

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

Е. И. Аврунев, А. В. Чернов

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ
ДЛЯ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ**

Утверждено редакционно-издательским советом университета в качестве
учебно-методического пособия для обучающихся по направлению подготовки
21.03.02 Землеустройство и кадастры (уровень бакалавриата)

Новосибирск
СГУГиТ
2022

УДК 528.4
А219

Рецензенты: доктор технических наук, профессор, СГУГиТ *Г. А. Уставич*
кандидат технических наук, заместитель руководителя Управления Росреестра по Новосибирской области *Н. С. Ивчатова*

Аврунев, Е. И.

А219 Проектирование геодезического обоснования для геопространственного обеспечения территориального образования : учебно-методическое пособие / Е. И. Аврунев, А. В. Чернов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. – 71 с. – Текст : непосредственный.
ISBN 978-5-907513-60-0

Учебно-методическое пособие разработано на кафедре кадастра и территориального планирования кандидатами технических наук, доцентами Е. И. Авруневым, А. В. Черновым.

В учебно-методическом пособии рассмотрены теория и практика проектирования и оценки геодезического обоснования, необходимого для выполнения комплексных кадастровых работ, даны подробные рекомендации по выполнению курсового проекта по дисциплине «Геодезическое обеспечение Единого государственного реестра недвижимости». Учебно-методическое пособие направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций по проектированию и оптимизации технологического процесса по геодезическому обеспечению комплексных кадастровых работ и созданию в территориальном образовании координатной системы, позволяющей решать многочисленные задачи градостроительной и кадастровой деятельности.

Рекомендовано к изданию кафедрой кадастра и территориального планирования, Ученым советом Института кадастра и природопользования СГУГиТ.

Учебно-методическое пособие предназначено для обучающихся по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры (уровень бакалавриата).

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 528.4

ISBN 978-5-907513-60-0

© СГУГиТ, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Цель работы, этапы выполнения курсового проекта	6
1. Регистрация космического снимка территории города Новоси- бирска	9
2. Поиск и импорт исходных сведений о пунктах государственной геодезической сети (опорной межевой сети).....	18
3. Проектирование первой ступени геодезического обоснования (опорная межевая сеть) с применением наземных измеритель- ных технологий.....	23
4. Оценка точности параметров запроектированной опорной ме- жевой сети.....	31
5. Проектирование второй ступени геодезического обоснования (межевая сеть сгущения) с применением наземных измеритель- ных технологий.....	37
6. Оценка точности параметров запроектированной межевой сети сгущения	40
7. Проектирование первой ступени высотного геодезического обоснования (геометрическое нивелирование III класса)	42
8. Проектирование второй ступени высотного геодезического обоснования (геометрическое нивелирование IV класса)	46
9. Предвычисление точности высотного геодезического обоснова- ния.....	48
10. Проектирование фигур разбивки для выноса в натуру границ земельного участка в заданном административном районе	53
11. Подготовка данных для выноса на местности проектных гра- ниц земельного участка в заданном территориальном образова- нии	58
12. Оценка точности запроектированных фигур разбивки	62
Перечень отчетных форм	66
Вопросы для защиты курсового проекта	67
Заключение	68
Библиографический список.....	69

ВВЕДЕНИЕ

В настоящем учебно-методическом пособии по дисциплине «Геодезическое обеспечение Единого государственного реестра недвижимости» описаны методы геодезического обеспечения, которые в настоящее время используются при выполнении кадастровых работ и землеустроительных мероприятий на территории Российской Федерации [9, 10, 13, 14].

Курсовой проект по дисциплине «Геодезическое обеспечение Единого государственного реестра недвижимости» выполняется с целью приобретения обучающимися новых профессиональных компетенций, необходимых для выполнения кадастровых работ, а также формирования навыков по проектированию и оптимизации технологических процессов по геодезическому обеспечению ведения ЕГРН.

Главная особенность выполнения комплексных кадастровых работ (ККР) – их проведение в заданных кадастровых кварталах в отношении всех объектов недвижимости, расположенных в данной территориальной единице. При этом объектами ККР являются как объекты недвижимости (ОН), уже поставленные на государственный кадастровый учет (ГКУ) с уточненными границами, так и ранее учтенные земельные участки (ЗУ) и ОН, не имеющие соответствующие характеристики в ЕГРН. Поэтому одним из условий проведения комплексных кадастровых работ является наличие утвержденного проекта межевания соответствующей территории.

Кроме этого, объектами ККР являются также границы зон с особыми условиями (ЗОУИТ) и границы территориальных образований. Следовательно, ключевым технологическим аспектом ККР является определение местоположения границ ОН и ЗОУИТ, которое выполняется геодезическими методами относительно исходных пунктов геодезического обоснования [1–5].

Актуальность проведения ККР в территориальном образовании также во многом обусловлена наличием большого числа реестровых ошибок, содержащихся в ЕГРН, которые обнаруживаются на этапе восстановления

утраченных границ ЗУ или при попытке поставить вновь образуемый земельный участок на ГКУ, когда его границы накладываются на земельный участок, местоположение границ которого уже внесено в ЕГРН.

Таким образом, создание в территориальном образовании геодезического обоснования является актуальной и важной научно-технической задачей.

Учебно-методическое пособие содержит наиболее актуальные вопросы об основных аспектах проектирования и реализации технологического процесса по геодезическому обеспечению выполнения комплексных кадастровых работ и закрепления системы координат в территориальном образовании. Оно включает в себя следующие аспекты:

- теоретические положения создания геодезического обоснования в двухступенчатом варианте в территориальном образовании;
- проектирование геодезического обоснования в виде опорной межевой сети, межевой сети сгущения и высотного геодезического обоснования в виде сетей геометрического нивелирования;
- оценку точности параметров запроектированного планово-высотного геодезического обоснования и определение их соответствия целям и задачам выполнения комплексных кадастровых работ;
- проектирование и оценку точности геодезических фигур разбивки для вынесения в натуру границ земельных участков и зон с особым режимом использования территорий;
- выбор соответствующего измерительного технологического оборудования для фиксирования на местности границ ЗУ и ЗОУИТ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ, ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью курсового проекта является проектирование планового и высотного геодезического обоснования на заданное территориальное образование (административный район г. Новосибирска).

Для достижения поставленной цели обучающемуся необходимо в процессе выполнения курсового проекта последовательно решить следующий ряд научно-технических задач:

1) скачать и зарегистрировать космический снимок территории г. Новосибирска при помощи программы SAS.Планета;

2) осуществить поиск исходных пунктов государственной геодезической сети на территории выбранного административного района с использованием веб-сервиса «Программный центр», выполнить импорт данных в программный комплекс MapInfo;

3) запроектировать первую ступень геодезического обоснования (опорную межевую сеть (ОМС)) с применением наземных измерительных технологий;

4) оценить соответствие параметров запроектированной опорной межевой сети требованиям нормативных документов с применением программы Logos200;

5) запроектировать вторую ступень геодезического обоснования (межевую сеть сгущения (МСС)) с применением наземных измерительных технологий;

6) оценить соответствие параметров запроектированной межевой сети сгущения требованиям нормативных документов с применением программы Logos200;

7) запроектировать первую ступень высотного геодезического обоснования (геометрическое нивелирование III класса);

8) запроектировать вторую ступень высотного геодезического обоснования (геометрическое нивелирование IV класса);

9) выполнить предвычисление точности высотного геодезического обоснования с применением программы OM2;

10) запроектировать фигуры разбивки для выноса в натуру границ земельного участка в заданном административном районе;

11) подготовить данные для выноса на местности проектных границ земельного участка в заданном территориальном образовании;

12) выполнить оценку точности запроектированных фигур разбивки.

Исходными данными к курсовому проекту являются:

- космический снимок на территорию г. Новосибирска;
- три исходных пункта государственной геодезической сети (ГГС), один из которых должен располагаться, по возможности, в центральной части административного района;

- точность проектируемого многоступенчатого планового геодезического обоснования $m_0 = 10$ см;

- точность проектируемого двухступенчатого высотного геодезического обоснования $m_0 = 5$ см;

- заданная точность определения положения на местности характерных точек, закрепляющих границы проектного земельного участка $M = 10$ см.

Для выполнения всех этапов курсового проекта обучающимся рекомендуется использовать следующее программное обеспечение:

- MapinfoPro 15.0 (возможно использование более ранних или поздних версий программы) [7];

- SAS.Планета [8];

- Logos200;

- OM2;

- DosBox.

Все исходные материалы размещены по ссылке:

<https://disk.yandex.ru/d/f3BYnlEKDfyJOg>.

В тексте представленного учебно-методического пособия даны подробные объяснения о директории используемых материалов.

Основные положения, рассматриваемые в курсовом проекте, закреплены следующими нормативно-правовыми актами:

- Приказ Росреестра от 14.12.2021 № П/0592 «Об утверждении формы и состава сведений межевого плана, требований к его подготовке» [1];

- О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации

[Электронный ресурс] : федер. закон от 30.12.2015 № 431-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» [2];

– О государственной регистрации недвижимости [Электронный ресурс] : федер. закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» [3];

– О кадастровой деятельности [Электронный ресурс] : федер. закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» [4];

– Приказ Росреестра от 23.10.2020 № П/0393 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания» [5].

При оформлении курсового проекта необходимо руководствоваться требованиями стандарта Государственная итоговая аттестация выпускников СГУГиТ. Структура и правила оформления. СТО СМК СГУГиТ 8–06–2021 [6].

1. РЕГИСТРАЦИЯ КОСМИЧЕСКОГО СНИМКА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА

В рамках выполнения курсового проекта необходимо воспользоваться свободно распространяемой программой SAS.Планета (SAS.Planet, SASPlanet), основной функциональной возможностью которой является поиск и скачивание космических снимков из различных отечественных и зарубежных источников для дальнейшего использования в процессе осуществления кадастровой деятельности [8].

Дистрибутив программы расположен в папке «Программное обеспечение» – «SASPlanet» – «SASPlanet_201212.zip». После скачивания данного файла его необходимо распаковать в корневой каталог компьютера (C:\SASPlanet_201212\SAS.Planet.Release.201212).

Далее следует скачать файл шаблонов, с помощью которых программа получит возможность скачивать карты с различных сервисов. Дистрибутив шаблонов расположен в папке «Программное обеспечение» – «SASPlanet» – «maps-master.zip».

После скачивания данного файла его необходимо распаковать в директорию:

«C:\SASPlanet_201212\SAS.Planet.Release.201212\Maps\sas.maps».

После выполнения указанных действий, запуск программы производится путем выбора файла:

«C:\SASPlanet_201212\SAS.Planet.Release.201212\SASPlanet.exe».

В результате произойдет открытие начального экрана программы (рис. 1.1).

Далее необходимо включить русскоязычный интерфейс программы. Для этого следует выбрать меню «Settings» – «Language» – «Russian».

После переключения меню программы на русский язык необходимо выбрать растровую подложку (различные сервисы предоставляют космические снимки разного качества, необходимо выбрать снимки, наилучшим образом подходящие для конкретной территории работ) путем выбора ком-

бинации пунктов меню «Карты» – «Спутниковые» – «Yandex.Спутник» («Google.Спутник»).

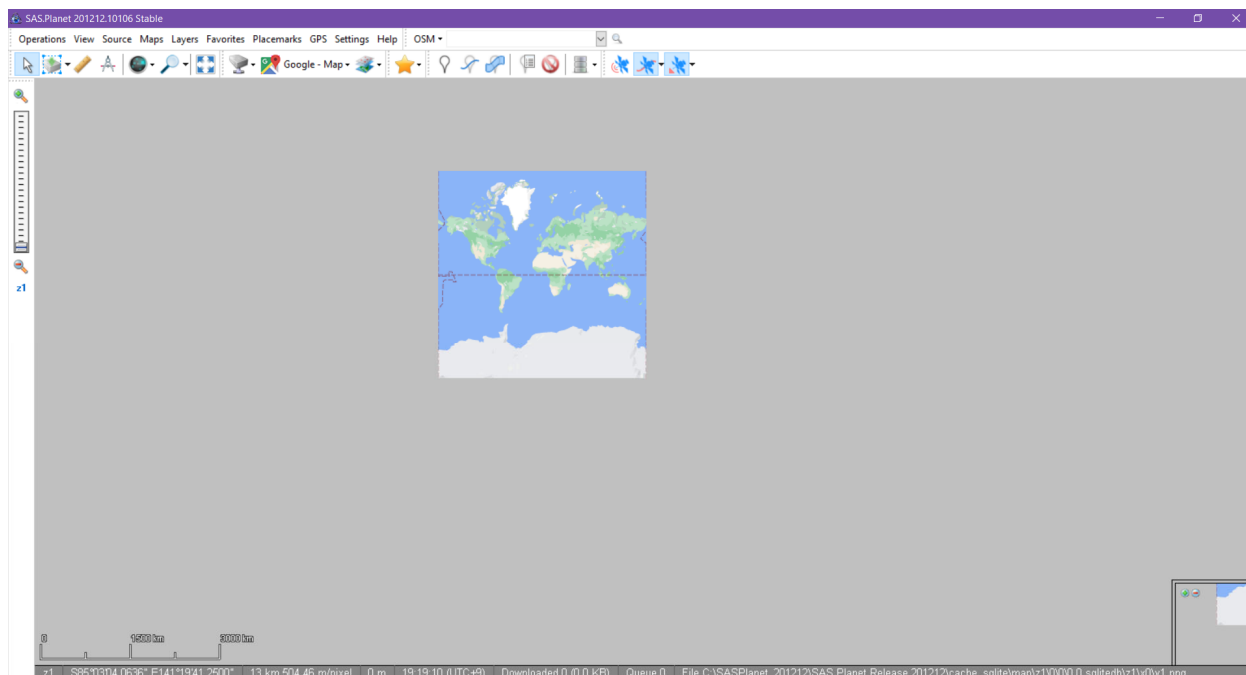


Рис. 1.1. Интерфейс программы «SAS Planet»

Для наиболее быстрого поиска территории г. Новосибирска в рамках выполнения курсового проекта рекомендуется использовать меню «Слои» – «Подписи и границы» – «Google-Гибрид».

После нахождения территории г. Новосибирска все слои рекомендуется аналогичным образом скрыть.

Следующим шагом является выбор конкретной территории работ. Для этого рекомендуется использовать инструмент «Полигональная область» (Alt + P). После выбора инструмента обучающемуся необходимо оцифровать границы г. Новосибирска, после оцифровки и формирования полигональной области необходимо подтвердить правильность оцифровки нажатием зеленой галочки (рис. 1.2).

После этого в рамках появившегося диалогового окна необходимо выбрать «Загрузить», указать использованный при оцифровке геосервис (Яндекс или Google), выбрать масштаб изображения.

