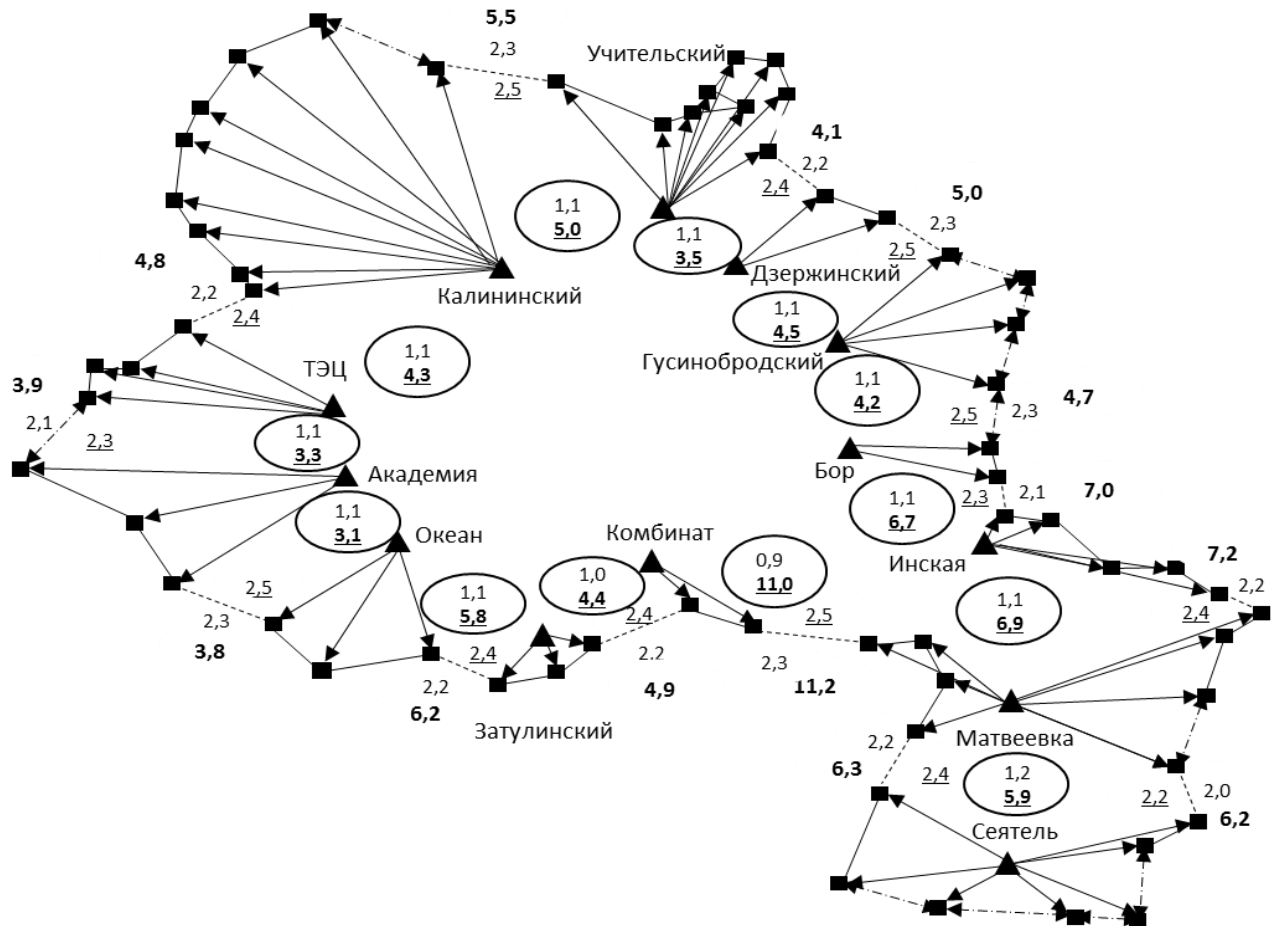
Анализ полученных значений СКО параметров позволяет сделать следующие выводы:

- точностные характеристики МСС, запроектированной в виде модифицированного лучевого варианта, соответствуют требованиям осуществления кадастровой деятельности;
- в полученных точностных характеристиках не учтены ошибки исходных данных исходной ступени ГО (ОМС);
- в представленной схеме МСС не предусмотрен контроль стабильности исходных пунктов ОМС в пространстве.

Однако в ряде случаев ошибки исходных данных оказывают серьёзное влияние на значения параметров сети и приводят к существенному искажению геопространственной информации об объектах кадастра и землеустройства.

Используя результаты проектирования и оценки точности ОМС, представленные в 3.2, можно учесть влияние ошибок исходных данных на построение МСС. При этом, в качестве исходных данных для оценки точности параметров (формула (3.21)), в одном случае использовались элементы корреляционной матрицы (формула (3.1)), соответствующие опорной геодезической сети второго класса (приложение Г), а, во втором – опорной межевой сети, созданной с использованием ГНСС-технологий (приложение М).

На рисунке 3.12 представлены результаты оценки точности проекта межевой сети сгущения с учётом влияния ошибок исходных данных для разных вариантов построения исходной первой ступени ГО.



Условные обозначения:

← . . . → – измерение линии между пунктами МСС методом ГНСС;

— — — — — измерение линии между пунктами МСС с использованием электронного тахеометра;

- - - - - линия между пунктами, которые определены от разных дифференциальных станций;

5,9 – СКО взаимного положения пунктов ОГС второго класса, построенной методом триангуляции;

1,1 – СКО взаимного положения пунктов ОМС при условии построения ОМС с использованием ГНСС-технологий;

2,7 – СКО взаимного положения пунктов МСС, измеренных с разных исходных пунктов ОМС, без учёта влияния ошибок исходных данных;

6,3 – СКО взаимного положения пунктов МСС с учётом влияния ошибок исходных данных (исходная сеть ОГС 2 класса, построенная методом триангуляции);

2,5 – СКО взаимного положения пунктов МСС, измеренных с разных исходных пунктов ОМС, с учётом влияния ошибок исходных данных (исходная сеть ОМС, построенная методом ГНСС-технологий)

Рисунок 3.12 – Результаты оценки точности проекта МСС с учётом влияния ошибок исходных данных для разных вариантов построения первой ступени ГО

Оценка влияние ошибок исходных данных была произведена с использованием алгоритма Коугия В. А. [61] по формуле (3.26).

В таблице 3.7 приведены результаты оценки точности межевой сети сгущения с учётом влияния ошибок исходных данных при различных способах построения первой ступени ГО.

Таблица 3.7 – Результаты оценки точности межевой сети сгущения

Параметр	Максимальное значение параметра			
	Нормативное значение	Без учёта ошибок исходных данных	С учётом ошибок исходных данных в зависимости от способа построения первой ступени ГО	
			ГНСС	Триангуляция
СКО положения наиболее слабого пункта, см	10,0	2,2	2,3	13,9
СКО взаимного положения пунктов МСС, см	2,5	2,3	2,5	11,2

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

- при построении геодезического обоснования для координирования характерных точек, закрепляющих границы территориального образования, необходимо оценивать влияние ошибок исходных данных, так как оно может приводить к существенному искажению информации о местоположении на местности объектов кадастровой и землеустроительной деятельности;

- в случае построения межевой сети сгущения для координирования городской черты от исходных пунктов ОМС, созданной с использованием ГНСС-технологий, ошибками исходных данных можно пренебречь. При использовании

в качестве исходных данных существующего городского геодезического обоснования или государственных геодезических сетей математическую обработку результатов наблюдений необходимо выполнять с учетом ошибок исходных данных по алгоритмам, предложенным Маркузе Ю. И.;

– предложенный вариант проектирования межевой сети сгущения для целей координирования городской черты города Новосибирска от исходных пунктов ОМС, созданной с использованием ГНСС-технологий в виде “*модифицированного лучевого варианта*”, позволяет получить качественные геодезические построения, точность которых соответствует разработанному критериальному алгоритму. При таком способе построения влиянием ошибок исходных данных можно пренебречь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённых теоретических и экспериментальных исследований была разработана и исследована методика координатного обеспечения кадастровой деятельности в территориальных образованиях.

Решение поставленных в диссертационном исследовании научно-технических задач позволило сформулировать следующие основные выводы:

– в результате информационно-аналитического обзора определены области нарушения земельного законодательства и существенные недостатки нормативно-правовых документов, регламентирующих геодезическое обеспечение государственного кадастра недвижимости, которые обуславливают серьезные затруднения при осуществлении кадастровой деятельности и землеустроительных мероприятий в территориальных образованиях;

– предложена структура трехступенчатого геодезического обоснования, предусматривающая особенности землеустроительной и кадастровой деятельности, позволяющая не учитывать влияние ошибок исходных данных, и предназначенная как для координатного обеспечения кадастровой деятельности, так и для выполнения градостроительных мероприятий;

– для каждой ступени геодезического обоснования предложены технологические решения по контролю точности использования измерительных технологий и анализу стабильности исходных пунктов;

– при построении третьей ступени геодезического обоснования предложено одновременное координирование характерных точек границ земельных участков и контуров объектов капитального строительства, позволяющее создать “*постоянное геодезическое обоснование*” в пределах кадастрового квартала и использовать его в ходе дальнейших кадастровых работ;

– в зависимости от плотности застройки и реальной точности координирования объектов капитального строительства предложены технологические реше-

ния по восстановлению характерных точек земельных участков относительно ОКС случае их утраты или возникновения земельных споров;

- разработан критериальный алгоритм, устанавливающий требования к точности параметров всех ступеней геодезического обоснования, основанный на нормативной средней квадратической ошибке взаимного положения характерных точек земельных участков в кадастровом квартале;

- на основании предложенной структуры и разработанного критериального алгоритма выполнен проект геодезического обоснования на территорию города Новосибирска;

- с использованием метода математического моделирования выполнен анализ точности параметров всех ступеней запроектированного геодезического обоснования.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы:

- в результате выполненных исследований доказано, что разработанная методика позволяет создавать геодезическое обоснование и может использоваться всеми производственными подразделениями при выполнении координирования объектов землеустроительной и кадастровой деятельности в территориальном образовании;

- разработанный критериальный алгоритм является надежной основой для подготовки Министерством экономического развития Российской Федерации нормативно-правового документа, регламентирующего создание геодезического обоснования для координатного обеспечения землеустроительной и кадастровой деятельности;