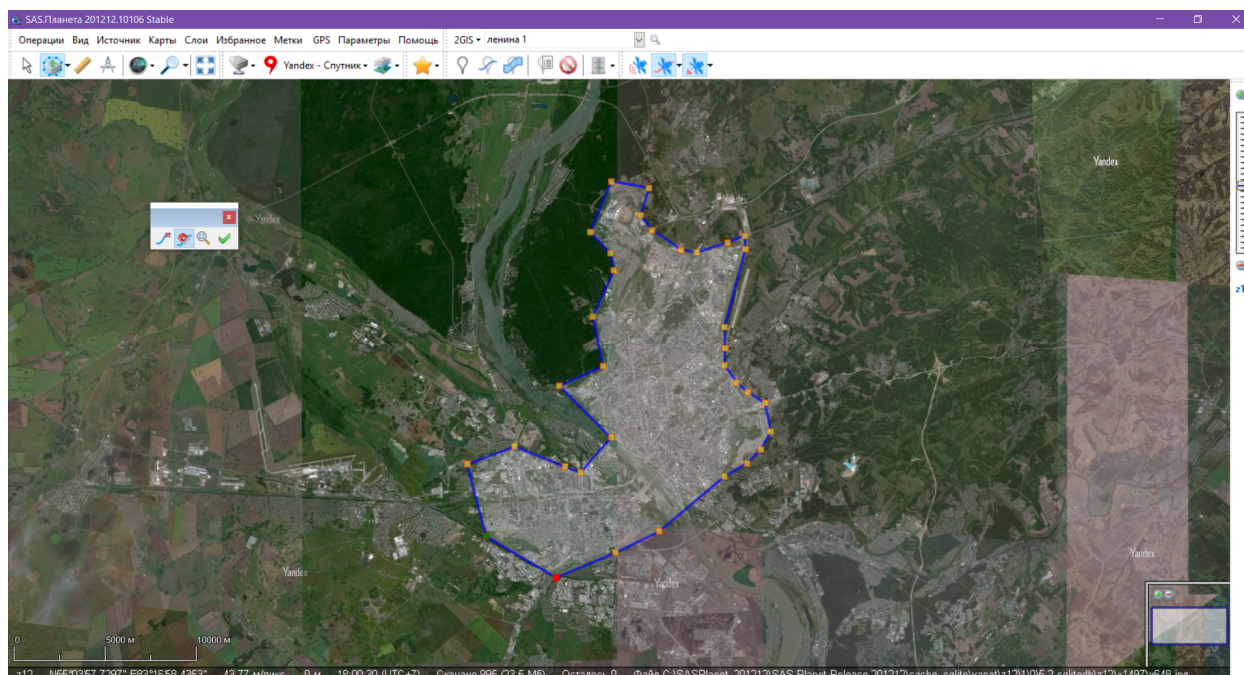


Рис. 1.2. Создание полигональной области границ г. Новосибирска

Обращаем внимание, что масштаб изображения у каждого обучающегося индивидуален, критерием выбора масштаба является размер изображения в пикселях (для обеспечения качества космического снимка необходимо, чтобы размер изображения был не менее $30\,000 \times 30\,000$ пикселей), далее нажать клавишу «Начать». В результате появится диалоговое окно, свидетельствующее о начале скачивания космического снимка. Приведенная последовательность действий продемонстрирована на рис. 1.3.

После появления надписи: «Загрузка завершена» необходимо нажать кнопку «Выход», выбрать пункт меню «Предыдущее выделение» (Ctrl+B) – перейти во вкладку «Склеить», выбрать директорию сохранения, выставить масштаб, выбранный при загрузке изображения (в примере выбран масштаб изображения «19»), нажать «Начать» (рис. 1.4).

Таким образом, в результате выполнения данной операции, обучающийся получает космоснимок г. Новосибирска в формате .jpg.

Отметим, что приведенный в рамках учебно-методического пособия алгоритм скачивания космических снимков может быть использован обучающимися при осуществлении кадастровой деятельности в статусе кадастрового инженера или помощника кадастрового инженера.

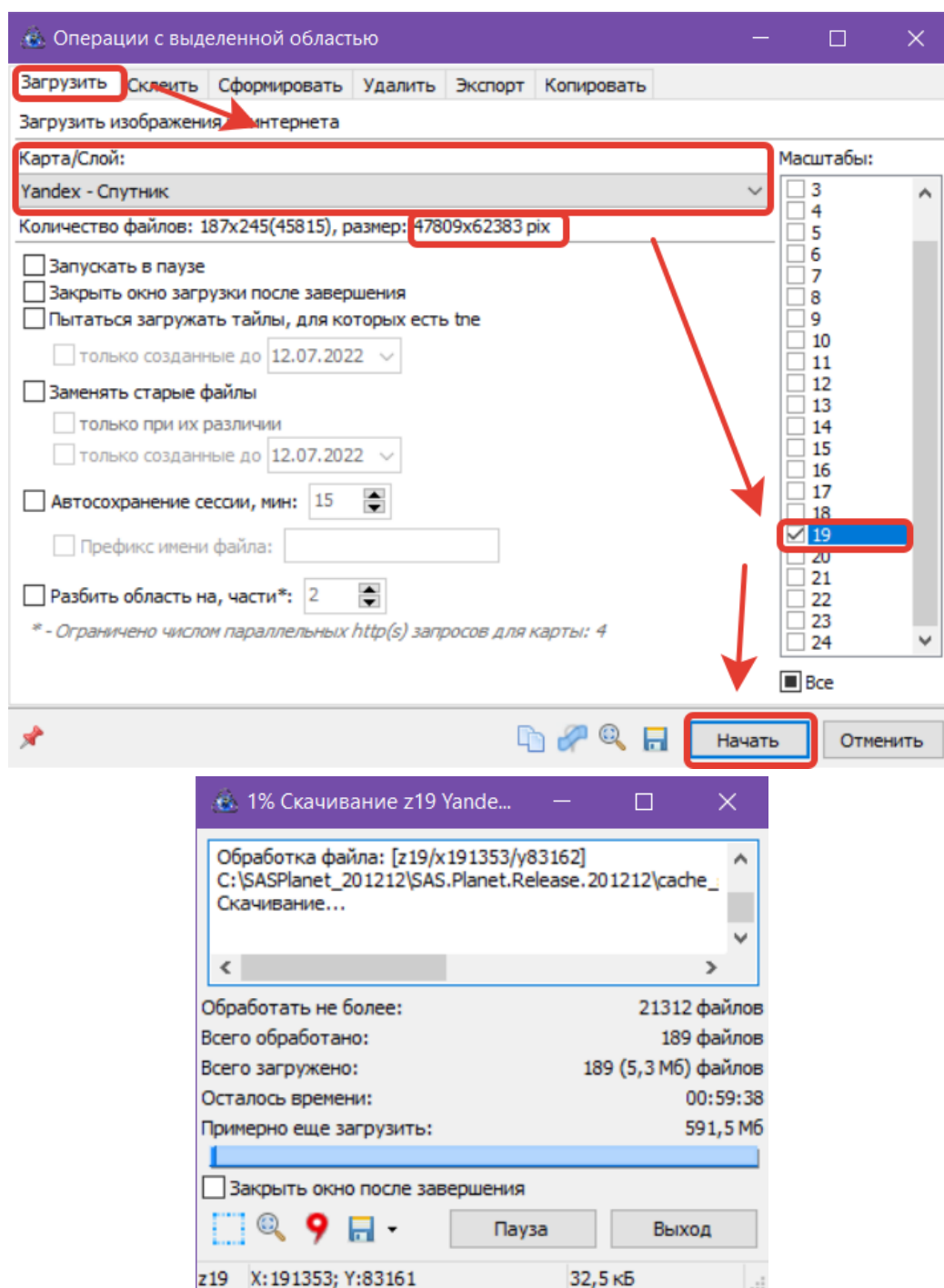


Рис. 1.3. Алгоритм скачивания космического снимка на территорию г. Новосибирска

Далее необходимо выполнить привязку полученного изображения к кадастровым планам территории г. Новосибирска в местной плоской прямоугольной системе координат в зональной проекции Гаусса – Крюгера, используемой для ведения Единого государственного реестра недвижимости.

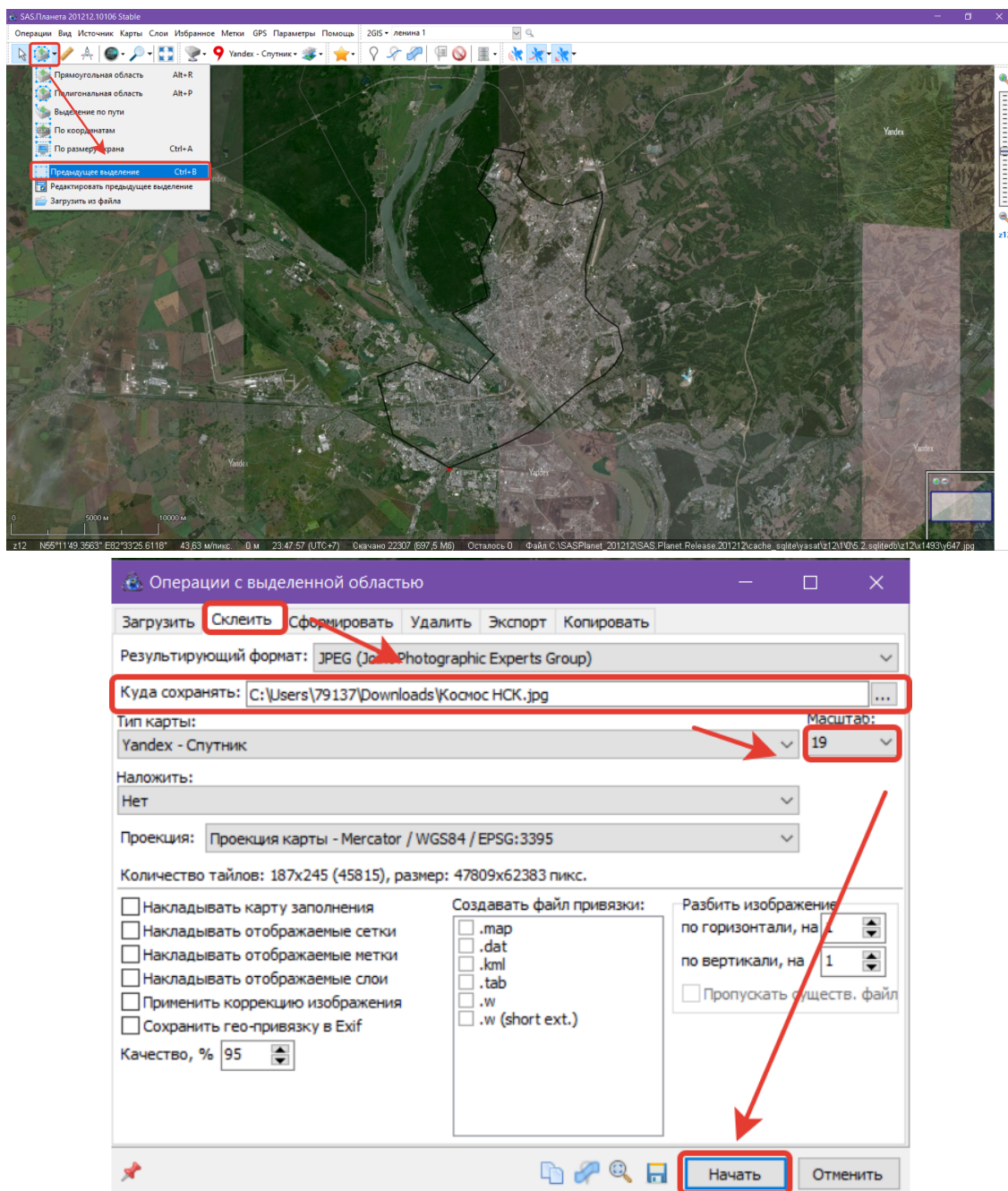


Рис. 1.4. Алгоритм загрузки космического снимка на территорию г. Новосибирска

В рамках выполнения курсового проекта, в качестве исходной основы, содержащей сведения ЕГРН, будет использоваться адресный план г. Новосибирска, содержащий информацию обо всех учтенных объектах капитального строительства. Полная информация об адресном плане содержится в папке «Адресный план» (Граница НСК, дороги_НСК, Здания НСК).

Для совмещения адресного плана г. Новосибирска и космоснимка в рамках курсового проекта используется программный комплекс Mapinfo (расположение файла: «Программное обеспечение» – «Mapinfo 15.0»), необходимо воспользоваться следующим алгоритмом действий.

1. Открыть слои «Граница НСК.tab», «дороги_НСК.tab», «Здания НСК.tab» с представлением в активной карте (рис. 1.5).

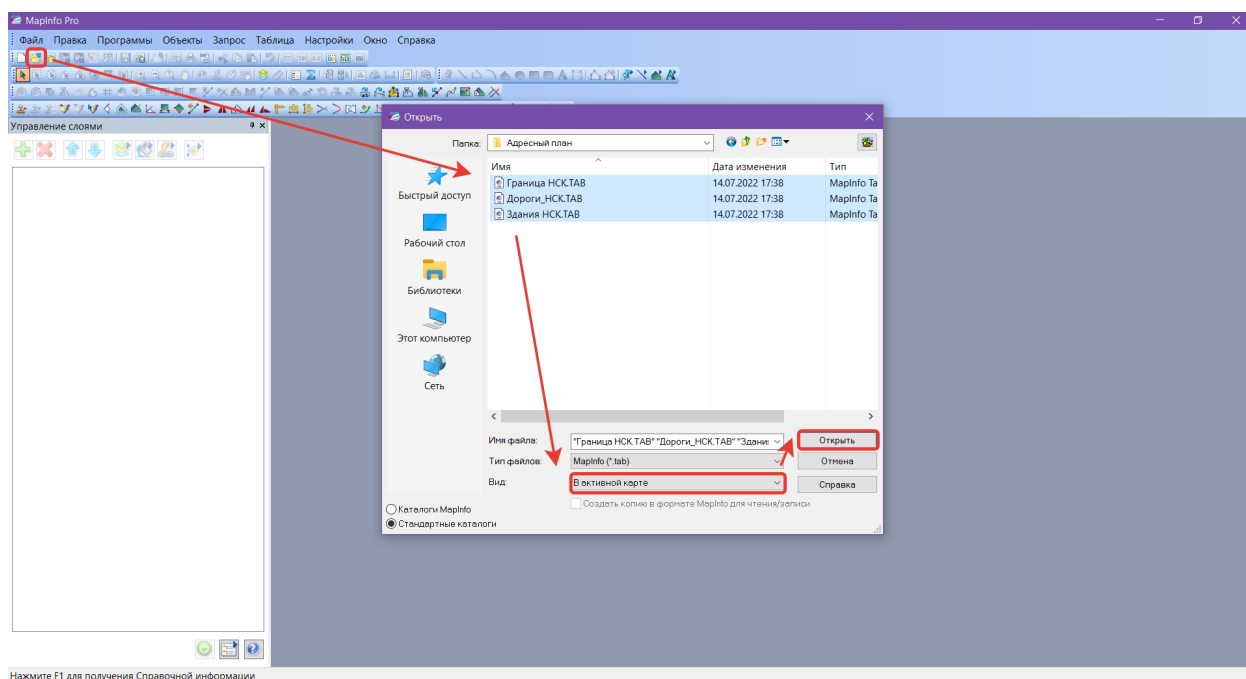


Рис. 1.5. Диалоговое окно открытия адресного плана г. Новосибирска

2. Далее необходимо включить инструмент «Привязка по узлам» (при включенной английской раскладке клавиатуры необходимо нажать клавишу «S»), в строке состояния снизу экрана должна появиться надпись «УЗЛЫ». Стоит отметить, что при работе в области кадастровой деятельности использование данной функции является обязательным!