- представленные теоретические положения позволят разработать методику создания геодезического обоснования для геопространственного обеспечения территориальных образований и создания 3-D кадастра в Российской Федерации.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- АБС – активные базовые станции;
- ГКН – государственный кадастр недвижимости;
- ГКУ – государственный кадастровый учёт;
- ГНСС – глобальные навигационные спутниковые системы;
- ГО – геодезическое обоснование;
- ГСО – геодезическое съёмочное обоснование;
- ГСС – геодезическая сеть сгущения;
- ЗУ – земельный участок;
- ИСЗ - искусственные спутники Земли;
- КК – кадастровый квартал;
- МСО – межевое съёмочное обоснование;
- МСС – межевая сеть сгущения;
- ОГС – опорная геодезическая сеть;
- ОКС – объект капитального строительства;
- ОМС – опорная межевая сеть;
- ОН – объект недвижимости;
- СК – система координат;
- СКО – средняя квадратическая ошибка;
- СКП – средняя квадратическая погрешность;
- СНГО - система навигационно-геодезического обеспечения;
- СТП – система точного позиционирования;
- ТО – территориальное образование;
- ФАГС – фундаментальная астрономо-геодезическая сеть;
- ФНС – федеральная налоговая система.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аврунев, Е. И. Геодезическое обеспечение государственного кадастра недвижимости [Текст] / Е. И. Аврунев. – Новосибирск: СГГА, 2011. – 143 с.
- 2 Аврунев, Е. И. К вопросу об оценке качества межевания земельных участков [Текст] / Е. И. Аврунев, И. А. Гиниятов, М. В. Метелева // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013: IX Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб. материалов в 4 т., 15–26 апр. 2013 г. – Новосибирск: СГГА, 2013. – Т. 3. – С. 43–50.
- 3 Аврунев, Е. И. К вопросу об оптимальном проектировании городских геодезических сетей [Текст] / Е. И. Аврунев, А. И. Лесных // Вестник СГГА. – 1998. – Вып. 3. – С. 12–19.
- 4 Аврунев, Е. И. К вопросу о геодезическом обеспечении работ по инвентаризации городских земель [Текст] / Е. И. Аврунев, В. Б. Жарников, А. И. Лесных // Вестник СГГА. – 1999. – Вып. 4. – С. 48–53.
- 5 Аврунев, Е. И. Исследование структуры геодезического обоснования для обеспечения кадастровой деятельности в территориальном образовании [Текст] / Е. И. Аврунев, М. В. Метелева // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 4/С – С. 163–170.
- 6 Аврунев, Е. И. О совершенствовании системы координатного обеспечения государственного кадастра недвижимости [Текст] / Е. И. Аврунев, М. В. Метелева // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 1 (25). – С. 60-66.
- 7 Аврунев, Е. И. Оценка точности геодезических сетей для целей государственного кадастра недвижимости [Текст] / Е. И. Аврунев, К. А. Карпик // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 5. – С. 94–99.
- 8 Аврунев, Е. И. Предложения по восстановлению границ земельных участков при их уничтожении или несанкционированном нарушении [Текст] / Е. И. Аврунев, М. В. Метелева // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ 2015: XI Между-

нар. науч. конгр., 20–22 апр. 2015 г.; Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб. материалов в 4 т. – Новосибирск: СГУГиТ, 2015. – Т. 3. – С. 98-105.

9 Аврунев, Е. И. Результат оптимизации построения опорной геодезической сети на территорию города Новосибирска [Текст] / Е. И. Аврунев, М. В. Метелева // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ 2014: X Междунар. науч. конгр., 16-18 апреля 2014г.; Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб. материалов в 4 т. – Новосибирск: СГГА. – 2014. – Т. 3. – С. 108-111.

10 Алакоз, В. В. О проблемах геодезического обеспечения кадастра недвижимости [Текст] / В. В. Алакоз, В. В. Бойков, М. А. Монахова, Е. С. Пересадько // Геопрофи. – 2012. – № 4. – С. 11-15.

11 Антонович, К. М. Геопространственное обеспечение землеустроительных и кадастровых работ [Текст] / К. М. Антонович, Н. А. Николаев, А. А. Струков // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 139–143.

12 Антонович, К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст]: в 2 т. Т. 1. – М.: Картгеоцентр. – 2005. – 334 с.

13 Антонович, К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст]: в 2 т. Т. 2. – М.: Картгеоцентр. – 2006. – 360 с.

14 Багратуни, Г. В. О выборе оптимальной схемы построения геодезических сетей в городах [Текст] / Г. В. Багратуни, И. А. Седельников // Совершенствование программы и схемы построения опорных геодезических сетей на территории городов: материалы всесоюз. науч.-техн. конф.. – Новосибирск, 1980. – С. 12–21.

15 Батраков, Ю. Г. Геодезические сети сгущения [Текст] / Ю. Г. Батраков. – М.: Недра, 1987. – 255 с.

16 Большаков, В. Д. Городская полигонометрия [Текст] / В. Д. Большаков, Ю. И. Маркузе. – М.: Недра, 1979. – 302 с.

17 Брынь, М. Я. Разработка методов повышения точности геодезического обеспечения городского кадастра [Электронный ресурс]: автореф. дис. // Брынь Михаил Яковлевич. – Режим доступа: <http://www.spmi.ru/en/node/12235>.

18 Варданян, М. Р. Об уточнении и закреплении границ приватизированных объектов недвижимости в республике Армения [Текст] / М. Р. Варданян // Геопрофи. – 2013. – № 2. – 27-29 с.

19 Варламов, А. А. Государственный кадастр недвижимости: [Текст]: учебник / А. А. Варламов, С. А. Гальченко. — М.: КолосС, 2012, с. 542.

20 Варламов, А. А. Кадастровая деятельность [Текст]: учебник / А. А. Варламов, С. А. Гальченко, Е. И. Аврунев. — М.: Форум Инфра-М, 2015. — 256 с.

21 Вдовин, В. С. О некоторых вопросах перехода на геоцентрическую отсчетную основу в геодезической и картографической деятельности Российской Федерации [Электронный ресурс] / В. С. Вдовин. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/75393.html>.

22 Внедрение инновационных технологий геодезических измерений, сети базовых станций ГЛОНАСС/GPS [Электронный ресурс] : Режим доступа: http://www.gfk-leica.ru/tehnologii/seti_bazovyh_stancii_glonassgps/.

23 Генике, А. А., Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии [Текст]: учебник / А. А. Генике, Г. Г. Побединский. – 2-е изд. – М.: Картгеоцентр, 2004. – 346 с.

24 Геодезическое инструментоведение. Методические указания к лабораторному практикуму для студентов – бакалавров 1-го курса [Электронный ресурс]. – Екатеринбург, 2011. – Режим доступа: http://astro.ins.urfu.ru/sites/default/files/chair/study/courses/practice/geod_instrum/geodezicheskoe_instrumentovedenie.pdf

25 Герасимов, А. П. Местные системы координат [Текст] / А. П. Герасимов // Геопрофи. – 2009. – № 4. – С. 32-34.

26 Герасимов, А. П. Местные системы координат [Текст] / А. П. Герасимов, В. Г. Назаров. – М.: Проспект, 2010.

- 27 Герасимов, А. П. Проблемы государственной геодезической сети (в порядке дискуссии) координат [Текст] / А. П. Герасимов // Геопрофи. – 2010. – № 1. – С. 55-56.
- 28 Герасимов, А. П. Проблемы спутниковых дифференциальных геодезических станций [Текст] / А. П. Герасимов // Геопрофи. – 2012. – № 3. – С. 52-53.
- 29 Герасимов, А. П. Спутниковые геодезические сети [Текст] / А. П. Герасимов. – М., 2012.
- 30 Голубев, В. В. Геодезия. Вычисление и уравнивание геодезических сетей: справочное пособие [Текст] / В. В. Голубев, К. И. Маркузе, Е. Г. Бойко. – М.: Картогеоцентр-Геодезиздат, 1994. – 431 с.
- 31 Голубев, В. В. Уравнивание геодезических построений: справочное пособие [Текст] / В. В. Голубев, В. Д. Большаков, Ю. И. Маркузе. – М.: Недра, 1989. – 413 с.
- 32 Градостроительный кодекс РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: СПС КонсультантПлюс.
- 33 Гражданский кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] (часть первая) от 30.11.1994 № 51-ФЗ (ред. От 06.04.2011) // Режим доступа: СПС КонсультантПлюс.
- 34 Департамент информатизации и развития телекоммуникационных технологий Новосибирской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://infocom.nso.ru/Pages/default.aspx>.
- 35 Джоел ван Крейненброк Технологии ГНСС позволяют людям знать все точно [Текст] / Джоел ван Крейненброк // Геопрофи. – 2007. – № 3. – С. 6-8.
- 36 Дорожная карта Росреестра [Электронный ресурс]: план мероприятий «Повышение качества государственных услуг в сфере государственного кадастрового учета недвижимого имущества и государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним». – Режим доступа: СПС КонсультантПлюс.
- 37 Евстафьев, О. В. Наземная инфраструктура ГНСС для точного позиционирования [Текст] / О. В. Евстафьев // Геопрофи. – 2008. – № 1. – С. 21-24.

- 38 Евстафьев, О. В. Наземная инфраструктура ГНСС для точного позиционирования [Текст] / О. В. Евстафьев // Геопрофи. – 2009. – № 2. – С. 16-19.
- 39 Евстафьев, О. В. Тенденции и проблемы развития спутниковых СТП в России [Текст] / О. В. Евстафьев // Геопрофи. – 2012. – № 3. – С. 9-13.
- 40 Евстафьев, О. В. Самая северная в России референсная станция ГНСС [Текст] / О. В. Евстафьев, К. Е. Друзенко // Геопрофи. – 2012. – № 1. – С. 24-27.
- 41 Евстафьев, О.В. О правовой легитимности опорных станций ГНСС и региональных спутниковых СТП на территории РФ [Текст] / О. В. Евстафьев, С. А. Ванин // Геопрофи. – 2012. – № 5. – С. 8-11.
- 42 Еруков, С. В. Проблемы использования различных систем координат при выполнении городских геодезических работ [Электронный ресурс]: С. В. Еруков, О. В. Побединская - Режим доступа: <http://www.credo-dialogue.com/getattachment/1d75dec4-4214-4e61-88de-cda61de7c7b1/Problem-using-systems-koordinat.aspx>.
- 43 Журавлева, Е. В. Преимущества использования постоянно действующих базовых станций [Текст] / Е. В. Журавлева // Геопрофи. – 2008. – № 4. – С. 43-45.
- 44 Земельный кодекс Российской Федерации (по состоянию на 1 октября 2006 года) [Текст] – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2006. – 109 с.
- 45 Зубов, А. В. Особенности точных линейно-угловых измерений электронными тахеометрами [Текст] / А. В. Зубов, Т. В. Зубова // Геопрофи. – 2005. – № 4. – С. 50-51.
- 46 Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР [Текст] / 2-е изд., исправленное и дополненное. – М.: Недра, 1966 г. – 343 с.
- 47 Инструкция по межеванию земель [Текст] / Н. В. Комов / Комитет РФ по земельным ресурсам и землеустройству. – М.: Госкомзем, 1996. – 32 с.
- 48 Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS [Электронный ресурс]: ГКИНП (ОНТА)-02-262-02. – Режим доступа: СПС КонсультантПлюс.

49 Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 [Текст]. – М.: ГКИНП – 02 – 033 – 82. – М.: Недра, 1985. – 151 с.

50 Карпик, А. П. Методические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: монография [Текст] / А. П. Карпик. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 260 с.

51 Карпик, А. П. Информационное обеспечение геодезической пространственной информационной системы [Текст] / А. П. Карпик // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 70–73.

52 Карпик, А. П. Основные принципы формирования геодезического информационного пространства [Текст] / А. П. Карпик // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 73–78.

53 Карпик, А. П. Структурно-функциональная модель геодезической пространственной информационной системы [Текст] / А. П. Карпик // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2004. – № 6. – С. 140–148.

54 Карпик, А. П. Совершенствование методики контроля качества спутникового позиционирования при создании геоинформационного пространства территориального образования [Текст] / А. П. Карпик, А. А. Варламов, Е. И. Аврунев // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 185–188.

55 Карпик К. А. Разработка и исследование методики землеустроительных работ по описанию границ муниципальных образований [Электронный ресурс]: автореф. дис. – Режим доступа: <http://sgugit.ru/science-and-innovations/dissertation-councils/dissertations/karpik-kirill-aleksandrovich/>.

56 Ключниченко, В. Н. Государственный кадастр недвижимости [Текст]: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / В. Н. Ключниченко, Н. С. Ивчатова, О. В. Пустовалова; под общ. ред. В. Н. Ключниченко. – Новосибирск: СГГА, 2014. – 248 с.

57 Предложения по совершенствованию структуры геопро пространственного обеспечения территории населенных пунктов [Текст] / В. Г. Колмогоров, Е. И. Аврунев, М. В. Метелева, А. В. Радченко // Изв. вузов Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С – С. 186–188.

58 Комаров, Р. В. Геодезия с основами космоаэрофотосъемки [Электронный ресурс]: учебно-метод. пособие // Р. В. Комаров, Г. З. Минсафин. – Казань, 2008. – Режим доступа: <http://kpfu.ru/docs/F1752546550/geodezia!183.pdf>.

59 Концепция перехода топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений [Текст] М.: ЦНИИГАиК, 1995. – 400 с.

60 Концепция развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://правительство.рф/gov/results/13720>.

61 Коугия, В. А. Геодезические работы при строительстве мостовых переходов [Текст] / В. А. Коугия. – М.: Недра, 1986. – 248с.

62 Кузнецов, П. Н., Геодезическое инструментоведение [Текст]: учеб. пособие / П. Н. Кузнецов, И. Ю. Васютинский, Х. К. Ямбаев. – М.: Недра, 1984. – 364 с.

63 Лохов, В. С. Развитие сетей референцных станций на территории России под эгидой ЗАО «Прин» [Текст] / В. С. Лохов, В. А. Моряков // Геопрофи. – 2012. – № 1. – С. 44-47.

64 Анализ состояния государственной геодезической сети России с учетом существующих и перспективных требований [Текст] / Е. М. Мазурова, К. М. Антонович, Е. К. Лагутина, Л. А. Липатников // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 3 (27). – С. 84 - 89.

65 Маркузе, Ю. И. Уравнивание и оценка точности плановых геодезических сетей [Текст] / Ю. И. Маркузе. – М., Недра, 1982. – 191 с.

66 Маркузе, Ю. И. Алгоритмы для уравнивания геодезических сетей на ЭВМ [Текст] / Ю. И. Маркузе. – М.: Недра, 1989. – 248 с.

67 Маркузе, Ю. И. Основы уравнивательных вычислений [Текст] / Ю. И. Маркузе. – М.: Недра, 1990. – 240 с.

68 Маркузе, Ю. И. Два алгоритма объединения наземных и спутниковых геодезических сетей [Текст] / Ю. И. Маркузе, Welsch Walter Maria // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1995. – № 2. – С. 45–65.

69 Маркузе, Ю. И. Уравнивание пространственных наземных и спутниковых геодезических сетей [Текст] / Ю. И. Маркузе, Хоанг Нгок Ха. – М.: Недра, 1991. – 275 с.

70 Мельников, А. В. О местных системах координат и геодезической основе государственного кадастра недвижимости [Текст] / А. В. Мельников, У. Д. Самратов, В. В. Хвостов // Геопрофи. – 2011. – № 4. – С. 53-55.

71 Методические рекомендации по проведению межевания объектов землеустройства. ЕСТЗем. 16–05–007–03: утв. Росземкадастром 17 февр. 2003 г. (ред. от 18.04.2003). / Федеральная служба земельного кадастра России [Текст]. – М.: Росземкадастр, 2003. – 27 с.

72 Мирошниченко, С. Г. Рекомендации по решению проблем, связанных с пересечением границ земельных участков [Текст] / С. Г. Мирошниченко // Кадастр недвижимости. – 2012. – № 1 (26). – С. 78–82.

73 Неумывакин, Ю. К. Земельно-кадастровые геодезические работы [Текст] / Ю. К. Неумывакин, М. И. Перский. – М.: КолосС, 2005. – 184 с.

74 О землеустройстве [Электронный ресурс]: федер. закон от 18.06. 2001 г. № 78-ФЗ. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12123351/>.

75 О геодезии и картографии [Электронный ресурс]: федер. закон от 26 декабря 1995 года № 209-ФЗ. – Режим доступа: СПС КонсультантПлюс.

76 О государственном кадастре недвижимости [Электронный ресурс]: федер. закон Российской Федерации от 24 июля 2007 г. № 221-ФЗ. – Режим доступа: СПС КонсультантПлюс.

77 О государственной регистрации недвижимости [Электронный ресурс]: федер. закон Российской Федерации от 13 июля 2015 г. № 218-ФЗ. – Режим доступа: СПС КонсультантПлюс.

78 О требованиях к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, а также контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке [Текст]: приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 17 августа 2012 г. № 518 // Рос. газ. – 2013. – 16 янв.

79 Об использовании глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в интересах социально-экономического развития Российской Федерации [Текст]: указ Президента Рос. Федерации от 17. 05.2007 г. № 638 // Рос. газ. – 2007. – 23 мая.

80 О внесении изменений в Федеральный закон «О государственном кадастре недвижимости» и отдельные законодательные акты Российской Федерации (о комплексных кадастровых работах, проводимых в целях образования земельных участков, уточнения местоположения их границ, а также установления местоположения зданий, сооружений и объектов незавершенного строительства) [Электронный ресурс]: федер. закон Российской Федерации. – Режим доступа: СПС КонсультантПлюс.

81 Об утверждении порядка описания местоположения границ объектов землеустройства [Электронный ресурс]: приказ Министерства экономического развития РФ от 3 июня 2011 г. № 267. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12188046/>.

82 Об утверждении Правил закрепления центров на пунктах СГС [Электронный ресурс]: приказ Роскартографии от 07.05.2001 № 104-пр. – Режим доступа: СПС КонсультантПлюс.

83 Об утверждении Правил установления на местности границ объектов землеустройства [Электронный ресурс]: постановление Правительства Российской Федерации от 20 августа 2009 г. № 688 г. – Режим доступа: СПС КонсультантПлюс.

84 Об утверждении требований к проекту межевания земельных участков [Электронный ресурс]: приказ Минэкономразвития РФ от 03.08.2011 № 388. – Режим доступа: СПС КонсультантПлюс.

85 Оньков, И. В. Технология создания пространственной сети опорных марок для съемки фасадов зданий [Текст] / И. В. Оньков, С. В. Семенов // Геопрофи. – 2010. – № 4. – С. 20-22.

86 ГКИМП (ГНТА) - 01 - 006 – 03. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации [Текст] / Федеральная служба геодезии и картографии России. – М.: 2004. – 28 с.

87 ГКИНП 01-006-03. Основные положения об опорной межевой сети [Текст] / Федеральная служба геодезии и картографии России. – М.: Росземкадастр, 2002. – 16 с.

88 ГКИНП (ОНТА) - 01-268-02. Основные положения по созданию и обновлению опорной геодезической сети г. Москвы [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/>.

89 Перский, М. И. О точности работ при восстановлении границ земельных участков [Текст] / М. И. Перский // Геодезия и картография. – 1995. – № 12. – С. 38–41.

90 Подъезтков, Ю. А. Космическая глобальная радионавигация: роль и место российской системы ГЛОНАСС [Электронный ресурс]: Журнал CONNECT. – 2007. – № 7. – Режим доступа: <http://www.connect.ru/article.asp?id=7910>.

91 Правила установления местных систем координат [Электронный ресурс]: утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 3 марта 2007 г. № 139. – Режим доступа: СПС КонсультантПлюс.

92 Резолюция второго всероссийского съезда кадастровых инженеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://unioncadastre.ru/blog/news/8.html>.

93 Резолюция третьего всероссийского съезда кадастровых инженеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.ru/site/>.

94 Резолюция четвертого всероссийского съезда кадастровых инженеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.ru/site/>.

95 Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS [Электронный ресурс]: ГКИНП (ОНТА)-01-271-03. – Режим доступа: СПС КонсультантПлюс.

96 Савиных, В. П. Проблемы реконструкции городских геодезических сетей на основе GPS технологий [Текст] / В. П. Савиных и др. // Сферы применения GPS-технологий: тез. докл. междунар. конф. – Новосибирск, 1995. – С. 5–7.

- 97 Серапинас, Б. Б. Оценка точности опорных геодезических сетей [Текст] / Б. Б. Серапинас // Итоги науки и техники. Геодезия и аэрофотосъемка. — М., 1977. — Т. 12. — 142 с.
- 98 Серов, А. Ю. Создание современной геодезической основы Московского региона [Текст] / А. Ю. Серов, С. Г. Гаврилов // Геопрофи. — 2014. — № 3. — С. 4–8.
- 99 Сеть наземных базовых станций [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.ssga.ru/main/set_nazemnyh_bazovyh_stanciy.html.
- 100 Судаков, С. Г. Основные геодезические сети [Текст]: учебник для вузов / С. Г. Судаков. — М.: Недра, 1975. — 368 с.
- 101 Тамутис, З. П. Оптимальные методы проектирования геодезических сетей [Текст] / З. П. Тамутис. — М.: Недра, 1979. — 128 с.
- 102 Терентьев, Д. Ю. Некоторые проблемы выполнения кадастровых работ [Текст] / Д. Ю. Терентьев // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ 2012: IX Междунар. науч. конгр., 15-26 апреля 2013г.; Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб. материалов в 4 т. — Новосибирск: СГГА. — 2012. — Т. 3. — С. 151-154.
- 103 Уставич, Г. А. Совершенствование структуры топографических планов для целей государственного кадастра недвижимости [Текст] / Г. А. Уставич, Е. И. Аврунев // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. — 2012. — № 2/1. — С. 136–139.
- 104 Учаев, В. И. О некоторых вопросах геодезического обеспечения кадастровой деятельности [Текст] / В. И. Учаев // Геопрофи. — 2012. — № 1. — С. 49-53.
- 105 Хлебодаров, М. Ю. Современные технологии традиционной геодезии [Текст] / М. Ю. Хлебодаров // Геопрофи. — 2008. — № 3. — С. 43-45.
- 106 Шеполухин, В. А. Система точного позиционирования Московской области [Текст] / В. А. Шеполухин // Геопрофи. — 2013. — № 5. — С. 5-7.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

СКО ИЗМЕРЕНИЙ ОГС 2 КЛАССА, ПОСТРОЕННОЙ МЕТОДОМ
ТРИАНГУЛЯЦИИ

Таблица А.1

ПУНКТ СТОЯНИЯ	ПУНКТ НАБЛЮДЕНИЯ	СКО УРАВН. НАПРАВЛЕНИЯ	СКО УРАВН. ЛИНИИ	СКО ВЗАИМ. ПОЛ.
1	5	1.51	2.50	4.67
	6	1.43	1.64	2.57
	7	1.37	2.06	3.25
	13	1.23	1.61	3.10
	3	1.00	1.43	2.01
3	1	1.00	1.43	2.01
	13	1.24	1.43	2.49
	15	1.35	1.86	3.48
	11	1.37	4.44	7.48
	10	1.50	1.64	2.79
	5	1.49	2.49	4.91
4	8	1.49	2.47	3.54
	12	1.44	3.03	4.50
	15	1.43	2.01	3.30
	13	1.44	1.83	3.16
	7	1.34	2.61	6.23
5	6	1.47	2.68	4.77
	1	1.51	2.50	4.67
	3	1.49	2.49	4.91
	10	1.40	2.52	5.41
	14	1.49	1.94	4.66
	17	1.60	1.91	3.54
	18	1.65	2.62	4.77
	9	1.65	3.18	5.73
6	7	1.43	1.95	2.85
	13	1.24	2.36	4.86
	1	1.43	1.64	2.57
	5	1.47	2.68	4.77
	9	1.66	4.18	6.23
7	8	1.51	1.69	4.98
	4	1.34	2.61	6.23
	13	1.33	1.97	4.44
	1	1.37	2.06	3.25
	6	1.43	1.95	2.85
8	4	1.49	2.47	3.54
	13	1.48	2.48	4.02
	7	1.51	1.69	4.98
9	6	1.66	4.18	6.23
	1	1.53	4.31	7.37