3. В рамках следующего этапа необходимо открыть с представлением в активной карте скачанный космоснимок г. Новосибирска (выполнить команду «Файл» – «Открыть»). В графе «Тип файлов» необходимо выбрать «Растровый снимок», вид – «в активной карте» и указать путь к космоснимку – «Открыть»). Программа предложит показать изображение либо зарегистрировать его. В рамках курсового проекта необходима регистрация растрового изображения.

Для успешной регистрации следует выполнить ряд действий. В первую очередь, необходимо задать верную проекцию. Поскольку ЕГРН ведется в метрической системе, необходимо задать проекцию изображения «План-схема (метры)».

Для этого необходимо нажать клавишу «Проекция», в появившемся диалоговом окне «Категория» выбрать «План-схема», в окне «Проекция» – «План-схема (метры)», нажать «Ок».

Далее, для регистрации изображения необходимо выбрать и сопоставить с существующим адресным планом 4–6 контрольных точек, расположенных в разных областях растра (ошибка не должна превысить 10 пикселей). Рекомендуется выбирать здания, имеющие характерные архитектурные особенности. Для масштабирования и перемещения изображения необходимо использовать клавиши «+» и «-».

После нахождения такого объекта необходимо нажать клавишу «Добавить» (рис. 1.6), максимально приблизить объект, нажать левой клавишей мыши на характерную точку здания, далее в появившемся диалоговом окне нажать «Ок». В рамках следующего шага, следует выбрать «Таблица» – «Растр» – «Выбор контрольных точек на карте», в активном окне карты «сколоть» соответствующую характерную точку здания.

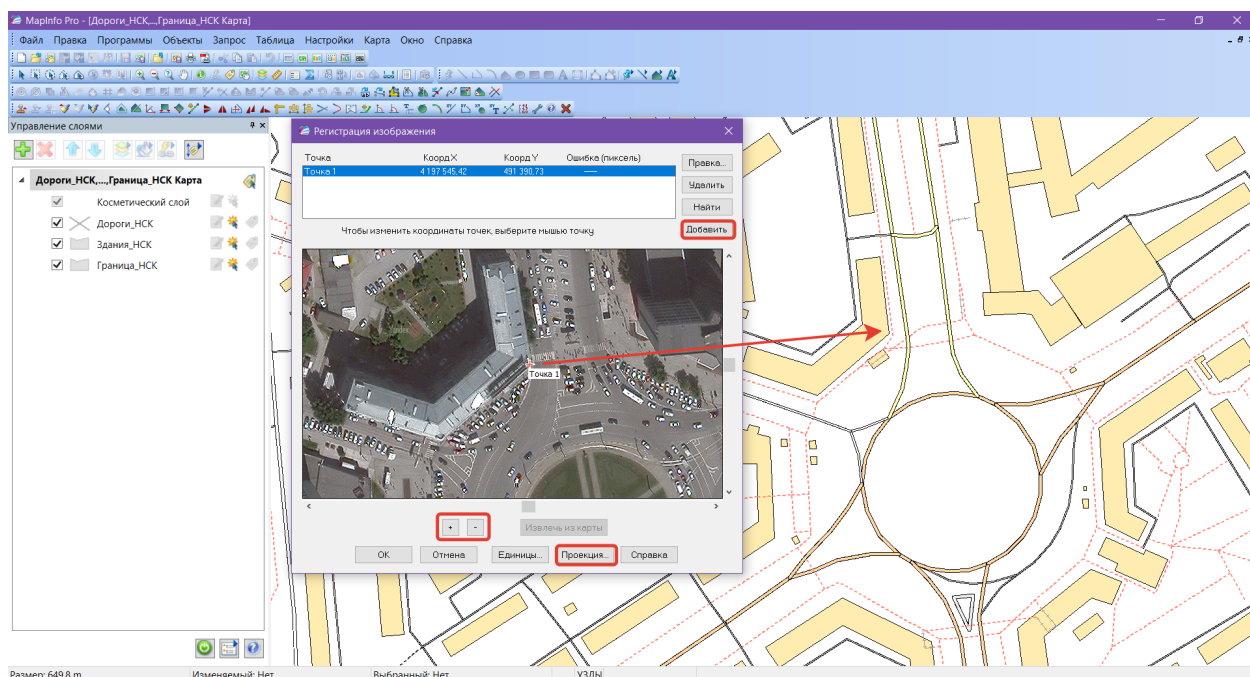


Рис. 1.6. Алгоритм извлечения данных адресного плана г. Новосибирска для регистрации космического снимка

Аналогичным образом, с использованием клавиши «Добавить», необходимо выбрать 4–5 характерных точек и завершить регистрацию изображения (с учетом соблюдения допустимой величины ошибки) нажатием клавиши «Ок» (рис. 1.7). Контролем правильности выполнения регистрации изображения является совпадение контуров объектов капитального строительства и космического снимка (рис. 1.8).

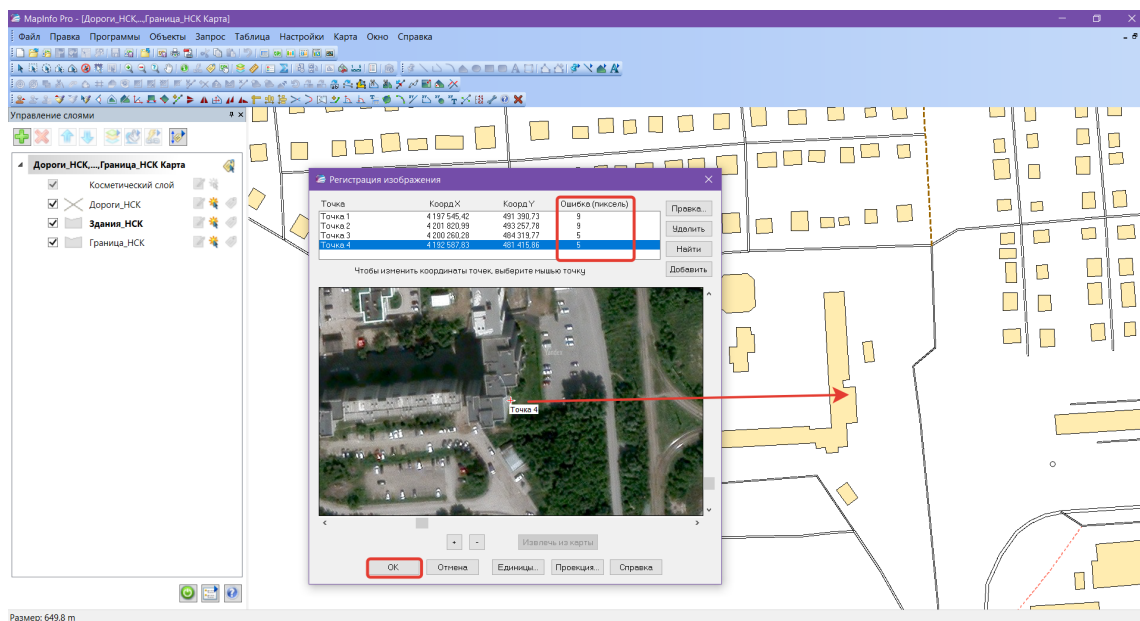


Рис. 1.7. Алгоритм регистрации космического снимка г. Новосибирска с указанием допустимых погрешностей

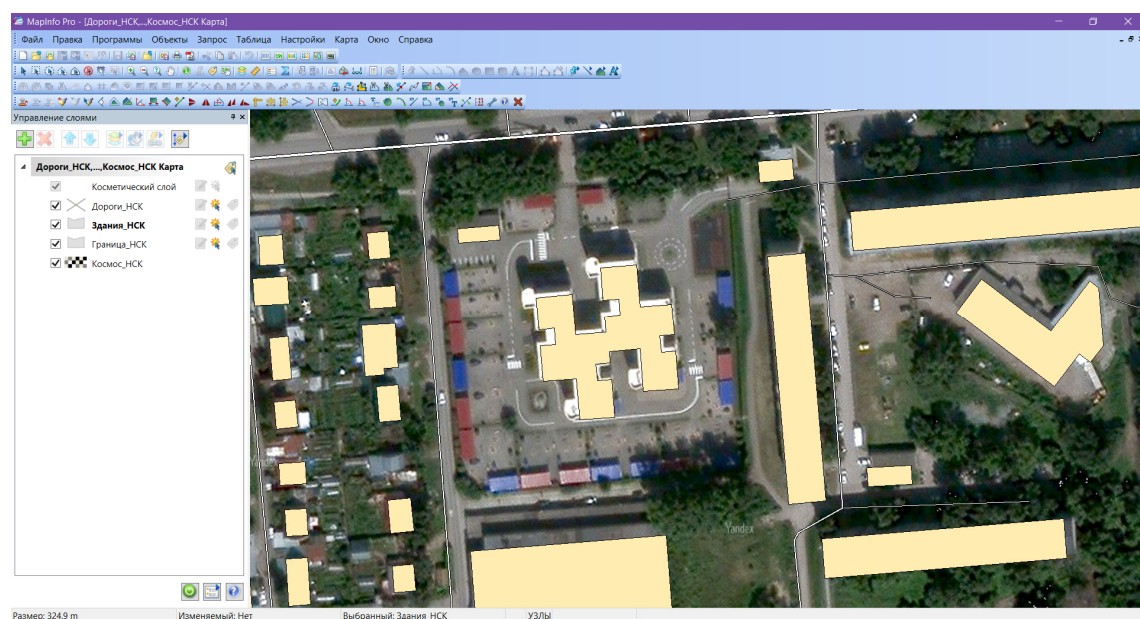


Рис. 1.8. Визуальный контроль правильности регистрации космического снимка г. Новосибирска

После завершения регистрации, для полноценного отображения космического снимка, необходимо отключить масштабный эффект, для этого следует правой клавишей мыши нажать в управлении слоями на слой с растровым изображением, выбрать пункт «Свойства слоя», убрать галочку «Показывать в пределах» в пункте меню «Масштабный эффект», нажать «Ок».

В рамках следующего этапа каждый из обучающихся, согласно варианту работы (указывается преподавателем на вводном занятии к курсовому проекту в соответствии с порядковым номером в списке группы), должен открыть с представлением в активной карте слой со своим вариантом (районом г. Новосибирска). Необходимые файлы расположены в папке «Варианты работ». В представленном учебно-методическом пособии рассматривается 2-й вариант.

В случае, если в границах выбранного варианта отсутствует космический снимок (неверно выбраны границы г. Новосибирска), необходимо скачать космический снимок выбранного района согласно последовательности действий, описанной ранее.

2. ПОИСК И ИМПОРТ ИСХОДНЫХ СВЕДЕНИЙ О ПУНКТАХ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ (ОПОРНОЙ МЕЖЕВОЙ СЕТИ)

При выполнении кадастровых работ для определения координат характерных точек объектов недвижимости законодательно разрешено использовать ряд методов [5], среди которых можно выделить геодезический метод, метод спутниковых геодезических измерений (определений), а также комбинированный метод, отвечающие требованиям к точности для городских территорий (0,10 м).

Обязательным условием применения указанных методов кадастровыми инженерами, согласно [1], является нахождение, осмотр и использование не менее трех пунктов государственных геодезических сетей (опорных межевых сетей) при осуществлении кадастровой деятельности, с указанием реквизитов документов, на основании которых получены данные об используемых пунктах, в технической документации (межевые и технические планы).

Данные о пунктах ГГС и ОМС запрашиваются кадастровым инженером при помощи специального запроса, передаваемого в Федеральный фонд пространственных данных (ФФПД) [11].

Шаг 1. Поиск информации о местонахождении и координатах пунктов ГГС и ОМС на территории административных районов г. Новосибирска

В рамках выполнения курсового проекта для получения сведений о существующих пунктах ГГС на территории г. Новосибирска будут использоваться данные из открытого интернет-портала «Программный центр» [12].

Для получения любых данных на портале, а также использования веб-сервисов для кадастровых инженеров («Архив КПТ», «Конвертер XML» и др.) необходимо выполнить предварительную регистрацию.

После регистрации для поиска информации о существующих пунктах ГГС и ОМС необходимо последовательно выбрать вкладки: «Главная» – «Веб-сервисы Полигон» – «Геосеть России». Далее, в открывшемся окне необходимо выбрать «Найдите пункты ОМС, ГГС» – «54 Новосибирский» – «54:19 Новосибирский» – «Показать на карте пункты района».

В появившемся окне необходимо выбрать и записать координаты пунктов ГГС и ОМС, расположенных в районе (районах) г. Новосибирска, согласно выбранному варианту работ. Аналогично необходимо выполнить поиск пунктов ГГС и ОМС в кадастровом районе «54:35 Новосибирск».

В рамках выполнения курсового проекта обучающемуся необходимо выбрать три пункта ГГС или ОМС, один из которых (по возможности) должен располагаться в центральной части территориального образования (района г. Новосибирска).

Пример выбора исходных пунктов для рассматриваемого второго варианта (Центральный и Железнодорожный районы) с использованием указанного веб-сервиса приведен на рис. 2.1.