	5	1.65	3.18	5.73
	18	1.78	2.55	3.31
10	3	1.50	1.64	2.79
	15	1.39	1.89	3.40
	11	1.45	3.68	6.03
	16	1.49	2.12	3.45
	14	1.44	2.95	6.29
	5	1.40	2.52	5.41
11	20	1.75	4.21	6.72
	21	1.68	6.57	11.24
	19	1.58	4.88	9.14
	16	1.48	4.04	7.35
	10	1.45	3.68	6.03
	3	1.37	4.44	7.48
	15	1.39	3.39	5.06
	12	1.55	2.93	4.18
12	11	1.55	2.93	4.18
	15	1.43	2.75	4.06
	13	1.34	3.58	5.66
	4	1.44	3.03	4.50
13	8	1.48	2.48	4.02
	4	1.44	1.83	3.16
	12	1.34	3.58	5.66
	15	1.36	1.46	2.42
	3	1.24	1.43	2.49
	1	1.23	1.61	3.10
	6	1.24	2.36	4.86
	7	1.33	1.97	4.44
14	17	1.67	1.70	5.79
	5	1.49	1.94	4.66
	10	1.44	2.95	6.29
	16	1.52	2.57	4.42
	19	1.63	4.12	7.43
15	4	1.43	2.01	3.30
	12	1.43	2.75	4.06
	11	1.39	3.39	5.06
	10	1.39	1.89	3.40
	3	1.35	1.86	3.48
	13	1.36	1.46	2.42
16	10	1.49	2.12	3.45
	11	1.48	4.04	7.35
	20	1.53	5.95	11.00
	19	1.55	3.48	5.71
	14	1.52	2.57	4.42
	17	1.52	2.90	7.82
17	18	1.76	2.29	3.09
	5	1.60	1.91	3.54
	16	1.52	2.90	7.82
	14	1.67	1.70	5.79
18	9	1.78	2.55	3.31

	5	1.65	2.62	4.77
	17	1.76	2.29	3.09
19	14	1.63	4.12	7.43
	16	1.55	3.48	5.71
	11	1.58	4.88	9.14
	20	1.66	5.36	10.13
	21	1.79	5.18	10.09
	22	1.80	5.37	11.52
20	21	1.81	4.58	6.95
	19	1.66	5.36	10.13
	16	1.53	5.95	11.00
	11	1.75	4.21	6.72
21	22	1.94	1.76	5.91
	19	1.79	5.18	10.09
	11	1.68	6.57	11.24
	20	1.81	4.58	6.95
22	19	1.80	5.37	11.52
	21	1.94	1.76	5.91
		1.51	3.18	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ ОГС 2 КЛАССА, ПОСТРО-
ЕННОЙ МЕТОДОМ ТРИАНГУЛЯЦИИ

Таблица Б.1

ПУНКТ	Мх	Му	М
3	1.42401	1.42217	2.01255
4	3.16860	4.58062	5.56975
5	3.51724	3.07562	4.67230
6	1.67318	1.95544	2.57357
7	2.34552	2.25497	3.25366
8	3.88966	3.74008	5.39608
9	4.18114	6.06591	7.36731
10	2.87932	2.81883	4.02943
11	5.16018	6.98570	8.68490
12	4.45401	6.57214	7.93922
13	1.80658	2.52399	3.10391
14	6.77835	3.20005	7.49575
15	2.35356	3.90948	4.56326
16	5.03352	3.35943	6.05162
17	4.65691	5.65303	7.32417
18	4.35642	6.28780	7.64950
19	8.52567	6.58180	10.77066
20	7.72295	11.26769	13.66033
21	10.19360	13.41834	16.85115
22	14.13545	13.67596	19.66832
	5.81768	6.49667	8.72079

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФИГУРЫ, ОБРАЗОВАННОЙ
ПУНКТАМИ ОГС (1 ВАРИАНТ)

Таблица В.1

N	ПУНКТ
1	9
2	6
3	7
4	8
5	4
6	12
7	11
8	20
9	21
10	22
11	19
12	14
13	17
14	18
15	9

Площадь участка равна $S = -310515734.55205$ кв. м

Ошибка вычисления площади равна $M_p = 2360.72283$ кв.м

Относительная ошибка вычисления площади 1: -131534.18

Максимальная ошибка взаимного положения пунктов участка: 23.2834 между пунктами 9 и 22

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(справочное)

МАТРИЦА ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОГС 2 КЛАССА, ПОСТРОЕННОЙ
МЕТОДОМ ТРИАНГУЛЯЦИИ

Матрица весовых коэффициентов

2.0278	-0.0053	0.6986	2.7529	1.6949	-1.7619	-0.3273	-0.8705	-0.7978
-0.2314	-0.9533	2.0965	0.1997	-3.1652	2.7853	0.4704	4.1496	2.6650
2.7075	3.5998	1.0425	1.2164	3.5209	-1.6802	2.0843	1.8686	3.6991
0.0707	2.0277	-3.1337	1.0998	-3.4218	5.6819	-0.1727	5.9120	3.1701
7.4697	2.3329	9.1115	2.1975					
	2.0226	-3.3376	4.1029	2.8705	-0.8317	-0.3710	-1.7119	-2.2999
-1.1303	-4.0582	2.2653	1.6691	-4.2972	1.3594	3.4628	0.0153	7.6029
2.2755	6.6587	-1.7438	2.6932	6.0995	0.9907	-1.1449	4.3122	3.8115
3.2967	4.0397	-2.7722	3.0740	-3.8333	6.6015	6.1318	1.8310	11.3580
5.6424	12.6514	9.4759	12.7192					
		10.0400	-6.5914	-6.5922	1.9148	-0.0173	3.8926	4.3602
4.0095	9.0993	-1.4944	-3.8380	9.4489	-1.7406	-7.2733	3.5114	-16.9275
8.8325	-13.4241	4.6355	-4.4558	-13.6607	-2.6671	4.4759	-8.4069	-7.6113
-7.6075	-9.0730	6.2155	-6.9224	8.4935	-13.4287	-15.4098	0.0624	-
26.8503	-9.1001	-31.2298	-18.2458	-31.5445				
			20.9821	11.1544	-7.9746	-2.5512	-6.6814	-8.8556
-2.9918	-14.9519	14.7112	3.6968	-19.6347	10.3604	7.7960	15.1159	
24.9328	4.8533	28.0867	-2.3814	10.7131	23.3861	-3.9084	3.0976	15.9877
18.9764	5.9020	14.4375	-16.3672	9.4917	-19.4577	31.7919	10.5682	
25.4799	33.0304	38.0534	31.3950	51.0285	30.9134			
				12.3710	-4.7839	-0.2943	-6.0445	-5.5265
-4.3439	-9.7719	6.0385	7.6160	-15.6778	6.9675	6.7288	4.6729	20.0071
2.3222	18.1579	-2.2486	6.4480	21.4818	0.3061	0.0530	10.7592	14.5896
6.8697	15.2216	-10.9272	12.1501	-14.1393	22.9700	14.7862	10.3547	
30.3542	21.2798	33.4001	32.3066	33.5154				
					9.4594	2.3232	3.1334	3.9878
0.5367	5.3563	-5.5904	3.5486	14.0304	-6.0197	-2.5834	-6.8434	-11.5170
-2.1230	-11.5863	0.1969	-4.1334	-13.3851	6.6614	-2.1996	-6.4435	-
10.7814	-0.3090	-5.5590	16.2332	-0.5481	16.6325	-18.9190	-3.8141	-
12.8239	-17.7105	-21.1884	-17.7975	-29.7489	-17.6190			
						2.7995	0.3634	1.9730
1.8364	1.3648	-2.5900	1.8037	3.4940	-1.3499	-0.5988	-2.2202	-2.5206
1.2234	-2.9403	0.1732	-1.3977	-2.4102	1.9536	-0.7472	-1.7765	-2.2775
0.1798	-0.4828	4.0104	0.7685	4.1228	-4.3375	-0.0830	-3.8474	-3.4542
5.6112	-2.9731	-7.4434	-2.8759					
							3.8237	3.4440
2.5737	5.9083	-3.6892	-3.2231	9.2389	-3.8230	-3.8369	-2.9842	-11.3466
1.0912	-10.6378	1.3977	-3.8422	-11.5016	0.4368	-0.0113	-6.2810	-8.0385
-3.5921	-7.7433	6.7588	-5.8523	8.5353	-13.0995	-7.6702	-6.5448	-
16.9400	-12.7934	-18.2676	-19.1227	-18.2841				
								5.5014
1.1878	7.5066	-5.8463	-1.6451	10.2802	-4.2345	-4.5693	-4.3158	-13.1665
0.4628	-13.0475	1.9793	-5.1060	-12.0899	1.2501	-0.1252	-7.8191	-8.8754
-3.7976	-7.3118	8.4414	-4.7217	10.1256	-15.1591	-7.6620	-8.9683	-
18.9308	-16.0876	-19.6423	-23.3423	-19.5655				
5.0849	4.2468	-0.0512	-3.7367	4.3711	-1.6018	-2.8123	0.1368	-7.3197
2.7540	-6.2586	1.3356	-1.7147	-7.0745	-1.4284	1.1906	-3.5667	-4.2852
-3.2668	-5.5528	2.1081	-5.0014	3.3917	-6.6796	-6.5488	-1.3542	-11.3194
-5.0944	-12.9955	-8.8353	-13.1104					

15.1295 -9.5220 -4.3217 15.9078 -6.4938 -8.1733 -6.3949 -22.6622
 2.0680 -22.5947 4.2946 -8.0432 -20.1835 0.5906 0.9437 -13.1761 -
 14.3720 -7.3238 -12.9162 12.1985 -9.1360 15.1751 -24.4434 -14.0885 -
 13.8398 -32.3573 -25.5339 -33.8013 -37.4369 -33.7077

13.9882 1.0755 -12.0205 7.1767 3.7480 12.6066 13.6442 6.6448 17.1610
 -0.7879 7.0192 13.2203 -3.9443 3.6923 9.6995 11.8370 2.0495 7.7323 -
 10.7109 4.5514 -12.2969 19.8423 3.0383 19.4681 16.5963 26.1347 13.8656
 33.1175 13.3876

17.4820 -0.7452 1.5902 3.3248 -0.0367 7.4648 -2.4828 6.6619 -1.5148
 2.3492 7.3997 5.8998 -1.1546 4.0726 4.0715 5.0362 11.7168 7.1462
 15.8424 4.1918 4.2723 8.2104 0.3447 10.1670 2.3507 11.7608 4.3289
 11.9026

36.7953 -12.4831 -10.3197 -10.2673 -33.1135 1.5939 -30.6941 3.1751 -
 11.1126 -35.3256 6.3200 -1.4196 -18.0765 -25.3753 -8.2695 -20.0225
 29.0353 -11.5952 35.0768 -42.6616 -20.4991 -22.0337 -50.9347 -42.3060
 -54.8210 -62.8540 -54.8268

8.2905 3.0055 10.4664 13.0191 4.5247 14.4656 0.2950 5.2279 14.4518 -
 4.3908 3.6438 7.8066 13.0172 1.8692 8.6336 -11.4183 5.2151 -12.9538
 20.6828 4.1963 16.8000 17.8263 24.4459 16.8615 32.3328 16.5719

7.9458 -1.2721 17.1861 -6.1756 13.8887 -3.4249 5.1595 14.4626 2.0026
 -2.7279 9.0985 8.7068 7.4544 9.2612 -7.3836 6.7004 -9.6408 15.0847
 14.7153 2.5855 26.6775 11.7329 30.4362 20.8955 30.6777

26.6275 5.9285 18.6959 16.2601 3.1458 6.0264 8.9154 -8.7155 9.6341
 7.0233 12.4927 -4.2071 5.0668 -10.5530 2.4350 -11.1276 19.9237 -
 10.9995 34.7798 -0.1752 36.0332 -10.0404 37.8675 -11.2477

48.8000 -9.9201 41.7876 -6.9239 15.0384 42.9634 -1.0934 -2.5796
 25.6792 30.2128 16.4993 26.5975 -26.6648 17.8665 -32.5332 51.2502
 33.9923 20.9373 73.6770 48.2994 80.5112 75.9568 80.7040

19.8382 -0.3974 4.9381 0.4976 -5.6476 -6.7079 8.9245 -1.9779 1.0016 -
 8.2523 -3.9719 -0.6687 -3.5614 0.6477 0.5931 -18.5550 20.5875 -21.7312
 13.6801 -31.1895 7.1288 -32.1622

43.1930 -4.9539 15.3956 38.1338 -3.7586 1.6261 24.7652 29.0292 11.9114
 23.7436 -25.0277 15.9468 -30.1826 48.8446 22.9440 31.5070 58.7248
 53.4923 59.8156 75.9600 59.4451

3.2637 -1.6667 -4.9056 -1.9304 3.0027 -3.3530 -2.0349 -3.6480 -3.2947
 1.7045 -2.6220 2.6540 -4.0182 -7.2494 2.2089 -11.2738 -1.4113 -13.5650
 -4.9936 -13.7564

6.3705 13.6703 -1.3081 0.8325 9.2959 10.4102 4.3329 8.4957 -8.9742
 5.7066 -10.8730 17.5487 8.2128 11.5042 21.0197 19.3297 21.3275 27.3311
 21.1861

45.9460 -2.7664 -0.1257 22.8858 31.1461 13.5891 28.0406 -29.5820
 18.4231 -35.3577 50.8934 31.1613 21.7644 66.7430 46.8098 73.8349
 72.0733 74.1149

10.2403 -4.1531 -1.2474 -5.4168 5.4924 1.0071 10.1277 4.1261 9.1622 -
 10.7282 7.6142 -13.6650 -0.9388 -17.0210 2.3987 -20.6396 2.8732

5.5392 -0.0214 2.8441 -3.6679 -0.4831 -2.5510 -1.0026 -2.1123 3.9096
-7.7200 11.5280 -6.7039 9.9758 -10.7857 8.6121 -11.2382

15.2841 16.7015 8.1035 14.2481 -14.4864 9.6350 -17.6655 28.3058
15.8558 15.6318 37.0641 29.3065 38.9258 43.2152 38.8369

25.3363 7.8332 18.7671 -22.1936 11.7762 -25.8779 40.6694 17.0110
23.9238 45.0212 41.9884 47.4789 60.3569 47.3617

11.2858 9.6126 -4.2014 7.9340 -6.7613 12.7025 19.3495 -3.2856 27.1634
4.7801 33.5489 12.6732 34.1337

21.6868 -12.9595 17.6159 -17.8427 29.6265 20.3787 12.2595 40.5902
26.7083 45.0447 41.2674 45.2484

31.9567 -2.2734 33.6827 -38.5881 -13.7834 -21.7334 -41.8072 -39.8234 -
44.2894 -58.2082 -44.1784

18.9784 -7.7748 17.3345 15.2403 6.2444 26.5122 14.6819 29.7223 23.1565
29.9123

39.5364 -44.3208 -18.7450 -23.6070 -50.6726 -44.6233 -54.2717 -65.9452
-54.2275

72.6870 26.2129 41.0063 78.9513 75.0393 83.5520 109.5979 83.3410

43.3202 -10.2052 58.9929 7.1303 74.0369 24.0533 75.4477

59.6439 18.0020 68.6436 4.0609 79.3565 1.9820

126.9607 67.0257 142.4643 116.1345 143.3071

103.9095 56.8341 135.9637 54.6414

180.0518 118.3014 181.9890

199.8108 116.6311

187.0319

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(справочное)

СКО ИЗМЕРЕНИЙ ОГС, ПОСТРОЕННОЙ МЕТОДОМ ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫХ
ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица Д.1

ПУНКТ СТОЯНИЯ	ПУНКТ НАБЛЮДЕНИЯ	СКО УРАВН. НАПРАВЛЕНИЯ	СКО УРАВН. ЛИНИИ	СКО ВЗАИМ. ПОЛ.
1	5	1.27	0.96	3.45
	6	1.30	0.88	2.01
	7	1.26	1.05	2.54
	13	1.14	0.83	2.59
	3	1.00	0.91	1.69
3	1	1.00	0.91	1.69
	13	1.18	0.80	2.11
	15	1.25	0.82	2.83
	11	1.23	1.02	5.49
	10	1.33	0.92	2.21
	5	1.23	0.99	3.63
4	8	1.28	1.17	2.48
	12	1.23	1.08	3.04
	15	1.24	0.91	2.45
	13	1.26	0.83	2.39
	7	1.16	1.06	5.04
5	6	1.24	1.10	3.51
	1	1.27	0.96	3.45
	3	1.23	0.99	3.63
	10	1.18	0.96	4.16
	14	1.22	1.16	3.64
	17	1.29	0.93	2.57
	18	1.31	0.98	3.30
	9	1.29	1.07	3.87
6	7	1.30	1.04	2.16
	13	1.14	0.98	4.04
	1	1.30	0.88	2.01
	5	1.24	1.10	3.51
	9	1.36	1.36	4.02
7	8	1.22	1.26	4.00
	4	1.16	1.06	5.04
	13	1.17	0.88	3.62
	1	1.26	1.05	2.54
	6	1.30	1.04	2.16
8	4	1.28	1.17	2.48
	13	1.28	1.17	2.96
	7	1.22	1.26	4.00
9	6	1.36	1.36	4.02
	1	1.29	1.28	5.20

	5	1.29	1.07	3.87
	18	1.40	1.34	2.13
10	3	1.33	0.92	2.21
	15	1.25	0.94	2.71
	11	1.25	0.94	4.22
	16	1.28	1.10	2.59
	14	1.21	1.09	4.80
	5	1.18	0.96	4.16
11	20	1.33	1.29	4.18
	21	1.28	1.38	7.08
	19	1.24	1.25	6.19
	16	1.23	1.00	5.20
	10	1.25	0.94	4.22
	3	1.23	1.02	5.49
	15	1.24	0.95	3.48
	12	1.30	1.20	2.76
12	11	1.30	1.20	2.76
	15	1.26	0.93	2.79
	13	1.21	1.03	4.08
	4	1.23	1.08	3.04
13	8	1.28	1.17	2.96
	4	1.26	0.83	2.39
	12	1.21	1.03	4.08
	15	1.24	0.78	1.93
	3	1.18	0.80	2.11
	1	1.14	0.83	2.59
	6	1.14	0.98	4.04
	7	1.17	0.88	3.62
14	17	1.22	1.17	4.21
	5	1.22	1.16	3.64
	10	1.21	1.09	4.80
	16	1.25	1.09	3.15
	19	1.25	1.33	4.91
15	4	1.24	0.91	2.45
	12	1.26	0.93	2.79
	11	1.24	0.95	3.48
	10	1.25	0.94	2.71
	3	1.25	0.82	2.83
	13	1.24	0.78	1.93
16	10	1.28	1.10	2.59
	11	1.23	1.00	5.20
	20	1.24	1.19	7.60
	19	1.26	1.24	3.89
	14	1.25	1.09	3.15
	17	1.19	1.14	5.81
17	18	1.39	1.21	2.04
	5	1.29	0.93	2.57
	16	1.19	1.14	5.81
	14	1.22	1.17	4.21
18	9	1.40	1.34	2.13
	5	1.31	0.98	3.30

	17	1.39	1.21	2.04
19	14	1.25	1.33	4.91
	16	1.26	1.24	3.89
	11	1.24	1.25	6.19
	20	1.27	1.22	6.66
	21	1.29	1.27	6.36
	22	1.34	1.48	7.76
20	21	1.35	1.42	4.14
	19	1.27	1.22	6.66
	16	1.24	1.19	7.60
	11	1.33	1.29	4.18
21	22	1.41	1.66	4.42
	19	1.29	1.27	6.36
	11	1.28	1.38	7.08
	20	1.35	1.42	4.14
22	19	1.34	1.48	7.76
	21	1.41	1.66	4.42
		1.25	1.10	

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(справочное)

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ ОГС, ПОСТРОЕННОЙ
МЕТОДОМ ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Таблица Е.1

ПУНКТ	Мх	Му	М
3	1.08137	1.29606	1.68794
4	2.31253	3.94268	4.57083
5	2.89712	1.87953	3.45339
6	0.96837	1.76267	2.01116
7	2.11902	1.40737	2.54380
8	3.49976	2.63999	4.38382
9	1.75147	4.89274	5.19679
10	2.30027	2.49046	3.39023
11	2.07992	6.32121	6.65460
12	1.31365	6.03649	6.17777
13	1.16425	2.31576	2.59195
14	5.86941	1.41112	6.03666
15	0.99106	3.66613	3.79772
16	4.36787	2.37355	4.97112
17	3.86917	3.77513	5.40575
18	2.88022	4.68233	5.49726
19	7.23657	4.21329	8.37375
20	4.06713	9.34341	10.19023
21	7.46237	9.91745	12.41139
22	11.11170	10.04840	14.98133
	4.32548	5.03157	6.63524

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

(справочное)

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФИГУРЫ, ОБРАЗОВАННОЙ
ПУНКТАМИ ОГС (2 ВАРИАНТ)

Таблица Ж.1

N	ПУНКТ
1	9
2	6
3	7
4	8
5	4
6	12
7	11
8	20
9	21
10	22
11	19
12	14
13	17
14	18
15	9

Площадь участка равна $S = -310515734.55205$ кв. м

Ошибка вычисления площади равна $M_p = 1559.50475$ кв.м

Относительная ошибка вычисления площади $1: -199111.76$

Максимальная ошибка взаимного положения пунктов участка: 17.6056 между пунктами 9 и 22

ПРИЛОЖЕНИЕ И

(справочное)

СКО ИЗМЕРЕНИЙ ОГС, ПОСТРОЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГНСС-
ТЕХНОЛОГИЙ В СЕТЕВОМ ВАРИАНТЕ

Таблица И.1

ПУНКТ СТОЯНИЯ	ПУНКТ НАБЛЮДЕНИЯ	СКО УРАВН. НАПРАВЛЕНИЯ	СКО УРАВН. ЛИНИИ	СКО ВЗАИМ. ПОЛ.
1	5	0.25	0.62	0.91
	6	0.51	0.67	0.97
	7	0.39	0.65	0.97
	13	0.32	0.62	0.93
	3	0.48	0.64	0.93
3	1	0.48	0.64	0.93
	13	0.41	0.62	0.92
	15	0.32	0.61	0.92
	10	0.45	0.64	0.93
	5	0.24	0.60	0.90
4	8	0.48	0.72	1.09
	12	0.36	0.72	1.10
	15	0.38	0.65	0.96
	13	0.39	0.65	0.96
5	6	0.26	0.64	0.94
	1	0.25	0.62	0.91
	3	0.24	0.60	0.90
	10	0.20	0.60	0.91
	16	0.20	0.61	0.92
	14	0.25	0.64	0.94
	17	0.39	0.69	1.01
	18	0.32	0.68	1.03
	9	0.26	0.68	1.02
6	7	0.54	0.70	1.06
	1	0.51	0.67	0.97
	5	0.26	0.64	0.94
	9	0.30	0.73	1.11
7	8	0.26	0.73	1.09
	13	0.24	0.64	0.96
	1	0.39	0.65	0.97
	6	0.54	0.70	1.06
8	4	0.48	0.72	1.09
	13	0.35	0.69	1.01
	7	0.26	0.73	1.09
9	6	0.30	0.73	1.11
	5	0.26	0.68	1.02
	18	0.71	0.75	1.13
10	3	0.45	0.64	0.93
	15	0.33	0.63	0.92