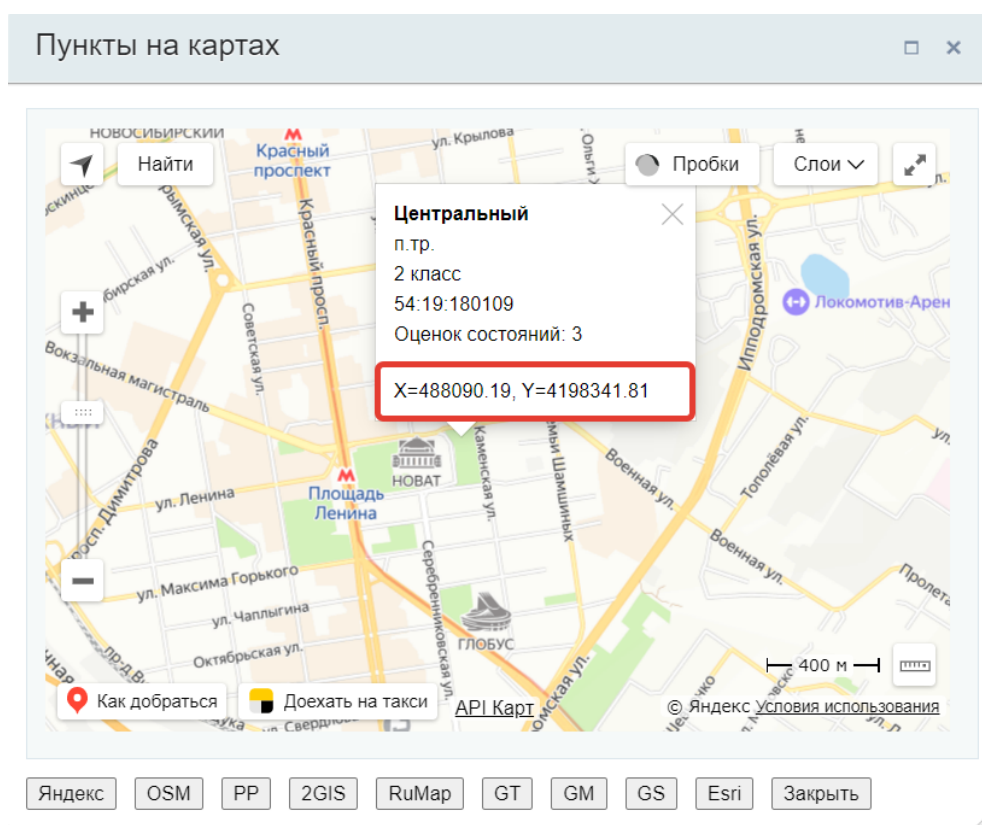


Рис. 2.1. Поиск пунктов ГГС на территории административного района г. Новосибирска

В случае отсутствия в выбранном районе (районах) достаточного количества пунктов ГГС или ОМС допускается использовать пункты, расположенные в смежных районах г. Новосибирска.

После выбора пунктов информацию о них необходимо представить в виде таблицы, которую затем необходимо включить в состав курсового проекта (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Информация о пунктах ГГС на территории работ

Название пункта	Координаты	
	X (м)	Y (м)
Центральный	488090.19	4198341.81
Инжгеодезия	489252.34	4197541.38
Ремзавод	487009.77	4201379.69

На следующем этапе обучающемуся необходимо создать слой «Исходные пункты» с помощью команды «Файл» – «Новая таблица» (слой необходимо добавить к карте, галочку в разделе «Показать картой» необходимо убрать, в графе «Структура таблицы» необходимо выбрать «Создать новую»). Для этого следует задать проекцию «План-схема (метры)» (см. предыдущие шаги), координатную систему плана оставить без изменений, нажать «Ок».

Структуру таблицы необходимо задать в соответствии со следующими полями: «Название_пункта» (Символьное, 40), «Координата_X» (Вещественное), «Координата_Y» (Вещественное). Обращаем внимание на недопустимость использования пробелов при описании полей! После заполнения структуры таблицы необходимо нажать клавишу «Создать», в появившемся диалоговом окне ввести название таблицы «Исходные пункты».

Шаг 2. Нанесение исходных пунктов на электронную картографическую основу.

Для нанесения исходных пунктов необходимо представить созданную таблицу в виде списка с помощью команды «Окно» – «Новый список».

Затем необходимо скопировать данные из табл. 2.1 и вставить в активное окно списка, в результате должен быть осуществлен корректный перенос данных (следует обратить внимание на недопустимость округления значения координат при копировании).

Далее необходимо выполнить команду «Таблица» – «Создать точечные объекты», в появившемся диалоговом окне следует задать следующие значе-

ния: «Создать точки в таблице» – Исходные_пункты, «Пометить символом» – наборы – Символы MapInfo 3.0, Символ – F1, Цвет – E1, размер – 14.

Следует помнить, что в программных продуктах серии MapInfo используется математическая система координат, в связи с этим в подпункте меню «Извлечь координаты X из колонки» необходимо выбрать «Координата_Y», «Извлечь координаты Y из колонки» необходимо выбрать «Координата_X», нажать «Ок».

В результате, на электронной картографической основе должны отобразиться три выбранных исходных пункта ГГС.

Далее необходимо аналогично создать новый слой «Ориентирование сети», со следующей структурой: «Название_линии» – символьное (20), «Длина линии» – вещественное.

В изменяемом слое «Ориентирование сети», необходимо при помощи инструмента «Линия» (стиль – C16, Цвет – E1) соединить исходный пункт, расположенный в центральной части территориального образования, последовательно со вторым и третьим исходными пунктами.

Шаг 3. Оформление автоматических подписей объектов.

Для оформления приложений к курсовому проекту будет использоваться единообразный порядок автоматических подписей объектов. Рассмотрим такой порядок на примере подписей исходных пунктов ГГС и ОМС.

Для оформления подписей необходимо в активном окне управления слоями сделать слой «Исходные пункты» изменяемым, нажать правой клавишей мыши на слой, выбрать пункт «Свойства слоя».

Далее необходимо перейти в пункт меню «Подписи», выбрать «Текст из колонки» – «Название_пункта», нажать левой клавишей мыши на иконку «Aa», в открывшемся диалоговом окне стиля текста использовать «Шрифт» – «Times New Roman», «Размер» – «12», «Цвет» – «Черный», «Фон» – «Рамка», «Эффекты» – «Жирный», нажать «Ок». Затем выбрать «Выноска» – «Нет» и перейти в пункт меню «Правила подписывания».

В данном разделе необходимо выбрать местоположение подписи справа сверху, со смещением подписей на два пункта, в пункте меню «Размещение и плотность подписи» следует использовать значение «Пробовать другое положение», далее нажать «Ок».

Затем в активном окне управления слоями напротив изменяемого слоя необходимо активировать инструмент «Автоматические подписи».

Для обеспечения наглядности отчетов следует в окне управления слоями перенести наверх слой «Исходные пункты». Результат выполнения перечисленных операций приведен на рис. 2.2.

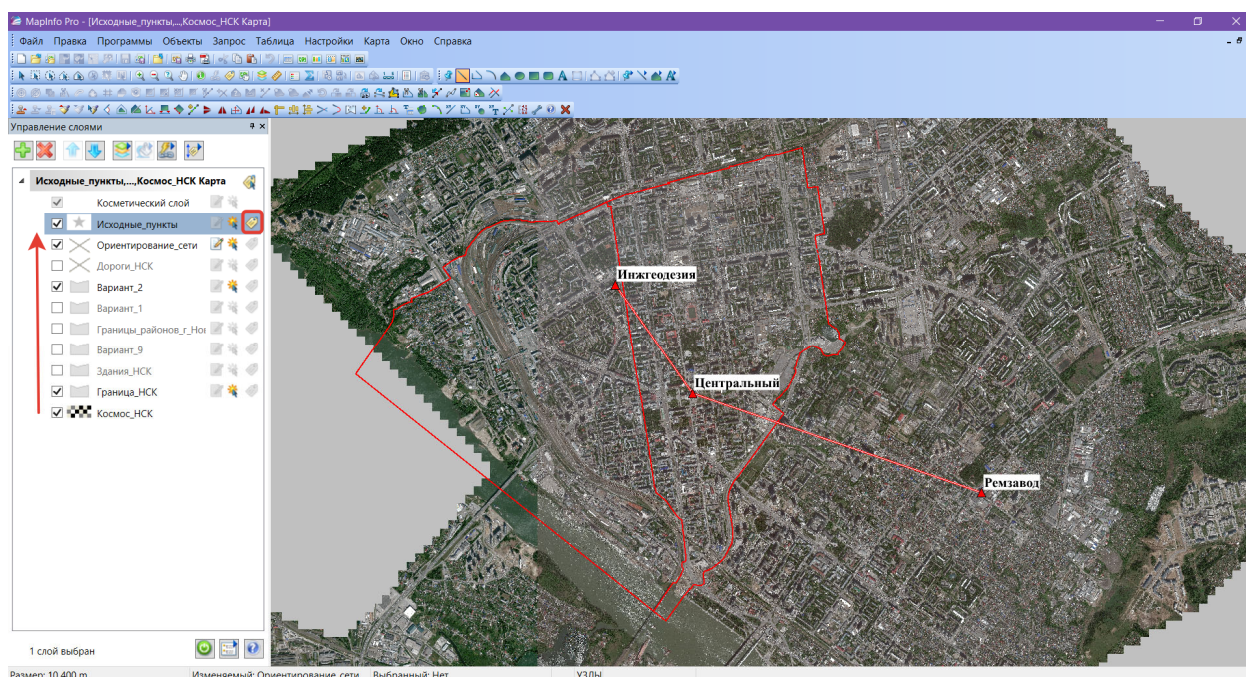


Рис. 2.2. Поиск пунктов ГГС на территории административного района г. Новосибирска

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ (ОПОРНАЯ МЕЖЕВАЯ СЕТЬ) С ПРИМЕНЕНИЕМ НАЗЕМНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Теоретическая часть

В результате выполненных многочисленных исследований оптимальная структура ГО для координатного обеспечения градостроительных, землеустроительных и кадастровых работ в территориальном образовании может быть представлена в виде трехступенчатого геодезического построения [9, 10], основные характеристики которого приведены в табл. 3.1.

Первая ступень – опорная межевая сеть, предназначена для закрепления системы координат в территориальном образовании, в первую очередь необходима для выполнения кадастровых работ. Для обеспечения сохранности и стабильности в пространстве пункты целесообразно проектировать, а затем размещать на объектах капитального строительства. Однако, поскольку ОКС в условиях активной техногенной и антропогенной нагрузки могут испытывать существенные плановые и высотные деформации, актуальной научно-технической задачей является определение стабильности их местоположения в пространстве.

При использовании GNSS-технологий определяемыми элементами являются векторы базовых линий, которые целесообразно объединять в замкнутые геометрические фигуры, что при математической обработке результатов измерений обеспечит надежный контроль спутникового позиционирования. Длины линий между исходными и определяемыми пунктами рекомендуется проектировать не более 10 км.

При использовании наземных измерительных технологий измеряемыми элементами в геодезическом построении являются углы и длины линий, измеряемые электронным тахеометром. При построении пространственных сетей, необходимых для ведения 3D-кадастра, измеряются также и вертикальные углы.

Таблица 3.1

Трехступенчатая структура ГО для геодезического обеспечения
градостроительной и кадастровой деятельности

Предлагаемая классификация ГО	Используемые измерительные технологии	Назначение
Опорная межевая сеть (ОМС)	GNSS-технологии	1. Закрепление координатной системы в ТО. Плотность пунктов – 1 пункт на 30 км ² . 2. Расположение пунктов на крышах капитальных сооружений. 3. Определение всех пунктов ОГС в единой системе координат
Межевая сеть сгущения (МСС)	Модифицированная GNSS-технология (спутниковые и наземные измерительные технологии)	1. Передача и закрепление системы координат в кадастровом квартале. Плотность – не менее двух пунктов с прямой оптической видимостью. 2. Расположение пунктов на физической поверхности земли. 3. Объединение всех пунктов ГСС в единую координатную систему
Межевое съемочное обоснование (МСО)	Наземные измерительные технологии: ходы электронной тахеометрии	1. Координирование всех объектов градостроительной и кадастровой деятельности в кадастровом квартале. 2. Использование в качестве определяемых пунктов МСО характерных точек ОКС и выходов подземных коммуникаций. 3. Используется как исходная основа при восстановлении характерных точек, закрепляющих границы ЗУ. 4. Может использоваться как исходная основа для картографирования ТО

Для исключения влияния ошибок передачи координат в государственных геодезических сетях до заданного территориального образования ОМС проектируется с одним исходным пунктом и двумя исходными дирекционными углами.

В соответствии с нормативно-правовыми документами, до 1995 г. при построении ГГС использовались нормативные требования, приведенные в табл. 3.2. Вместе с этим, в связи с широким внедрением в современ-

ное производство высокоточных электронных тахеометров, при построении ОМС целесообразно использовать новые точностные параметры, приведенные в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Требования к параметрам опорных геодезических сетей и ОМС

Этапы построения	Параметр	Существовавшие до 1995 г.			Предлагаемые
		Класс ОГС			ОМС
		2	3	4	
Проектирование	α	40°	30°	30°	40°
	S (км)	7–20	5–8	2–5	2–8
Геодезические измерения	m_β	1,0"	1,5"	2,0"	1,0"
	f_β	4,0"	6,0"	8,0"	4,0"
	m_L/L	1 : 300 000	1 : 200 000	1 : 200 000	1 : 500 000
Оценка точности проекта геодезической сети	m_S/S	1 : 200 000	1 : 120 000	1 : 70 000	1,2 см 1 : 200 000

В табл. 3.2 приняты следующие обозначения: m_β – СКО измеренного угла электронным тахеометром; f_β – предельно допустимая угловая невязка в треугольнике; m_L/L – СКО измерения длины линии в относительной мере; m_S/S – СКО определения наиболее слабой стороны после уравнивания; α – минимальное значение связующего угла в треугольнике геодезической сети.

Варианты выполнения курсового проекта соответствуют административным районам города Новосибирска, площадь которых варьируется от 10 до 80 км². Для унификации требований к выполнению проекта в учебных целях рекомендуется проектировать ОМС с четырьмя, максимум пятью определяемыми пунктами.

Проект ОМС следует выполнять в местной системе координат, с одним исходным пунктом, расположенным в центральной части территориального образования и несколькими исходными дирекционными углами. Для

ориентирования ОМС на исходном пункте должно быть запроектировано измерение примычных углов. Возможная схема проектирования ОМС в виде триангуляционного построения приведена на рис. 3.1.