	11	0.21	0.62	0.93
	16	0.37	0.65	0.93
	5	0.20	0.60	0.91
11	20	0.28	0.74	1.11
	19	0.14	0.65	0.95
	16	0.16	0.61	0.92
	10	0.21	0.62	0.93
	15	0.26	0.63	0.93
	12	0.42	0.72	1.08
12	11	0.42	0.72	1.08
	15	0.35	0.69	1.01
	4	0.36	0.72	1.10
13	8	0.35	0.69	1.01
	4	0.39	0.65	0.96
	15	0.46	0.62	0.90
	3	0.41	0.62	0.92
	1	0.32	0.62	0.93
	7	0.24	0.64	0.96
14	17	0.26	0.71	1.12
	5	0.25	0.64	0.94
	16	0.30	0.66	0.97
	19	0.22	0.69	1.07
15	4	0.38	0.65	0.96
	12	0.35	0.69	1.01
	11	0.26	0.63	0.93
	10	0.33	0.63	0.92
	3	0.32	0.61	0.92
	13	0.46	0.62	0.90
16	10	0.37	0.65	0.93
	11	0.16	0.61	0.92
	19	0.25	0.66	0.97
	14	0.30	0.66	0.97
	5	0.20	0.61	0.92
17	18	0.73	0.73	1.13
	5	0.39	0.69	1.01
	14	0.26	0.71	1.12
18	9	0.71	0.75	1.13
	5	0.32	0.68	1.03
	17	0.73	0.73	1.13
19	14	0.22	0.69	1.07
	16	0.25	0.66	0.97
	11	0.14	0.65	0.95
	20	0.14	0.69	1.02
	21	0.16	0.71	1.06
	22	0.17	0.78	1.22
20	21	0.30	0.75	1.14
	19	0.14	0.69	1.02
	11	0.28	0.74	1.11
21	22	0.31	0.78	1.20

	19	0.16	0.71	1.06
	20	0.30	0.75	1.14
22	19	0.17	0.78	1.22
	21	0.31	0.78	1.20
		0.35	0.67	

ПРИЛОЖЕНИЕ К

(справочное)

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ ОГС, ПОСТРОЕННОЙ С
ПРИМЕНЕНИЕМ ГНСС-ТЕХНОЛОГИЙ

Таблица К.1

ПУНКТ	Мх	Му	М
3	0.63423	0.68578	0.93410
4	0.82032	0.85648	1.18595
5	0.65150	0.63514	0.90987
6	0.67011	0.70050	0.96940
7	0.70071	0.67025	0.96965
8	0.86181	0.86690	1.22239
9	0.84730	0.91897	1.24997
10	0.75290	0.78995	1.09128
11	0.79961	0.86662	1.17916
12	0.89572	0.96597	1.31735
13	0.61792	0.68921	0.92566
14	0.88314	0.87330	1.24201
15	0.71582	0.78670	1.06363
16	0.82324	0.83858	1.17513
17	0.90943	0.95840	1.32121
18	0.91322	0.96013	1.32507
19	0.93111	0.94338	1.32550
20	1.03962	1.10773	1.51917
21	1.13721	1.17852	1.63773
22	1.24828	1.26052	1.77401
	0.85793	0.89293	1.23829

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

(справочное)

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФИГУРЫ, ОБРАЗОВАННОЙ
ПУНКТАМИ ОГС (3 ВАРИАНТ)

Таблица Л.1

N	ПУНКТ
1	9
2	6
3	7
4	8
5	4
6	12
7	11
8	20
9	21
10	22
11	19
12	14
13	17
14	18
15	9

Площадь участка равна $S = -310515734.55205$ кв. м

Ошибка вычисления площади равна $M_p = 293.16596$ кв.м

Относительная ошибка вычисления площади 1: -1059180.72

Максимальная ошибка взаимного положения пунктов участка: 1.9278 между пунктами 8 и 22

ПРИЛОЖЕНИЕ М

(справочное)

МАТРИЦА ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОГС 2 КЛАССА, ПОСТРОЕННОЙ
МЕТОДОМ ГНСС-ТЕХНОЛОГИЙ

0.4023	0.0168	0.2140	0.0212	0.2242	0.0114	0.1191	0.0183	0.1340	0.0192
0.1738	0.0132	0.1826	-0.0003	0.2780	0.0072	0.2581	0.0184	0.2477	
0.0256	0.1848	0.0206	0.2384	0.0155	0.2689	0.0266	0.2466	0.0156	0.2266
0.0103	0.2150	0.0057	0.2485	0.0181	0.2524	0.0170	0.2496	0.0174	0.2489
0.0177									
	0.4703	0.0204	0.2785	0.0147	0.2172	0.0173	0.1530	0.0208	
0.1415	0.0090	0.2346	0.0088	0.1958	0.0044	0.3202	0.0160	0.2909	0.0239
0.2926	0.0202	0.2575	0.0219	0.2446	0.0254	0.3117	0.0190	0.2755	0.0154
0.2224	0.0126	0.2096	0.0213	0.2767	0.0177	0.2827	0.0203	0.2800	0.0212
0.2787									
		0.6729	-0.0201	0.1900	-0.0006	0.1304	0.0162	0.2437	
0.0105	0.4130	-0.0463	0.1686	-0.0034	0.2514	0.0074	0.2940	-0.0215	
0.4499	-0.0429	0.3014	-0.0030	0.2264	0.0027	0.3469	-0.0070	0.2407	
0.0017	0.2020	-0.0030	0.1887	-0.0034	0.2548	-0.0049	0.2723	-0.0159	
0.2597	-0.0111	0.2560	-0.0085						
			0.7336	0.0033	0.2121	0.0117	0.1703	-0.0022	
0.2050	-0.0586	0.4413	0.0019	0.2019	0.0133	0.3410	-0.0060	0.4070	-
0.0323	0.5210	-0.0036	0.3718	0.0160	0.2713	-0.0043	0.4634	0.0131	
0.3217	0.0036	0.2303	0.0017	0.2139	0.0161	0.3524	0.0014	0.3756	0.0119
0.3650	0.0158	0.3600							
				0.4245	-0.0297	0.1961	-0.0051	0.1313	
0.0122	0.1569	0.0004	0.3329	-0.0491	0.3151	0.0029	0.3052	0.0078	
0.2356	0.0103	0.1490	0.0041	0.3790	-0.0263	0.2358	0.0103	0.3605	-
0.0151	0.4010	-0.0254	0.3951	-0.0354	0.3475	-0.0109	0.3285	0.0013	
0.3421	-0.0040	0.3462	-0.0069						
					0.4034	-0.0033	0.2426	0.0155	
0.1417	0.0003	0.1781	-0.0353	0.3446	-0.0042	0.2843	-0.0041	0.2810	
0.0035	0.2499	0.0023	0.1725	-0.0286	0.3601	0.0045	0.2372	-0.0230	
0.3235	-0.0248	0.3765	-0.0299	0.3682	-0.0226	0.3114	-0.0119	0.2977	-
0.0196	0.3039	-0.0222	0.3069						
						0.4490	0.0109	0.1649	
0.0399	0.1426	0.0218	0.2999	0.0363	0.1582	0.0116	0.1577	0.0120	0.1384
0.0125	0.1103	0.0123	0.1843	-0.0000	0.1348	0.0134	0.1761	0.0042	
0.1977	0.0040	0.2216	0.0165	0.1725	0.0055	0.1659	0.0097	0.1707	0.0079
0.1721	0.0069								
							0.4907	0.0476	
0.2166	0.0322	0.1765	0.0278	0.3350	0.0095	0.1913	0.0087	0.1934	0.0142
0.1817	0.0139	0.1520	-0.0052	0.2313	0.0140	0.1748	-0.0007	0.2111	-
0.0042	0.2555	0.0051	0.2873	-0.0009	0.2072	0.0045	0.2008	0.0006	
0.2037	-0.0007	0.2051							
								0.4910	
0.0364	0.3471	0.0277	0.1487	0.0313	0.1495	0.0135	0.1633	0.0029	0.2009
-0.0036	0.2290	-0.0036	0.1423	0.0152	0.1849	0.0009	0.1465	0.0127	
0.1363	0.0169	0.1373	0.0226	0.1507	0.0098	0.1565	0.0057	0.1524	0.0075
0.1511	0.0085								
0.4492	0.0390	0.2707	0.0313	0.1736	0.0144	0.1579	0.0099	0.1689	0.0070
0.1824	0.0009	0.2095	0.0134	0.1514	0.0075	0.1804	0.0132	0.1568	0.0124
0.1507	0.0172	0.1587	0.0133	0.1614	0.0111	0.1646	0.0127	0.1632	0.0132
0.1625									
0.7427	-0.0132	0.1552	0.0091	0.1951	-0.0070	0.2218	-0.0302	0.3070	-

0.0507	0.2891	-0.0174	0.1784	-0.0027	0.2594	-0.0302	0.1875	-0.0083	
0.1649	-0.0011	0.1594	0.0032	0.1958	-0.0150	0.2079	-0.0239	0.1992	-
0.0200	0.1966	-0.0180							
0.7515	0.0085	0.1829	0.0005	0.2590	-0.0139	0.2936	-0.0366	0.3503	-
0.0134	0.3765	0.0048	0.2136	-0.0194	0.3339	0.0018	0.2440	-0.0003	
0.1912	0.0015	0.1847	0.0022	0.2612	-0.0077	0.2753	-0.0006	0.2689	
0.0019	0.2658								
0.7179	-0.0100	0.2541	-0.0036	0.2497	-0.0003	0.1988	0.0035	0.1351	
0.0050	0.3137	-0.0333	0.1971	0.0045	0.2919	-0.0198	0.3521	-0.0376	
0.4291	-0.0255	0.2851	-0.0167	0.2691	-0.0062	0.2806	-0.0108	0.2840	-
0.0133									
0.8445	-0.0203	0.2560	-0.0208	0.2576	-0.0066	0.2313	0.0008	0.1684	-
0.0565	0.3447	-0.0064	0.2193	-0.0413	0.2944	-0.0613	0.4407	-0.0326	
0.5962	-0.0436	0.2881	-0.0312	0.2739	-0.0402	0.2803	-0.0431	0.2834	
0.5669	0.0139	0.4130	0.0337	0.3220	0.0320	0.1908	0.0052	0.3660	0.0175
0.3298	0.0286	0.3970	0.0257	0.3287	-0.0029	0.3045	-0.0117	0.3934	
0.0299	0.4009	0.0289	0.3955	0.0292	0.3941	0.0296			
0.6240	0.0302	0.4496	0.0269	0.4083	0.0047	0.2592	0.0319	0.3611	0.0272
0.4088	0.0295	0.4519	0.0081	0.3039	0.0009	0.2784	0.0335	0.4328	0.0304
0.4395	0.0326	0.4364	0.0336	0.4350					
0.6394	0.0350	0.4049	0.0202	0.2101	-0.0052	0.4229	0.0298	0.3723	
0.0061	0.4593	0.0416	0.3435	-0.0051	0.3035	-0.0142	0.5183	0.0516	
0.5686	0.0305	0.5324	0.0393	0.5223	0.0447				
0.7510	0.0096	0.5769	-0.0094	0.2817	0.0504	0.4111	0.0031	0.4566	
0.0493	0.5032	0.0138	0.3195	0.0047	0.2836	0.0701	0.6067	0.0406	0.6650
0.0617	0.6382	0.0702	0.6259						
0.8023	0.0281	0.2609	-0.0110	0.2967	0.0188	0.4248	0.0122	0.3181	
0.0244	0.2551	0.0020	0.2328	-0.0027	0.3441	0.0235	0.3699	0.0109	
0.3513	0.0163	0.3460	0.0194						
0.9331	-0.0116	0.3204	0.0384	0.3444	0.0158	0.4993	0.0368	0.4170	
0.0135	0.2778	0.0075	0.2511	0.0480	0.4805	0.0266	0.5200	0.0420	0.5019
0.0480	0.4935								
0.3818	-0.0168	0.1708	0.0043	0.2555	-0.0120	0.1797	0.0032	0.1561	
0.0010	0.1480	0.0007	0.1875	-0.0002	0.1975	-0.0064	0.1903	-0.0037	
0.1882	-0.0022								
0.4750	0.0100	0.2070	-0.0114	0.3312	0.0074	0.2382	0.0038	0.1836	
0.0034	0.1745	0.0084	0.2525	-0.0002	0.2651	0.0059	0.2594	0.0082	
0.2567									
0.7799	0.0283	0.2864	0.0279	0.5140	0.0349	0.5220	-0.0507	0.4079	-
0.0572	0.5743	0.0288	0.5113	0.0555	0.5566	0.0442	0.5692	0.0375	
0.7627	0.0163	0.3070	0.0263	0.4759	-0.0371	0.4972	-0.0397	0.4009	
0.0127	0.5008	0.0291	0.4651	0.0173	0.4815	0.0124	0.4890		
0.5124	0.0077	0.3060	0.0208	0.2515	0.0027	0.2314	-0.0019	0.3241	
0.0170	0.3449	0.0059	0.3299	0.0107	0.3256	0.0133			