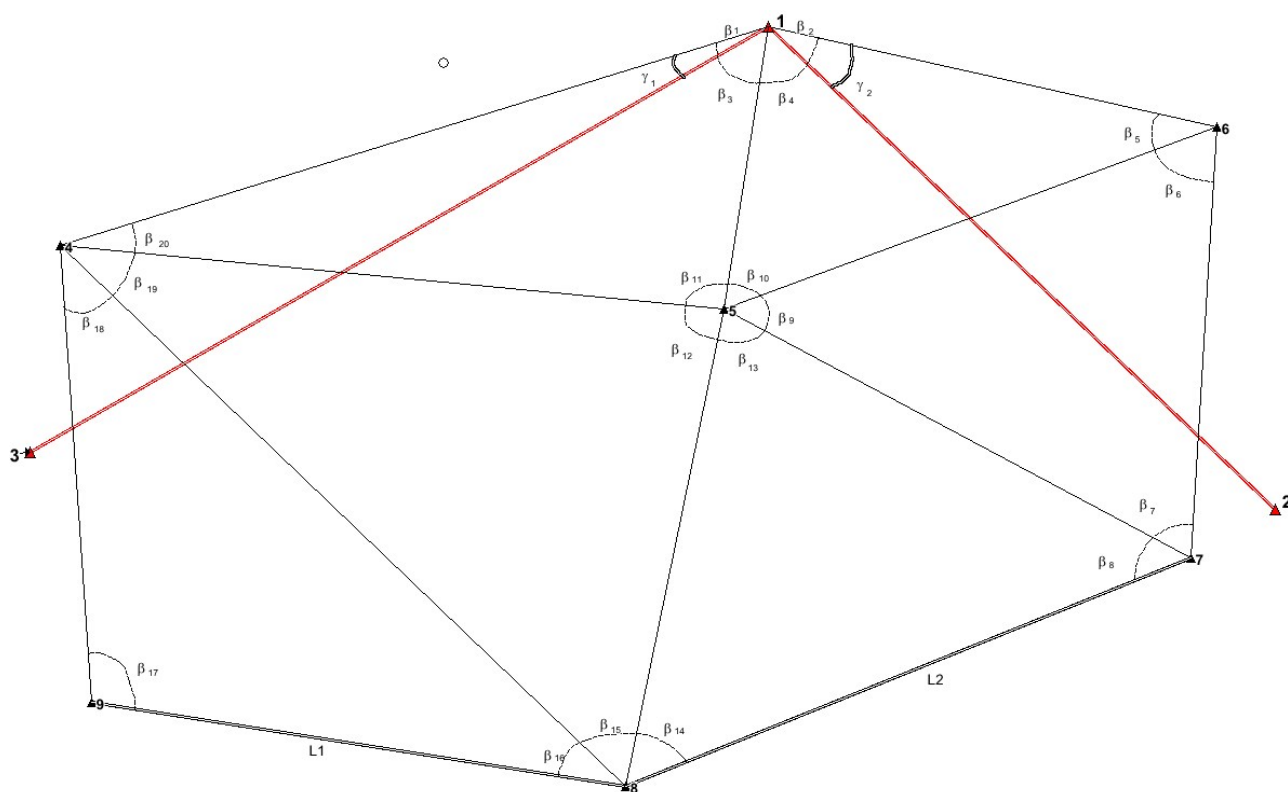


Рис. 3.1. Схема построения первой ступени ОМС в виде триангуляции:

▲ 1 – исходный пункт, определяющий начало системы координат территориального образования; ▲ 2, 3 – исходные пункты, определяющие ориентирование геодезической сети; ▲ 4, 5, 6, 7, 8 – определяемые пункты; β_{1-19} – измеряемые углы; $\gamma_{1,2}$ – измеренные примычные углы для ориентирования первой ступени; L_1, L_2 – измеренные длины линий для масштабирования первой ступени

При проектировании ОМС может быть так же использована трилатерация. *Трилатерация* – это сеть, состоящая из треугольников или геодезических четырехугольников, в которой измеряются только длины линий и примычные углы для ориентирования сети (рис. 3.2).

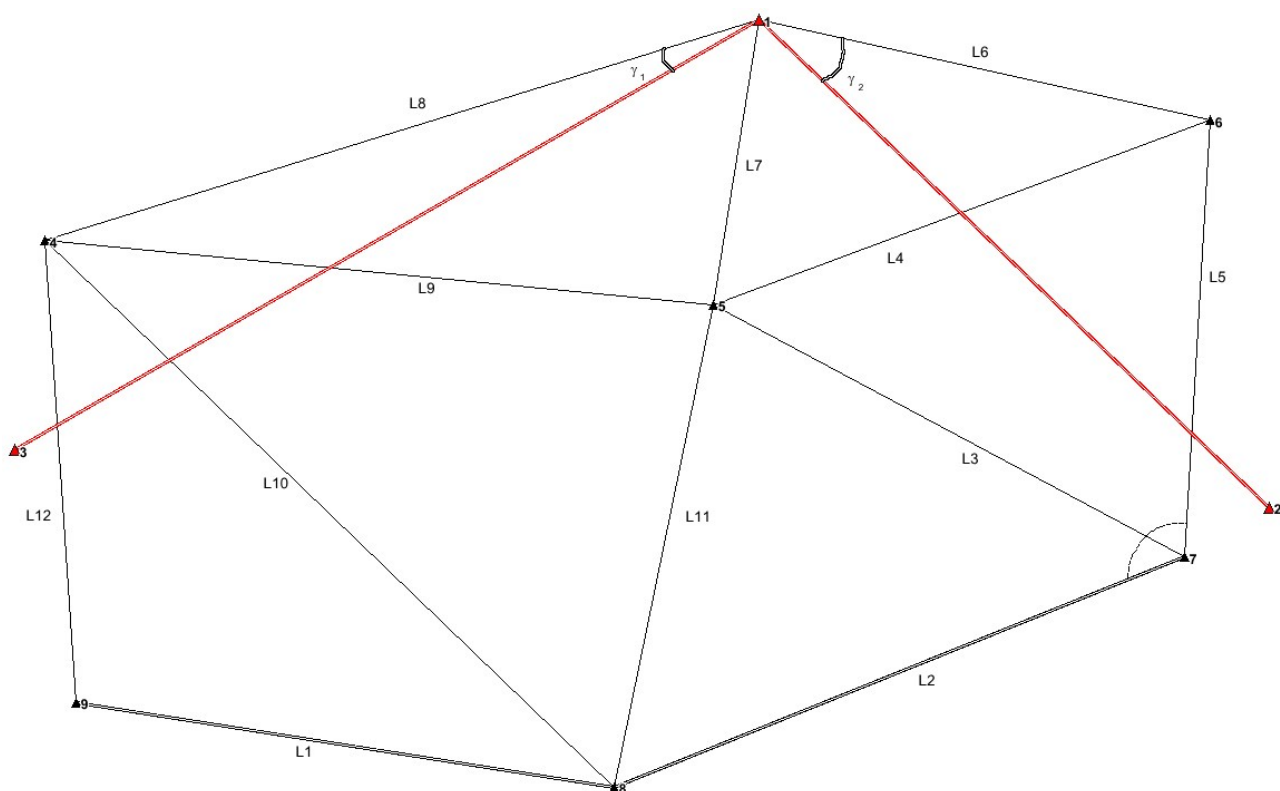


Рис. 3.2. Схема построения ОМС в виде трилатерации:

▲ 1 – исходный пункт, определяющий начало системы координат территориального образования; ▲ 2, 3 – исходные пункты, определяющие ориентирование геодезической сети; ▲ 4, 5, 6, 7, 8 – определяемые пункты; $\gamma_{1,2}$ – измеренные примычные углы для ориентирования первой ступени; L_1 - L_{12} – измеряемые стороны.

Наиболее широко используемым в настоящее время способом построения ОМС на местности является линейно-угловое построение. *Линейно-угловая сеть* – это сеть, состоящая из треугольников или геодезических четырехугольников, в которой измеряются все углы и длины линий.

В пояснительной записке обучающемуся необходимо обосновать свой выбор типа геодезического построения для заданного территориального образования и отметить положительные, а также отрицательные стороны выбранного метода построения ОМС.

При проектировании ОМС обучающемуся необходимо руководствоваться требованиями, представленными в табл. 3.2.

Определяемые пункты ОМС на зарегистрированном космическом снимке г. Новосибирска необходимо проектировать исходя из следующих положений:

1. Пункты необходимо располагать в местах, обеспечивающих их сохранность и стабильность в пространстве (для данного проекта на крышах ОКС примерно 20 м над физической поверхностью земли).

2. Между исходными и определяемыми пунктами ОМС должна быть обеспечена прямая оптическая видимость.

Диапазон длин линий и минимальное значение связующего угла в треугольниках должны соответствовать нормативным требованиям, приведенным в табл. 3.2.

После проектирования сети обучающемуся необходимо в пояснительной записке к курсовому проекту привести параметры запроектированного варианта ОМС в виде таблицы (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Характеристика запроектированного варианта ОМС

Название параметра	Полученное значение	Нормативное значение
Число определяемых пунктов	5	-
Минимальное значение связующего угла	37°	30°
Минимальная и максимальная длина линии (км)	1,65–3,03	2–5
Площадь ТО (км ²)	14,1	-
Плотность пунктов	1 п – 4 км ²	1 п – 4 км ²
Число избыточных измерений	$22 - 2 \cdot 5 = 12$	-
СКО наиболее слабого пункта относительно исходного пункта геодезического обоснования	1 пункт $m = 3,81$ см	10 см
СКО взаимного положения смежных пунктов	1-2 $m = 4,16$ см	5 см
СКО наиболее слабой стороны	1-2 1 : 102 000	1 : 70 000
СКО определения площади ТО	-	1 : 3 000
Запроектированные средства измерений		-

Практическая часть

Шаг 1. Для проектирования ОМС в рамках курсового проекта в среде MapInfo необходимо создать следующие слои: «Определяемые пункты ОМС» (структура аналогична структуре слоя «Исходные пункты»), а также «Линейные измерения ОМС» (Название_линии – символьное (40), длина линии – вещественное).

В слое «Определяемые пункты ОМС» с помощью инструмента «Символ» необходимо запроектировать 4–6 пунктов ОМС (согласно требованиям, указанным в теоретической части), стиль символа – «Символы MapInfo 3.0»; Символ – «F1»; цвет – «черный», размер – «14».

Для оценки наличия прямой видимости между исходными и определяемыми пунктами ОМС рекомендуется дополнительно использовать веб-сервисы «Яндекс-панорама» и «Google-карты» (режим просмотра улиц).

После размещения определяемых пунктов необходимо вычислить их координаты. Для этого следует воспользоваться программой «Записать координаты объекта» (Coordinate Extractor), путь: «Программы» – «Каталог программ» – «Записать координаты объекта» (поставить галочку в окне «Загрузить» и «Автозагрузка»). Аналогично внесению сведений об исходных пунктах ОМС следует поменять колонки X и Y местами. При записи координат объектов особое внимание следует обратить на выбор таблицы, в которой находятся определяемые пункты (а также иные моделируемые в ходе выполнения курсового проекта объекты).

В слое «Линейные измерения ОМС» необходимо соединить определяемые пункты ОМС между собой и исходным пунктом ОМС в центральной части территориального образования с учетом требований, рассмотренных в теоретической части, предъявляемых к триангуляции/трилатерации/линейно-угловой сети. Для линий в указанном слое следует применить стиль линии – «B1», цвет – «черный», толщина – «2 пикселя».

Для измерения связующих углов в треугольнике следует использовать инструмент «Вычислить угол» («Программы» – «Каталог программ» – «MapCAD» (поставить галочку в окне «Загрузить» и «Автозагрузка»)), угол должен быть не меньше 30 градусов.

Для проверки длины линии следует выполнить автоматический расчет («Таблица» – «Обновить колонку», в меню «Обновить таблицу» выбрать

«Линейные_измерения_ОМС», «Обновить колонку» – «Длина_линии», значение – «ObjectLen(obj, «km»», «Результат в список» – «Ок»).

При проектировании ОМС, в исключительных случаях, допускается расположение пунктов за пределами выбранных административных районов.

В пояснительной записке к курсовому проекту необходимо привести в виде таблицы координаты определяемых пунктов и длины линий.

Пример запроектированной опорной межевой сети в виде триангуляции приведен на рис. 3.3.

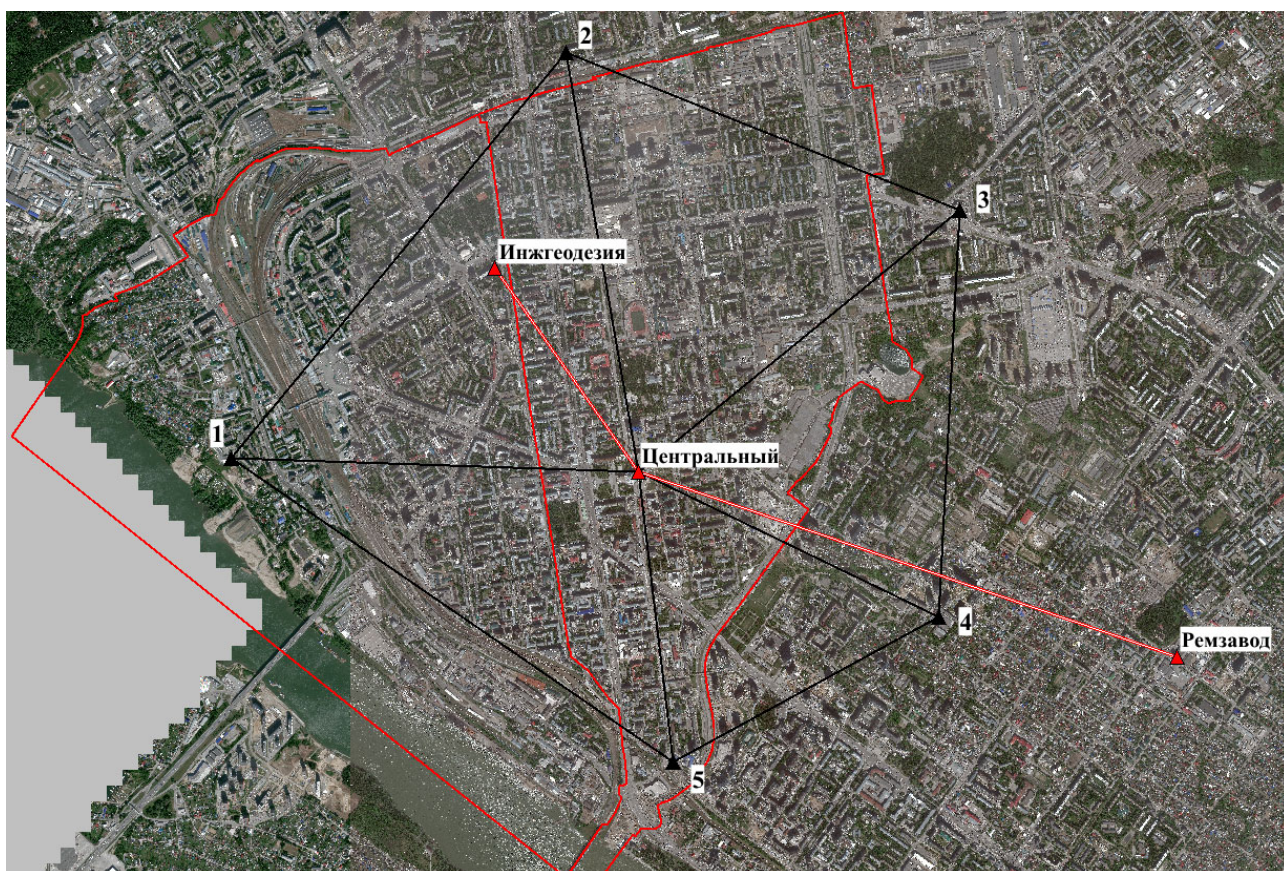


Рис. 3.3. Проект запроектированной ОМС

4. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ЗАПРОЕКТИРОВАННОЙ ОПОРНОЙ МЕЖЕВОЙ СЕТИ

Теоретическая часть

Оценка точности проекта геодезического обоснования заключается в вычислении средних квадратических ошибок (СКО) следующих элементов геодезического построения:

- СКО положения пункта в наиболее слабом месте сети m_0 ;
- СКО взаимного положения наиболее слабых смежных пунктов m_{I-J} ;
- СКО дирекционного угла m_α (определение точности ориентирования);
- СКО длины линии m_{sI-J} (определение точности масштабирования);
- СКО определения площади геометрической фигуры, образованной пунктами ГО (очень важный аспект в земельно-имущественных отношениях в ТО, где, в том числе, выполняются комплексные кадастровые работы).