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

(справочное)

СКО ИЗМЕРЕНИЙ МСС ОТ ОДНОГО ИСХОДНОГО ПУНКТА

Таблица Н.1

ПУНКТ СТОЯНИЯ	ПУНКТ НАБЛЮДЕНИЯ	СКО УРАВН. НАПРАВЛЕНИЯ	СКО УРАВН. ЛИНИИ	СКО ВЗАИМ. ПОЛ.
А	1	0.66	0.65	0.91
	2	0.72	0.66	0.92
1	2	11.03	0.70	1.19
А	3	0.81	0.69	0.91
	4	0.89	0.70	0.92
3	4	7.42	0.67	1.19
А	5	0.83	0.62	0.90
	6	0.78	0.62	0.92
5	6	10.40	0.71	1.16
А	7	0.65	0.63	0.91
	8	0.64	0.63	0.92
7	8	15.10	0.70	1.18
А	9	0.77	0.61	0.90
	10	0.72	0.61	0.92
9	10	9.62	0.71	1.16
А	11	0.62	0.61	0.91
	12	0.60	0.61	0.93
12	11	12.23	0.71	1.18
А	13	0.45	0.70	0.93
	14	0.46	0.70	0.93
14	13	10.11	0.69	1.22
		6.27	0.65	

ПРИЛОЖЕНИЕ П

(справочное)

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ МСС, ПОСТРОЕННОЙ ОТ
ОДНОГО ИСХОДНОГО ПУНКТА

Таблица П.1

ПУНКТ	Мх	Му	М
1	0.60578	0.68476	0.91425
2	0.60853	0.69554	0.92417
3	0.59202	0.69137	0.91021
4	0.59972	0.70261	0.92375
5	0.65597	0.61024	0.89593
6	0.68446	0.61290	0.91877
7	0.68010	0.60755	0.91194
8	0.69326	0.61203	0.92477
9	0.65945	0.61335	0.90060
10	0.68649	0.61380	0.92088
11	0.67512	0.61398	0.91255
12	0.69192	0.61430	0.92527
13	0.60402	0.70532	0.92860
14	0.60891	0.70646	0.93266
	0.64728	0.65027	0.91751

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

(справочное)

СКО ИЗМЕРЕНИЙ МСС ОТ ДВУХ ИСХОДНЫХ ПУНКТОВ

Таблица Р.1

ПУНКТ СТОЯНИЯ	ПУНКТ НАБЛЮДЕНИЯ	СКО УРАВН. НАПРАВЛЕНИЯ	СКО УРАВН. ЛИНИИ	СКО ВЗАИМ. ПОЛ.
А	1	0.50	0.48	0.68
	2	0.53	0.48	0.68
В	1	0.21	0.46	0.68
	2	0.21	0.46	0.68
1	2	8.11	0.58	0.91
А	3	0.63	0.49	0.68
	4	0.67	0.50	0.68
В	3	0.24	0.46	0.68
	4	0.26	0.46	0.68
3	4	5.35	0.58	0.91
А	5	0.63	0.46	0.68
	6	0.57	0.46	0.68
В	5	0.24	0.50	0.68
	6	0.24	0.50	0.68
5	6	8.04	0.58	0.91
А	7	0.69	0.63	0.94
	8	0.65	0.63	0.94
В	7	0.27	0.71	0.94
	8	0.27	0.71	0.94
7	8	15.87	0.71	1.22
А	9	0.58	0.46	0.68
	10	0.52	0.46	0.68
В	9	0.26	0.50	0.68
	10	0.26	0.50	0.68
9	10	7.37	0.58	0.91
А	11	0.46	0.46	0.68
	12	0.43	0.46	0.68
В	11	0.25	0.50	0.68
	12	0.25	0.50	0.68
11	12	9.12	0.58	0.91
А	13	0.34	0.50	0.68

	14	0.34	0.50	0.68
B	13	0.24	0.46	0.68
	14	0.25	0.46	0.68
13	14	7.16	0.58	0.91
		4.10	0.52	

ПРИЛОЖЕНИЕ С

(справочное)

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ МСС, ПОСТРОЕННОЙ ОТ
ДВУХ ИСХОДНЫХ ПУНКТОВ

Таблица С.1

ПУНКТ	Мх	Му	М
1	0.45648	0.49995	0.67700
2	0.45648	0.49996	0.67700
3	0.45655	0.49989	0.67700
4	0.45655	0.49989	0.67700
5	0.49930	0.45721	0.67700
6	0.49930	0.45721	0.67700
7	0.70547	0.61426	0.93542
8	0.70547	0.61426	0.93542
9	0.49927	0.45723	0.67700
10	0.49927	0.45723	0.67700
11	0.49909	0.45743	0.67700
12	0.49909	0.45743	0.67700
13	0.45654	0.49990	0.67700
14	0.45654	0.49990	0.67700
	0.51694	0.50063	0.71962

ПРИЛОЖЕНИЕ Т

(справочное)

СКО ИЗМЕРЕНИЙ МЕЖЕВОГО СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ

Таблица Т.1

ПУНКТ СТОЯНИЯ	ПУНКТ НАБЛЮДЕНИЯ	СКО УРАВН. НАПРАВЛЕНИЯ	СКО УРАВН. ЛИНИИ	СКО ВЗАИМ. ПОЛ.
В	1	4.93	0.69	0.72
	2	6.77	0.58	0.69
	3	7.97	0.63	0.96
	4	8.61	0.64	1.00
С	1	16.57	0.63	1.00
	2	16.41	0.48	0.75
	3	16.40	0.59	0.70
	4	16.53	0.57	0.65
	5	16.66	0.50	0.69
	6	16.77	0.77	1.02
	7	17.00	0.60	1.53
D	4	18.05	0.65	1.56
	5	17.87	0.58	1.36
	6	17.75	0.77	1.23
	7	18.00	0.59	0.66
	8	18.15	0.53	0.69
	9	18.29	0.62	1.38
	10	18.69	0.58	1.61
E	7	18.96	0.67	2.11
	8	18.81	0.66	1.52
	9	19.03	0.62	0.82
	10	19.16	0.54	0.63
	11	19.26	0.63	1.09
	12	19.52	0.77	1.04
	13	19.39	0.71	1.89
F	10	19.23	0.68	2.48
	11	19.65	0.70	1.48
	12	19.40	0.76	1.64
	13	19.68	0.73	0.86
	14	19.80	0.72	0.76
	15	19.95	0.58	0.89
	16	19.90	0.60	1.40
17	20.18	0.64	1.30	
G	14	19.04	0.66	1.71
	15	19.06	0.64	1.08
	16	19.15	0.53	0.64
	17	19.14	0.65	0.79
	18	19.00	0.78	0.88
	19	18.85	0.79	0.87
	20	18.62	0.79	0.94
	21	18.20	0.79	1.42
H	18	19.17	0.78	2.69
	19	19.04	0.79	2.71

	20	19.28	0.79	2.60
	21	21.25	0.79	2.10
	22	22.12	0.69	1.88
	23	22.84	0.58	1.99
	24	24.00	0.68	1.55
	25	24.74	0.60	1.77
P	22	24.38	0.45	0.78
	23	24.07	0.56	0.67
	24	23.98	0.61	0.73
	25	24.09	0.45	0.60
	26	24.23	0.51	0.76
	27	24.43	0.54	1.05
K	23	23.64	0.47	0.98
	25	23.36	0.49	0.70
	26	23.18	0.41	0.48
	27	22.98	0.67	0.71
	28	22.84	0.69	1.10
	29	22.39	0.77	1.39
	30	21.81	0.56	1.98
	31	21.60	0.61	2.11
L	28	20.58	0.66	1.62
	29	20.46	0.77	1.37
	30	20.53	0.57	0.79
	31	20.49	0.55	0.67
	32	20.46	0.75	0.88
	33	20.39	0.58	1.08
	34	20.28	0.67	2.08
M	31	20.02	0.66	2.04
	32	19.83	0.73	1.39
	33	19.74	0.52	0.94
	34	19.61	0.60	0.71
	35	19.41	0.66	0.94
	36	19.04	0.69	1.29
	37	19.01	0.78	1.44
N	34	17.26	0.62	1.91
	35	17.11	0.64	1.63
	36	17.51	0.68	1.30
	37	17.70	0.78	1.25
	38	17.42	0.74	0.80
	39	17.19	0.68	0.77
	40	17.10	0.50	0.88
	41	17.21	0.59	1.13
A	38	8.81	0.64	1.01
	39	8.01	0.60	0.93
	40	6.79	0.61	0.71
	41	4.93	0.71	0.73
		19.03	0.64	

ПРИЛОЖЕНИЕ У
(справочное)
ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ МСО

Таблица У.1

ПУНКТ	Мх	Му	М
С	0.67693	0.63116	0.92553
D	0.87471	1.82202	2.02110
E	1.06234	3.26256	3.43116
F	1.24265	5.02631	5.17764
G	1.37969	6.15610	6.30882
H	2.21306	6.31818	<u>6.69455</u>
P	1.20107	5.85942	5.98126
K	1.12356	5.39327	5.50906
L	1.03400	3.65971	3.80297
M	0.91703	2.35347	2.52582
N	0.71415	0.72116	1.01493
1	0.57943	0.42351	0.71770
2	0.55348	0.41511	0.69185
3	0.62187	0.72635	0.95620
4	0.63951	0.77313	1.00335
5	0.94412	0.89692	1.30224
6	1.01145	1.06445	1.46836
7	0.98936	1.68467	1.95370
8	1.11403	2.14509	2.41712
9	1.19245	2.85530	3.09429
10	1.17306	3.08875	3.30400
11	1.33413	3.95781	4.17662
12	1.28527	3.82917	4.03912
13	1.39571	4.69023	4.89349
14	1.39266	5.08120	5.26860
15	1.47962	5.53410	5.72849
16	1.51944	5.99961	6.18902
17	1.31727	5.92871	6.07328
18	1.18748	6.16908	6.28233
19	1.19761	6.21856	6.33284
20	1.13864	6.19949	6.30319
21	1.10075	6.15377	6.25145
22	1.12617	6.20620	6.30755
23	1.12337	5.97176	6.07650
24	1.36404	5.82213	5.97978
25	1.25043	5.70873	5.84407
26	1.14322	5.53323	5.65010
27	1.23564	5.36289	5.50340
28	1.22828	4.83763	4.99113
29	1.25440	4.57776	4.74651
30	1.17997	4.06282	4.23070
31	1.12257	3.94438	4.10101
32	1.12947	3.30576	3.49339
33	1.08852	2.95215	3.14644
34	1.00518	2.21936	2.43638
35	1.01944	1.93114	2.18370
36	1.00946	1.58480	1.87899
37	1.03039	1.47977	1.80317
38	0.60352	0.80692	1.00765
39	0.58631	0.72675	0.93377
40	0.53508	0.46039	0.70588
41	0.48155	0.55468	0.73455