Сравнение вычисленных значений СКО параметров с их нормативными значениями, которые устанавливаются соответствующими нормативно-правовыми документами для градостроительной или кадастровой деятельности, позволяют сделать вывод о соответствии выполненного проекта поставленной цели и решаемым научно-техническим задачам.

СКО элементов вычисляются по заданной СКО угловых и линейных измерений (m_β и m_L), которые соответствуют нормативным требованиям (например, для ОМС инструментальные точности измерений составляют: $m_\beta = 1''$, $m_L = 1$ см). В качестве нормативных требований, предъявляемых к геодезическим построениям для целей ЕГРН, фигурирует СКО положения наиболее слабых смежных пунктов m_{I-J} ($m_{I-J} \leq 0,05$ м), СКО определения длины линии в наиболее слабом месте, а также СКО положения пункта в наиболее слабом месте сети m_0 ($m_0 \leq 0,1$ м).

Оценка точности проекта геодезической сети выполняется на основании программы Logos 200, в котором реализован метод наименьших квадратов.

В случае несоответствия полученных СКО нормативным требованиям, существуют следующие способы улучшения полученных результатов:

- 1) увеличить значения минимальных связующих углов в треугольниках запроектированного геодезического построения;
- 2) выбрать электронный тахеометр, обеспечивающий более высокую точность линейных измерений;
- 3) увеличить число избыточных измерений в запроектированной опорной межевой сети.

Реализация первого направления заключается в нахождении нового места расположения определяемых пунктов, которое обеспечивает оптимальное значение связующих углов в треугольниках. Это направление связано со значительными трудозатратами и не всегда реализуемо, поскольку основным требованием к определению местоположения пункта является обеспечение условий его долговременной сохранности.

Вторым направлением уменьшения СКО параметров является увеличение точности линейных измерений, используя то обстоятельство, что в таблице нормативных требований для измерения длин линий приведены только предельные значения. В настоящее время, используя широкий спектр точностных параметров современных электронных тахеометров, возможно подобрать соответствующее измерительное технологическое оборудование, которое обеспечит выполнение данного направления.

Реализация третьего направления заключается в увеличении числа избыточных измерений за счет, например, проектирования вместо триангуляции или трилатерации линейно-углового построения, со всеми измеренными углами и длинами линий.

Если полученные точностные критерии удовлетворяют нормативным требованиям, то в пояснительной записке обучающемуся необходимо привести следующие характеристики:

- результаты вычисления СКО проекта геодезического построения в программе Logos 200;
- параметры запроектированной сети в табл. 3.3.

При вычислении плотности пунктов (строка 5) необходимо учитывать общее число исходных и определяемых пунктов. Число избыточных измерений (строка 6) вычисляется как разность между числом всех измерений

(углов и длин линий) и удвоенным числом определяемых пунктов. В строке 11 таблицы обучающимися самостоятельно выбираются измерительные технические средства для выполнения геодезических измерений, исходя из точностных характеристик и их стоимости.

Практическая часть

Оценка точности в рамках курсового проекта выполняется в программе Logos200 («Программное обеспечение» – «Logos200»). Для корректной работы программы в операционной системе Windows 7 и выше, необходимо дополнительно установить программу DosBox («Программное обеспечение» – «DosBox»).

После установки программы, необходимо дополнительно выполнить следующие действия: «Пуск» – «Все приложения» – «DosBox-0.74» – «DosBox 0.74 Options», в конце файла следует заменить строку «keyboardlayout=auto» на «keyboardlayout=ru» и сохранить.

Шаг 1. Для запуска программы необходимо переместить ярлык с программой Logos 200 на ярлык Dosbox, в результате откроется диалоговое окно, представленное в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Интерфейс программы Logos 200

Создать БД	Вводится произвольный шифр, который в дальнейшем позволит идентифицировать выполненные вычисления и повторно выполнять оценку точности проекта (например, Chernov)
Открыть БД	При первоначальном вводе информации значение не вводится, используется при повторном использовании введенной информации
m_{β}	Точность запроектированных углов, соответствующая классу ОМС (например, для 4-го класса 1")
$m_L(\text{cm})$	Точность линейных измерений в абсолютной мере. Выбирается исходя из нормативной величины, приведенной в табл. 3.3 (например, 1).
m_{GPS}	При использовании наземных средств для выполнения измерений этот показатель не вводится
m_P	Используется только при специальных расчетах

Шаг 2. Необходимо внести значения в меню «Создать БД», m_B и m_L (см). В связи с особенностями программы, для ввода данных необходимо использовать клавиатуру на английской раскладке, для удаления элементов следует выделить строку и нажать «пробел». После ввода информации необходимо нажать F7.

Шаг 3. В рамках следующего этапа необходимо ввести координаты исходных пунктов (из MapInfo). Проверив правильность введенных данных, нажать F7.

Шаг 4. После этого обучающимся необходимо ввести координаты определяемых пунктов. Проверив правильность введенных данных, нажать F7.

Шаг 5. Далее необходимо внести информацию о запроектированных измерениях (по часовой стрелке, для подтверждения необходимости измерения используется цифра «1»), которая вводится в таблицах следующего вида (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Проектируемые измерения

Пункт стояния	N	Пункт наблюдения	Проект. углы	Проект. стороны	Проект. GPS
centr	1	ing	1		
	2	2	1		
	3	3	1		
	4	rem	1		
	5	4	1		
	6	5	1		
	7	1	1		
2	1	centr	1		
	2	1	1		
	3	3	1		
3	1	2	1		
	2	4	1	1	
	3	centr	1		
4	1	3	1		
	2	5	1	1	
	3	centr	1		
5	1	4	1		
	2	1	1		
	3	centr	1		
1	1	5	1		
	2	2	1		
	3	centr	1		

Переход к введению информации со следующей станции осуществляется по нажатию клавиши F6, при необходимости возврата к предыдущей станции следует воспользоваться клавишей F5.

В рамках рассматриваемого примера используется построение в виде триангуляции, поэтому запроектированы все угловые измерения и длины двух наиболее слабых сторон сети. После заполнения данных о всех измерениях необходимо нажать клавишу F7.

Шаг 6. Завершение ввода информации осуществляется нажатием клавиш F2 (*запись введенной информации на жесткий диск компьютера*), F9 (*программа выполняет оценку точности проекта*), F10 (выход в головное меню), F10 (*выход из программы в папку, где установлен «Logos200»*).

В результате работы программы «Logos200» в папке, где она установлена, создаются служебные файлы, имеющие названия, соответствующие введенному шифру в головном меню программы и следующие расширения: Chernov.AN1; Chernov.AN2; Chernov.AN3; Chernov.AN4; Chernov.AN5.

Для открытия файлов необходимо использовать текстовый редактор Word, в графе «кодировка» выбрать «MS-DOS».

В файлах Chernov.AN1 и Chernov.AN2, приведена информация о введенных координатах исходных и определяемых пунктов, а также о запроектированных измерениях. При отсутствии грубых ошибок, в результате работы компьютерной программы образуются следующие служебные файлы: Chernov.AN3; Chernov.AN4; Chernov.AN5.

В файле Chernov.AN3 приводится матрица весовых коэффициентов координат определяемых пунктов и таблица оценки точности положения пунктов относительно ближайшего исходного пункта геодезического обоснования. Наибольшее значение в столбце M не должно превышать 0,1 м. Стоит отметить, что размерности параметров в таблице приведены в сантиметрах, а при оценке проекта геодезического построения характеристики принято вычислять с точностью до миллиметров, следовательно, в отредактированном виде результаты оценки точности следует привести следующим образом (табл. 4.3).

Следовательно, для рассматриваемого примера наиболее слабым пунктом является пункт 1, его ошибка составляет 3,81 см, что не превышает нормативного значения 10 см.

Оценка точности первой ступени ОМС

№	Название пункта	m_x (см)	m_y (см)	m (см)
1	1	2,69	2,70	3,81
2	2	2,49	2,56	3,57
3	3	1,45	1,96	2,44
4	4	1,30	1,46	1,95
5	5	1,23	1,74	2,13
6	ср	1,94	2,14	2,89

В файле Chernov.AN5 необходимо оценить параметр «СКО ВЗАИМ. ПОЛ.», наибольшее значение не должно превысить 5 см (для рассматриваемого примера наиболее слабыми смежными пунктами являются пункты 1 и 2, СКО составляет 4,16 см).

Для оценки наибольшей ошибки определения длины линии в наиболее слабом месте запроектированной ОМС, необходимо в меню «СКО УРАВН. ЛИНИИ» выбрать наибольшую ошибку (для рассматриваемого примера линия 1-2, ошибка 2,93 см), посчитать длину линии в ГИС MapInfo в сантиметрах (для примера – 297 776 см), соотнести соответствующую ошибку с длиной линии, результат представить в виде 1: ____ ($2,93/297776 = 1/x$), для ОМС 4-го класса ошибка не должна превышать 1 : 70 000, в рассматриваемом примере ошибка составила 1 : 102 000 (результат необходимо округлить до целых тысяч).

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВТОРОЙ СТУПЕНИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ (МЕЖЕВАЯ СЕТЬ СГУЩЕНИЯ) С ПРИМЕНЕНИЕМ НАЗЕМНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Теоретическая часть

Вторую ступень геодезического обоснования рекомендуется проектировать в виде межевой сети сгущения. МСС предназначена для сгущения ОМС и доведения плотности пунктов всего геодезического обоснования до значения, которое обеспечит возможность координирования всех объектов недвижимости при проведении комплексных кадастровых работ.

Для данного курсового проекта плотность пунктов не устанавливается. В учебных целях при проектировании МСС рекомендуется использовать 8-12 пунктов. Проектирование МСС рекомендуется выполнять методом полигонометрии в виде одиночного хода или системы ходов с одним или несколькими узловыми пунктами.

На рис. 5.1 представлен пример одиночного полигонометрического хода (для заданного территориального образования).

Требования для проектирования МСС в виде одиночного хода полигонометрии приведены в табл. 5.1.

При проектировании МСС в виде полигонометрии необходимо учитывать следующие факторы.

1. Ход или сеть полигонометрии должны начинаться на одном, а заканчиваться на другом исходном пункте ОМС (следовательно, число исходных пунктов должно быть не менее двух). Обучающийся самостоятельно выбирает количество и расположение исходных пунктов.

2. Определяемые пункты полигонометрии располагаются на физической поверхности земли и при использовании наземных измерительных технологий между ними должна быть обеспечена прямая оптическая видимость как с учетом рельефа местности, так и с учетом ситуации на местности.

3. Пункты должны располагаться в местах, обеспечивающих их долговременную сохранность.

4. Для населенных пунктов городского типа, площадь которых менее 10 км², ОМС не создается, а геодезическое обоснование представлено только МСС в виде замкнутой системы с одним исходным пунктом и несколькими исходными дирекционными углами.

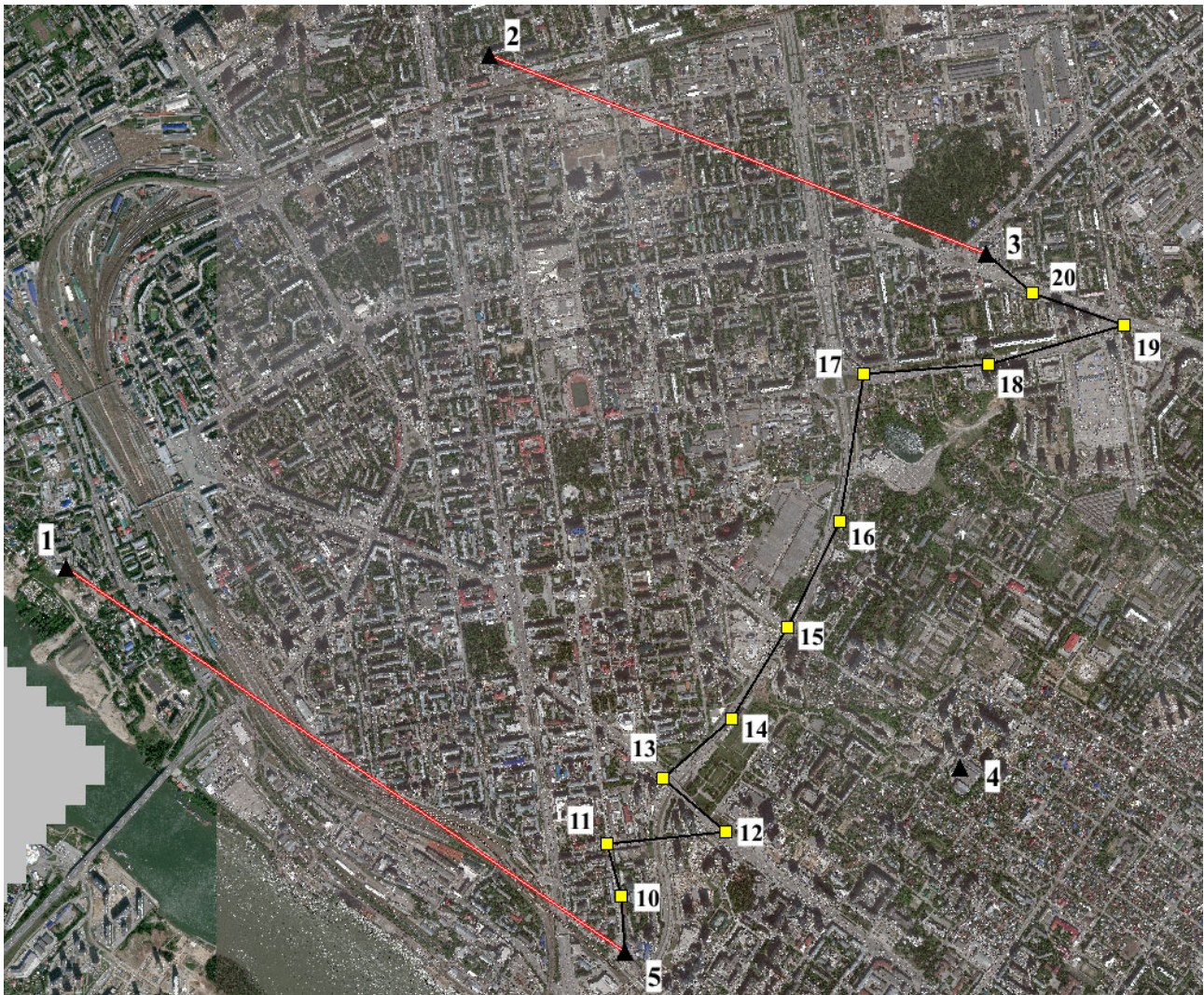


Рис. 5.1. Проект МСС в виде одиночного полигонометрического хода

Таблица 5.1

Параметры для проектирования МСС
в виде одиночного хода полигонометрии

Этапы	Параметры	4-й класс
Проектирование	Предельная длина хода	10 км
	Число сторон в одиночном ходе	15
	Диапазон длин линий (км)	0,25–2,0

Этапы	Параметры	4-й класс
Точность измерений	Точность измерения углов m_β	3,0"
	Предельная относительная ошибка измерения длин линий	1 : 25 000
	Ошибка положения пункта в наиболее слабом месте хода	5 см
	Относительная ошибка взаимного положения смежных пунктов к длине линии	1 : 25 000
Оценка точности результатов измерений	Допустимая угловая невязка f_β	5,0"
	Предельная относительная ошибка измерения длин линий	1 : 25 000
	Предельная относительная невязка	1 : 25 000

Практическая часть

Шаг 1. Для проектирования МСС в рамках курсового проекта в среде MapInfo необходимо создать следующие слои: «Определяемые пункты МСС» (структура аналогична структуре слоя «Определяемые пункты ОМС»), а также «Линейные измерения МСС» (структура слоя аналогична структуре слоя «Линейные измерения ОМС»).

В слое «Определяемые пункты МСС» с помощью инструмента «Символ» необходимо запроектировать 8–12 пунктов МСС (согласно требованиям, указанным в теоретической части), стиль символа – «Символы MapInfo 3.0»; Символ – «В1»; цвет – «желтый», размер – «10».

Для оценки наличия прямой видимости между исходными и определяемыми пунктами МСС рекомендуется дополнительно использовать веб-сервисы «Яндекс-панорама» и «Google-карты» (режим просмотра улиц).

После размещения определяемых пунктов МСС необходимо вычислить их координаты с помощью решений, рассмотренных ранее.

В слое «Линейные измерения МСС» необходимо соединить определяемые пункты МСС между собой и с выбранными исходными пунктами ОМС (необходимо выбрать и соединить двойной линией две пары исходных пунктов (стиль – С16, Цвет – Е1)) с учетом требований, рассмотренных в теоретической части, предъявляемых к ходам полигонометрии. Для линий в указанном слое следует применить стиль линии – «В1», цвет – «черный», толщина – «2 пикселя».

Пример запроектированной сети МСС приведен в теоретической части данного этапа курсового проекта.

6. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПАРАМЕТРОВ ЗАПРОЕКТИРОВАННОЙ МЕЖЕВОЙ СЕТИ СГУЩЕНИЯ

Теоретическая часть

Для оценки точности проекта МСС так же, как и для ОМС, используется программа «Logos 200». Правила составления исходной информации для работы программы идентичны правилам, рассмотренным применительно к ОМС, однако имеют место следующие особенности.

1. В качестве исходных используются не один, а несколько пунктов ОМС.
2. При описании исходных пунктов при выполнении оценки точности следует использовать только те исходные пункты ОМС, которые были включены в схему измерений при построении МСС.
3. Нумерация определяемых пунктов МСС не должна повторять нумерацию исходных пунктов ОМС.

Результаты расчета точности выполненного проекта МСС выбираются по аналогии с результатами по расчету точности ОМС из файлов с расширениями AN3, AN4, AN5.

Практическая часть

Оценка точности межевой сети сгущения аналогична оценке точности опорной межевой сети. Исключение составляют значения величин m_B (3") и m_L (1 см), а также нормативное значение СКО наиболее слабой стороны (1 : 25 000). Результаты проектирования и расчета точности необходимо привести в таблице следующего вида (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Характеристика запроектированной МСС

Название параметра	Полученное значение	Нормативное значение
1. Число определяемых пунктов	11	-
2. Периметр сети полигонометрии (км)	5,4	10
3. Минимальная и максимальная длина линии (км)	0,24–0,67	0,25–2,00
4. Плотность пунктов	1 п – 1,3 км ²	1 п – 1 км ²
5. Число избыточных измерений	$38 - 11 \cdot 2 = 16$	-
6. СКО наиболее слабого пункта относительно исходного пункта геодезического обоснования	15 пункт $m = 2,29$ см	10 см
7. СКО взаимного положения смежных пунктов	18-19 $m = 1,39$ см	5 см
8. СКО наиболее слабой стороны	3-20 1 : 28 000	1 : 25 000
9. Точность определения площади территориального образования	-	1 : 3 000
10. Запроектированные средства измерений		-

7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ ВЫСОТНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ (ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ III КЛАССА)

Теоретическая часть

Для определения рельефа местности и редуцирования линейных измерений на заданную уровенную поверхность необходимо построение высотного геодезического обоснования (ВГО), которое создаётся методом геометрического нивелирования (этот метод заключается в измерении превышения между двумя точками на земной поверхности с использованием визирной оси нивелира, которая устанавливается перпендикулярно отвесной линии с использованием цилиндрического уровня).

Отметим, что перевод российского кадастра в формат 3D также требует построения высотного геодезического обоснования [14].

Высотное геодезическое обоснование разделяется на государственные нивелирные сети и высотные съёмочные сети. Государственная нивелирная сеть состоит из нивелирных построений I, II, III и IV классов. Нивелирная сеть I и II классов предназначена для создания единой системы высот на всю территорию города. Нивелирные сети III и IV классов предназначаются для сгущения сетей I и II классов и создания исходной основы для выполнения топографических и кадастровых съёмок, в том числе, в формате 3D.

Структура высотного геодезического обоснования и класс нивелирных сетей зависят от площади территориального образования. Эта зависимость приведена в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Структура ВГО, в зависимости от площади территориального образования

$S_{\text{км}^2}$	Класс нивелирной сети
500	I, II, III, IV, ТН
50–500	II, III, IV, ТН
10–50	III, IV, ТН
1–10	IV, ТН
< 1	ТН

Требования, предъявляемые при проектировании и построении на местности сетей геометрического нивелирования, приведены в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Параметры для проектирования высотного обоснования

Параметры	Класс сети			
	II	III	IV	TH
Периметр полигона (км)	40	15	4	-
Длина хода (км)	10	5	2	-
Длина визирного луча (м)	65	75	100	150
Разность плеч на станции (м)	1	2	5	10
Накопление в станции (м)	2	5	10	20
Высота луча над землей (м)	0,5	0,3	0,2	-
Расхождение превышений на станции	15	3	5	5
СКО превышения на станции (мм)	0,3	1	3	7
СКО на 1 км хода (мм)	2	5	10	25
Допустимая невязка (мм)	$5\sqrt{L}$	$10\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$	$50\sqrt{L}$

Поскольку в рамках выполнения курсового проекта площадь заданного территориального образования составляет диапазон в пределах 10–50 км², в данном случае ВГО должно быть представлено в двухступенчатом варианте: геометрическое нивелирование III класса и геометрическое нивелирование IV класса (третья ступень в виде технического нивелирования не проектируется).

Высотное геодезическое обоснование строится в местной системе высот, первая ступень ВГО опирается на один исходный репер, принадлежащий государственным нивелирным построениям (в данном курсовом проекте данный репер совпадает с исходным пунктом в центре ТО), вторая ступень ВГО должна опираться не менее, чем на два репера старшей ступени (рис. 7.1).

В представленном варианте определяемые реперы совпадают с запроектированными пунктами ОМС.

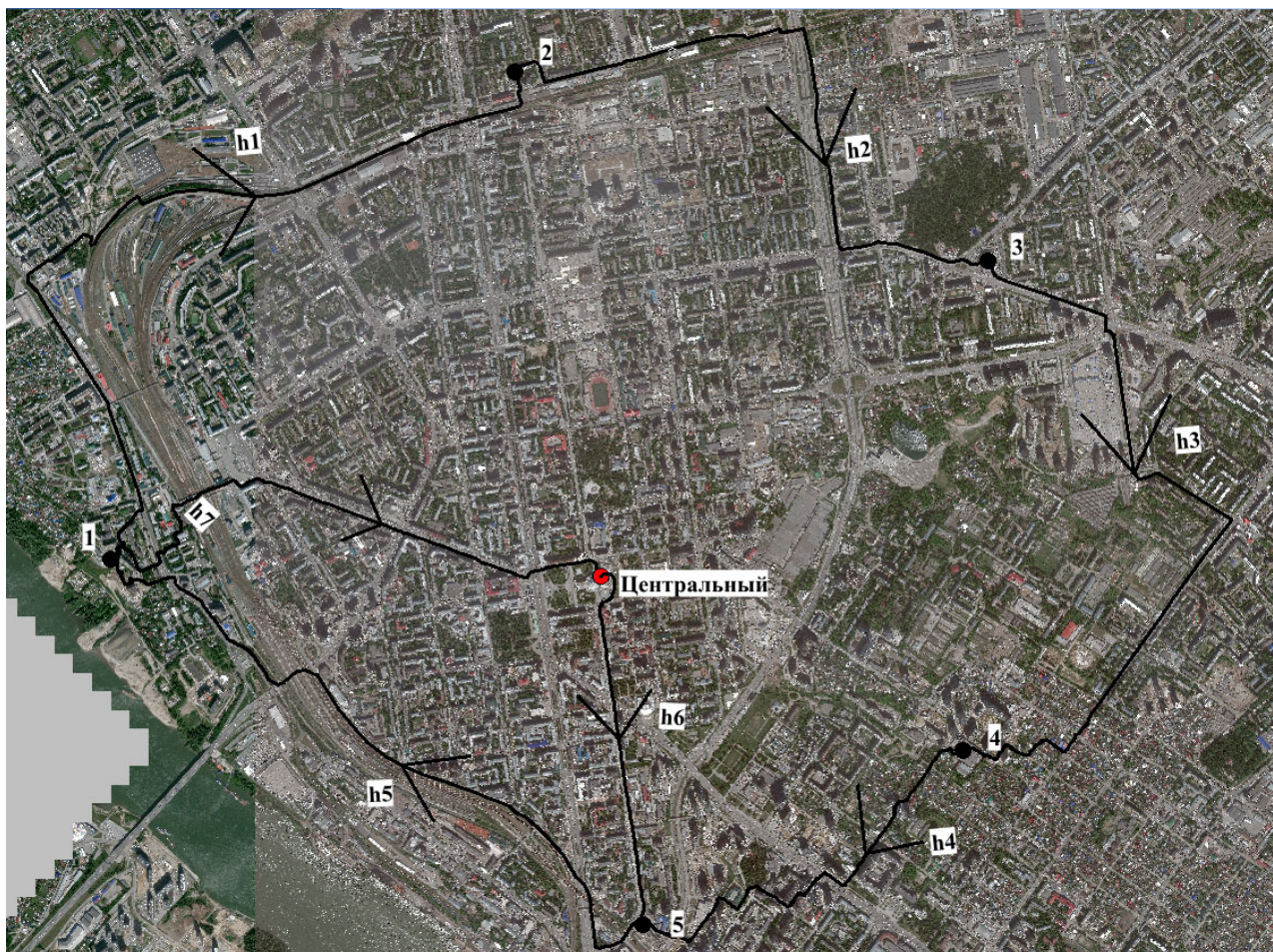


Рис. 7.1. Первая ступень ВГО
в виде геометрического нивелирования III класса

Практическая часть

Проектирование высотного геодезического обоснования выполняется в программе MapInfo.

Шаг 1. Для проектирования первой ступени ВГО необходимо в MapInfo создать слой «Нивелирование III класса» со следующими полями: «id» – символьное (40), «длина_хода» – вещественное.

Шаг 2. В рамках выполнения курсового проекта исходный репер совместить с исходным пунктом, расположенным в центральной части административного района, при этом следует использовать следующий стиль: символ, «Набор» – Символы MapInfo 3.0, «Символ» – D1, «цвет» – красный, «размер» – 14). В аналогичном стиле (исключение – черный цвет), совместить определяемые реперы с пунктами ОМС.

Шаг 3. Необходимо соединить реперы полилиниями (стиль аналогичен слою «Линейные измерения МСС») с учетом рельефа и ситуации на местности, для каждого измерения стрелками следует указать направление хода.

Также, с учетом особенностей построения нивелирных ходов на местности, обучающемуся необходимо обратить внимание на отсутствие необходимости соединять центральный репер со всеми определяемыми реперами (достаточно соединить его с двумя реперами, по аналогии с треугольником при проектировании первой ступени ОМС).

Пример запроектированного нивелирного хода III класса приведен в рамках рассмотрения теоретической части данного этапа выполнения курсового проекта (см. рис. 7.1).

8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВТОРОЙ СТУПЕНИ ВЫСОТНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ (ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ IV КЛАССА)

Теоретическая часть

В качестве исходных при проектировании нивелировании IV класса используются реперы геометрического нивелирования III класса (пункты ОМС). В качестве определяемых используются реперы, которые совпадают с пунктами полигонометрического хода (рис. 8.1).

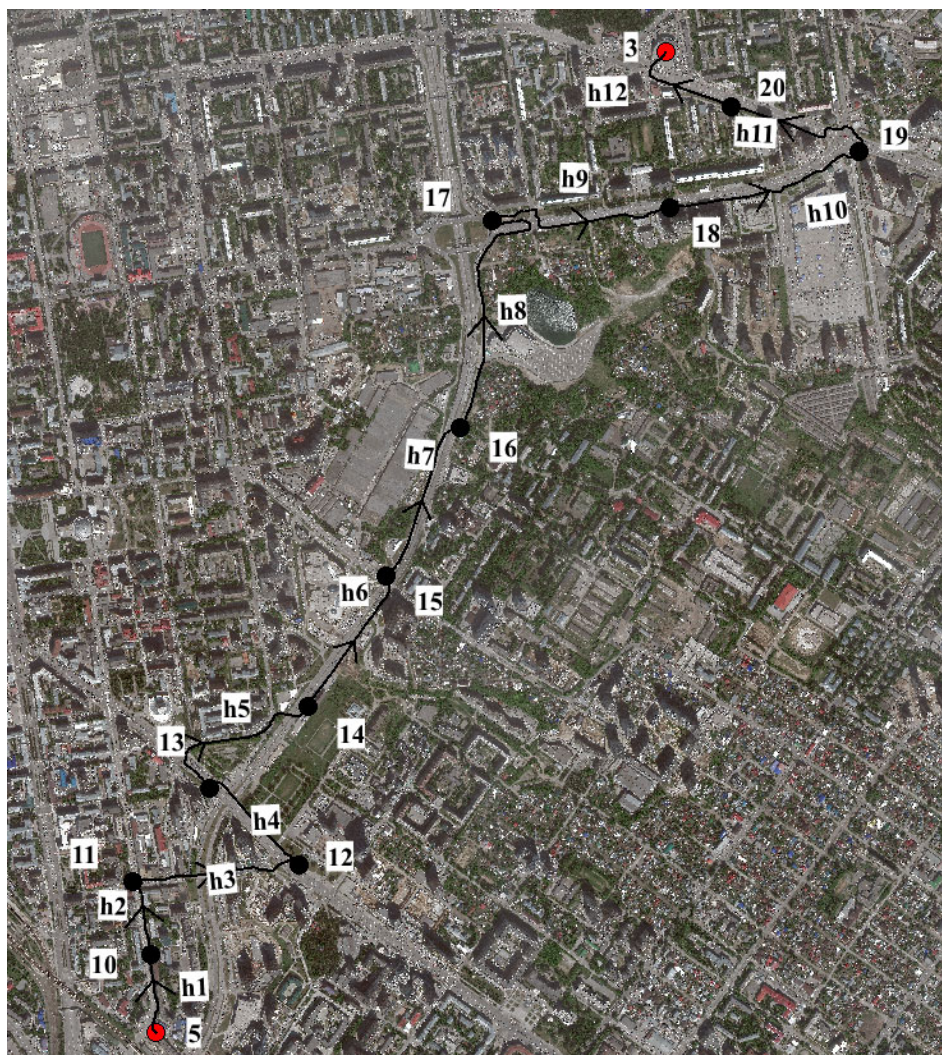


Рис. 8.1. Вторая ступень ВГО в качестве
геометрического нивелирования IV класса

Практическая часть

Проектирование второй ступени ВГО выполняется аналогично предыдущему шагу в созданном слое «Нивелирование IV класса».