ПРИЛОЖЕНИЕ Ф

(справочное)

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ КАДАСТРОВОГО КВАРТАЛА

Таблица Ф.1

N	ПУНКТ
1	Н
2	А
3	В
4	Г
5	Н

Площадь участка равна $S = -112514.00000$ кв. м

Ошибка вычисления площади равна $M_p = 35.62436$ кв.м

Относительная ошибка вычисления площади 1:-3158.34

Максимальная ошибка взаимного положения пунктов участка: 6.8275 между пунктами Н и А

ПРИЛОЖЕНИЕ Ц

(справочное)

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА

Таблица Ц.1

N	ПУНКТ
1	А
2	В
3	42
4	43
5	А

Площадь участка равна $S = -16314.50000$ кв. м

Ошибка вычисления площади равна $M_p = 5.1758$ кв.м

Относительная ошибка вычисления площади $1:-3152.073$

Максимальная ошибка взаимного положения пунктов участка: 1.2368 между пунктами 42 и 43

ПРИЛОЖЕНИЕ Ш

(справочное)

СКО ИЗМЕРЕНИЙ МСС ДЛЯ КООРДИНИРОВАНИЯ ГРАНИЦЫ Г. НОВОСИБИРСКА

Таблица Ш.1

ПУНКТ СТОЯНИЯ	ПУНКТ НАБЛЮДЕНИЯ	СКО УРАВН. НАПРАВЛЕНИЯ	СКО УРАВН. ЛИНИИ	СКО ВЗАИМ. ПОЛ.
А	1	0.57	1.72	2.14
	2	0.43	1.55	1.92
	3	0.44	1.75	2.09
G	4	0.40	1.45	2.14
	5	0.24	1.20	1.85
X	6	0.08	1.65	2.11
	7	0.08	1.33	1.88
	8	0.10	1.26	2.02
	9	0.10	1.46	2.15
С	10	0.30	1.19	1.81
	11	0.31	1.53	2.14
	12	0.28	1.45	2.13
	13	0.20	1.48	1.91
	14	0.17	1.79	2.09
	15	0.17	1.83	2.12
	16	0.19	1.56	1.94
	17	0.27	1.59	2.07
D	18	0.61	1.27	2.13
	19	0.92	1.60	1.93
	20	0.93	1.63	2.11
	21	0.68	1.53	2.07
	22	0.67	1.40	1.90
	23	0.55	1.39	2.03
	24	0.40	1.50	1.95
	25	0.49	1.53	2.07
	26	0.61	1.41	1.86
	27	0.61	1.47	2.14
E	28	0.59	1.75	2.11
	29	0.58	1.25	1.96
	30	0.47	1.36	1.89
	31	0.48	1.57	2.07
F	32	0.15	1.35	2.15
	33	0.11	1.25	1.83
	34	0.10	1.71	2.06
	35	0.09	1.73	2.04
	36	0.09	1.80	2.10
K	37	0.42	1.78	2.07
	38	0.47	1.73	2.14
P	39	1.19	1.34	1.83

	40	0.87	1.62	2.07
	41	0.72	1.20	2.01
	42	0.49	1.16	2.04
	43	0.41	1.22	2.14
R	44	0.31	1.19	1.92
	45	0.37	1.35	2.00
	46	0.35	1.75	2.14
	47	0.37	1.62	2.01
	54	0.98	1.51	1.93
	55	0.77	1.21	1.92
	56	0.62	1.26	2.15
T	48	0.39	1.38	1.92
	49	0.58	1.44	2.02
	50	0.54	1.32	1.89
	51	1.16	1.73	2.17
	52	0.43	1.25	1.83
	53	0.43	1.83	2.17
M	57	0.73	1.25	2.04
	58	1.36	1.34	1.90
B	59	1.73	1.45	2.13
	60	1.58	1.60	1.94
2	1	0.90	0.99	2.58
	3	3.69	1.00	2.50
3	2	3.69	1.00	2.50
	4	0.89	0.98	2.74
4	3	0.89	0.98	2.74
	5	1.01	1.01	2.50
5	4	1.01	1.01	2.50
	6	1.21	1.02	2.40
6	5	1.21	1.02	2.40
	7	3.77	1.02	2.38
7	6	3.77	1.02	2.38
	8	2.92	1.02	2.29
8	7	2.92	1.02	2.29
	9	2.06	1.00	2.62
9	8	2.06	1.00	2.62
	10	1.53	1.01	2.46
10	9	1.53	1.01	2.46
	11	5.35	1.01	2.48
11	10	5.35	1.01	2.48
	12	2.37	0.98	2.77
12	11	2.37	0.98	2.77
	13	3.48	0.99	2.58
13	12	3.48	0.99	2.58

	14	2.10	1.00	2.56
14	13	2.10	1.00	2.56
	15	3.88	0.98	2.74
15	14	3.88	0.98	2.74
	16	2.06	0.99	2.61
16	15	2.06	0.99	2.61
	17	0.97	0.99	2.56
17	16	0.97	0.99	2.56
	18	0.74	0.98	2.72
18	17	0.74	0.98	2.72
	19	1.13	0.99	2.57
19	18	1.13	0.99	2.57
	20	4.28	0.99	2.53
20	19	4.28	0.99	2.53
	21	2.61	0.99	2.69
21	20	2.61	0.99	2.69
	22	3.11	1.02	2.40
22	21	3.11	1.02	2.40
	23	2.58	1.03	2.26
23	22	2.58	1.03	2.26
	24	2.88	1.03	2.36
24	23	2.88	1.03	2.36
	25	3.37	1.02	2.43
25	24	3.37	1.02	2.43
	26	1.84	1.02	2.31
26	25	1.84	1.02	2.31
	27	2.64	1.01	2.51
27	26	2.64	1.01	2.51
	28	5.85	0.98	2.75
28	27	5.85	0.98	2.75
	29	2.49	1.00	2.58
29	28	2.49	1.00	2.58
	30	11.55	1.03	2.20
30	29	11.55	1.03	2.20
	31	9.07	1.02	2.39
31	30	9.07	1.02	2.39
	32	2.01	0.99	2.70
32	31	2.01	0.99	2.70
	33	1.52	1.01	2.47
33	32	1.52	1.01	2.47

	34	3.17	1.02	2.34
34	33 35	3.17 9.75	1.02 1.00	2.34 2.56
35	34 36	9.75 2.20	1.00 0.98	2.56 2.66
36	35 37	2.20 2.15	0.98 0.97	2.66 2.72
37	36 38	2.15 4.81	0.97 0.98	2.72 2.73
38	37 39	4.81 3.23	0.98 1.01	2.73 2.49
39	38 40	3.23 2.50	1.01 1.02	2.49 2.33
40	39 41	2.50 1.68	1.02 1.00	2.33 2.51
41	40 42	1.68 1.98	1.00 1.00	2.51 2.50
42	41 43	1.98 2.61	1.00 0.99	2.50 2.67
43	42 44	2.61 2.83	0.99 1.00	2.67 2.57
44	43 45	2.83 2.72	1.00 1.01	2.57 2.41
45	44 46	2.72 2.12	1.01 0.99	2.41 2.62
46	45 47	2.12 1.78	0.99 1.00	2.62 2.63
47	46 48	1.78 1.91	1.00 1.02	2.63 2.31
48	47 49	1.91 1.96	1.02 1.03	2.31 2.26
49	48 50	1.96 1.46	1.03 1.03	2.26 2.23
50	49 51	1.46 0.79	1.03 1.02	2.23 2.50
51	50 52	0.79 0.87	1.02 1.02	2.50 2.45
52	51 53	0.87 1.28	1.02 1.01	2.45 2.46
53	52	1.28	1.01	2.46

	54	0.99	1.01	2.55
54	53 55	0.99 2.40	1.01 1.03	2.55 2.26
55	54 56	2.40 2.29	1.03 1.01	2.26 2.55
56	55 57	2.29 1.14	1.01 0.99	2.55 2.68
57	56 58	1.14 1.73	0.99 1.01	2.68 2.36
58	57 59	1.73 1.25	1.01 1.00	2.36 2.54
59	58 60	1.25 2.80	1.00 1.00	2.54 2.55
60	59 1	2.80 1.05	1.00 0.99	2.55 2.60
1	60 2	1.05 0.90	0.99 0.99	2.60 2.58
		2.77	1.19	

ПРИЛОЖЕНИЕ Ц

(справочное)

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ МСС, ПОСТРОЕННОЙ ДЛЯ
КООРДИНИРОВАНИЯ ГРАНИЦЫ Г. НОВОСИБИРСКА

Таблица Б.1

ПУНКТ	Мх	Му	М
1	1.11976	1.82938	2.14487
2	1.22924	1.47659	1.92129
3	1.45654	1.50477	2.09424
4	1.32517	1.67408	2.13509
5	1.19408	1.41635	1.85253
6	1.63737	1.32822	2.10835
7	1.32446	1.33550	1.88089
8	1.24011	1.59855	2.02317
9	1.38043	1.64569	2.14799
10	1.18061	1.37513	1.81241
11	1.51658	1.50604	2.13733
12	1.54350	1.46294	2.12664
13	1.53864	1.12655	1.90696
14	1.72427	1.18145	2.09020
15	1.65408	1.32956	2.12220
16	1.25863	1.47191	1.93666
17	1.08150	1.76035	2.06603
18	1.17443	1.77110	2.12511
19	1.08198	1.59932	1.93093
20	1.15430	1.77175	2.11459
21	1.12704	1.73591	2.06969
22	1.24694	1.43179	1.89865
23	1.30531	1.55317	2.02884
24	1.34654	1.40527	1.94627
25	1.68851	1.20404	2.07383
26	1.37292	1.24937	1.85629
27	1.42676	1.59947	2.14335
28	1.33010	1.64233	2.11339
29	1.17540	1.56452	1.95686
30	1.35183	1.31404	1.88524
31	1.40147	1.52184	2.06884
32	1.25384	1.74634	2.14984
33	1.25028	1.33013	1.82550
34	1.71802	1.13824	2.06087
35	1.73239	1.08213	2.04259
36	1.79134	1.09490	2.09945
37	1.78042	1.04924	2.06660
38	1.80746	1.14021	2.13705
39	1.31536	1.27605	1.83262
40	1.26332	1.64455	2.07377
41	1.18209	1.62683	2.01095
42	1.15475	1.67950	2.03818
43	1.28838	1.70343	2.13579
44	1.13607	1.54439	1.91723
45	1.50215	1.31495	1.99639
46	1.76450	1.21636	2.14313
47	1.64536	1.15314	2.00922

48	1.38340	1.32490	1.91551
49	1.47789	1.38432	2.02497
50	1.28924	1.37948	1.88815
51	1.18979	1.81478	2.17003
52	1.26089	1.32290	1.82755
53	1.71277	1.33113	2.16921
54	1.51639	1.20028	1.93393
55	1.22341	1.47409	1.91564
56	1.11754	1.83754	2.15068
57	1.16289	1.67140	2.03614
58	1.14781	1.52006	1.90475
59	1.32874	1.66774	2.13235
60	1.12924	1.58038	1.94236
	1.38483	1.47605	2.02397