Пример запроектированного нивелирного хода IV класса приведен в рамках рассмотрения теоретической части данного этапа выполнения курсового проекта (см. рис. 8.1).

9. ПРЕДВЫЧИСЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ ВЫСОТНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ

Теоретическая часть

Предвычисление точности проекта высотного геодезического обоснования заключается в вычислении точностных параметров по каждой запроектированной геодезической сети и сравнении их с нормативными показателями. Для данного варианта оценка точности заключается в вычислении СКО определения отметки наиболее слабого репера и сравнении ее с нормативным значением, которое устанавливается исходя из высоты сечения рельефа, используемого при топографической съемке наиболее крупного масштаба $M = 1 : 500$, $h = 0,5$ м, $m_0 = 0,1 \cdot h$.

Поскольку высотное геодезическое обоснование для данного курсового проекта будет состоять из двух ступеней, нормативная точность построения каждой ступени, исходя из заданной нормативной точности, вычисляется по следующей формуле:

$$m_i = \frac{m_0 \cdot K^{i-1}}{\sqrt{1 + K^2 + K^4}}, \quad (9.1)$$

где K – коэффициент понижения точности при переходе от старшей ступени к младшей ($K = 2$);

m_0 – нормативная точность построения всего многоступенчатого высотного геодезического обоснования;

i – текущий номер ступени высотного геодезического обоснования.

При двухступенчатом высотном геодезическом обосновании при $K = 2$ и $m_0 = 5$ см, нормативное значение СКО наиболее слабого репера для первой ступени будет составлять следующее значение:

$$m_i = \frac{m_0 \cdot K^{i-1}}{\sqrt{1 + K^2 + K^4}} = \frac{5 \text{ см}}{\sqrt{1 + 4 + 16}} = 1,1 \text{ см.}$$

Для второй ступени нормативное значение СКО положения наиболее слабого репера соответственно составляет:

$$m_i = \frac{m_0 \cdot K^{i-1}}{\sqrt{1 + K^2 + K^4}} = \frac{5 \text{ см} \cdot 2}{\sqrt{1 + 4 + 16}} = 2,2 \text{ см}.$$

Практическая часть

Практическая часть данного этапа выполняется с использованием программы ОМ2.

Процедура запуска программы ОМ2 аналогична процедуре запуска программы Logos200 (с применением DosBox). Директория программы: «Программное обеспечение» – «ОМ2».

Для определения ошибки наиболее слабого репера следует предварительно составить и решить матричное уравнение:

$$Q = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1}, \quad (9.2)$$

где A – матрица параметрических уравнений поправок, имеющая размер $n \times t$ (число строк равно числу всех измерений, а число столбцов – числу определяемых реперов).

Шаг 1. Составление матрицы параметрических уравнений поправок A .

Необходимо составить матрицу A и заполнить ее соответствующими коэффициентами, следуя определенному алгоритму. Например, для сети, изображенной на рис. 7.1 ($n = 7$, $t = 5$), матрица A будет иметь вид, представленный в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Матрица параметрических уравнений поправок

Измерения	ΔH_1	ΔH_2	ΔH_3	ΔH_4	ΔH_5
V_{h1}	-1	+1	0	0	0
V_{h2}	0	-1	+1	0	0
V_{h3}	0	0	-1	+1	0
V_{h4}	0	0	0	-1	+1
V_{h5}	+1	0	0	0	-1
V_{h6}	0	0	0	0	+1
V_{h7}	-1	0	0	0	0

При заполнении матрицы необходимо придерживаться следующих правил:

- значение «+1» ставится, когда направление линии входит в репер;
- значение «-1» ставится, когда направление выходит из репера;
- значение «0» ставится, когда направление не входит в репер.

Обучающимся необходимо составить матрицу, исходя из запроектированной сети нивелирования в соответствии с вариантом работы.

Шаг 2: Составление матрицы весов запроектированных измерений.

Для удобства расчета матрицы весов результатов измерений воспользуемся следующей табличной формой:

Измерения	S_{i-j} , км	L_{i-j} , км	$P = 1/L$ (км)
-----------	----------------	----------------	----------------

В табличной форме: S_{i-j} – горизонтальное проложение между реперами (соответствует длине линий в ОМС), L_{i-j} – расстояние, с учетом рельефа и ситуации на местности (соответствует длине полилинии между реперами), а P – вес результата измерения.

Для запроектированной сети ВГО, изображенной на рис. 7.1, веса результатов измерений представлены в табл. 9.2.

Таблица 9.2

Веса запроектированных измерений

Измерения	S_{i-j} , км	L_{i-j} , км	$P = 1/L$ (км)
V_{h1}	2,98	4,38	0,23
V_{h2}	2,40	3,27	0,31
V_{h3}	2,31	3,89	0,26
V_{h4}	1,72	2,25	0,44
V_{h5}	3,03	3,58	0,28
V_{h6}	1,66	1,76	0,57
V_{h7}	2,29	2,95	0,34

Шаг 3. Составление матрицы весовых коэффициентов.

Для составления матрицы весовых коэффициентов необходимо запустить программу «Ом2», нажать «Enter», после этого ввести значения коэффициентов N и T (подтверждение выбора осуществляется путем нажатия клавиши «Enter»), подтверждаем правильность введенных данных, нажав «Y».

Далее, необходимо внести информацию о значениях матрицы уравнений поправок (из табл. 9.1), для примера, элементу с индексом А (3,3) соответствует значение «-1». После проверки данных нажимаем «Y».

В открывшемся диалоговом окне, ввиду отсутствия информации об одинаковости условий выполняемых измерений на местности, необходимо выбрать, что измерения неравноточные (нажать клавишу «N»), после этого следует внести информацию о весе каждого измерения в соответствии с данными табл. 9.2, после проверки корректности измерений необходимо нажать клавишу «Y».

В открывшемся окне необходимо пропустить матрицу коэффициентов нормальных уравнений, нажав любую клавишу.

Далее необходимо сделать скриншот получившейся матрицы весовых коэффициентов Q , который впоследствии следует включить в состав пояснительной записки к курсовому проекту (рис. 9.1).

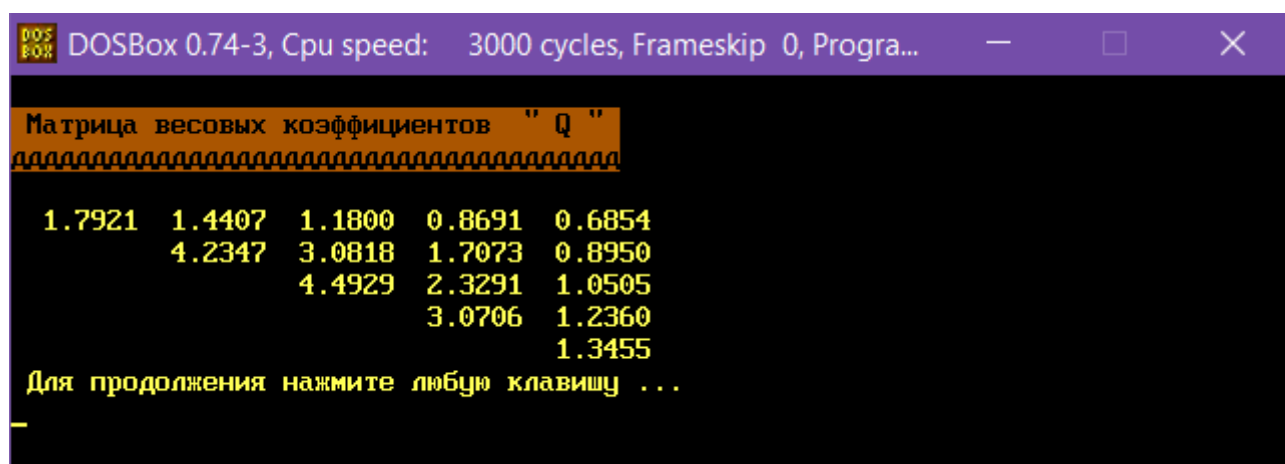


Рис. 9.1. Матрица весовых коэффициентов «Q»

На диагонали матрицы находятся весовые коэффициенты, которые характеризуют точность определения соответствующей отметки репера в сети. В полученной матрице необходимо выбрать наибольший коэффициент (в данном случае $Q_{\max} = 4,49$ – соответствует реперу 3).

Далее следует вычислить точность наиболее слабого репера по следующей формуле:

$$M_{Hi} = m \sqrt{Q_{Hi}}, \quad (9.3)$$

где m – СКО единицы веса, которая на стадии предвычисления точности принимается равной СКО на 1 км хода.

На основании выбранного примера можно отметить, что наиболее слабым в запроектированной сети является 3-й репер, СКО которого равна:

$$M_{H3} = 5 \text{ мм} \sqrt{4,49} = 10,6 \text{ мм}.$$

Необходимо сравнить полученную ошибку с нормативным значением, полученным с помощью формулы (9.1), и сделать выводы о соответствии запроектированной сети требованиям нормативных документов. В данном примере M_{H3} не превышает 1,1 см, следовательно, сеть удовлетворяет требованиям, предъявляемым к первой ступени ВГО (геометрическое нивелирование III класса).

Аналогично необходимо вычислить СКО наиболее слабого репера для второй ступени ВГО (геометрического нивелирования IV класса). В представленном примере $M_{H14} = 18 \text{ мм}$, что соответствует нормативным требованиям и свидетельствует о качестве запроектированной сети.

10. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФИГУР РАЗБИВКИ ДЛЯ ВЫНОСА В НАТУРУ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА В ЗАДАННОМ АДМИНИСТРАТИВНОМ РАЙОНЕ

Теоретическая часть

Целью построения фигур разбивки является получение на местности характерных точек, закрепляющих границы объектов недвижимости. Основой для построения фигур разбивки являются пункты существующего на местности геодезического обоснования.

В качестве фигур разбивки при использовании традиционных наземных измерительных технологий могут быть использованы следующие геодезические построения: прямая угловая засечка, способ полярных координат, линейная засечка, обратная угловая засечка и комбинированные построения, которые являются комбинацией перечисленных выше способов.

Основными элементами разбивочных работ являются: проектный (разбивочный) угол β и проектная (разбивочная) длина линии L .

Построение проектного (разбивочного) угла заключается в отложении от пунктов геодезического обоснования предвычисленного направления и закрепление его на местности.

Построение проектной линии заключается в отложении от исходного пункта вычисленной заранее длины линии по заданному направлению.

При выполнении данного курсового проекта необходимо использовать следующие фигуры разбивки: прямая угловая засечка (1-2 характерные точки границы земельного участка), способ полярных координат (остальные пункты). Остановимся на особенностях построения указанных фигур разбивки.

Прямая угловая засечка. Схема разбивки проектной точки прямой угловой засечкой заключается в отложении от нее менее чем трех исходных пунктов геодезического обоснования проектных углов на разбиваемую точку (рис. 10.1).

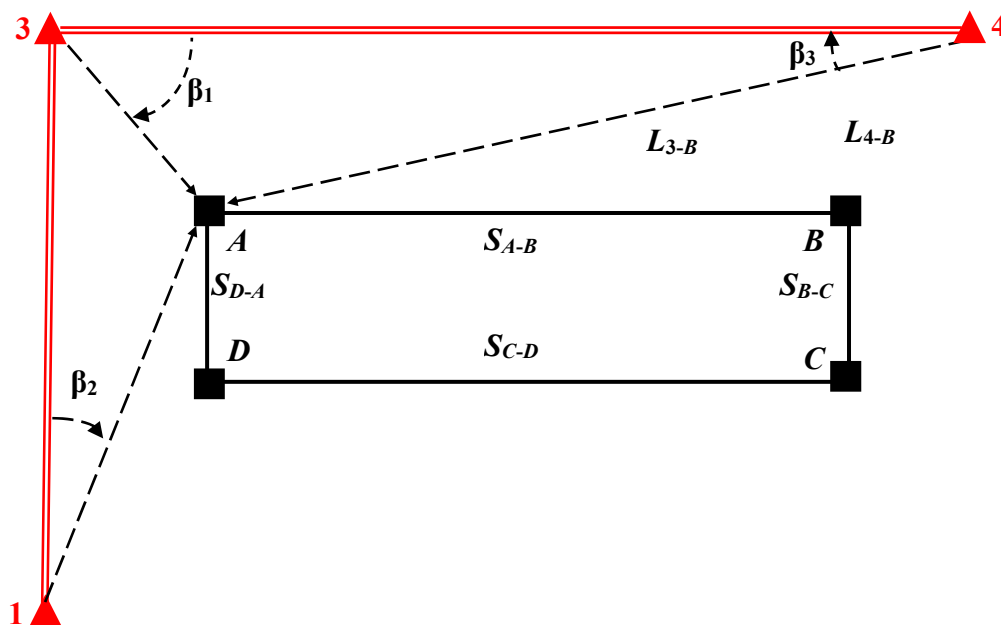


Рис. 10.1. Схема разбивки характерной точки A прямой угловой засечкой

При проектировании такой фигуры разбивки необходимо учитывать следующие требования.

1. Исходные пункты геодезического обоснования нужно выбрать таким образом, чтобы обеспечить минимальные длины линий от исходных пунктов до разбиваемой характерной точки (не более 1 км).

2. Углы засечки γ , при разбиваемой характерной точке должны находиться в диапазоне от 30° до 150° (оптимальное значение угла засечки, при котором будет отмечаться максимальная точность разбивки 90°).

Способ полярных координат. Разбивка характерной точки способом полярных координат заключается в отложении от одного исходного пункта геодезического обоснования проектного угла и длины линии. Данный способ разбивки приведен на рис. 10.2.

При использовании этого способа разбивки следует учитывать следующие особенности.

1. Конструкция фигуры разбивки не оказывает влияния на точность выносимой характерной точки.

2. Отсутствует контроль точности разбивки.

Кроме этого, при выполнении курсового проекта обучающимся возможно использовать остальные перечисленные фигуры разбивки, подроб-

ная информация об особенностях построения которых приведена в соответствующих монографиях и учебных пособиях [9, 10].

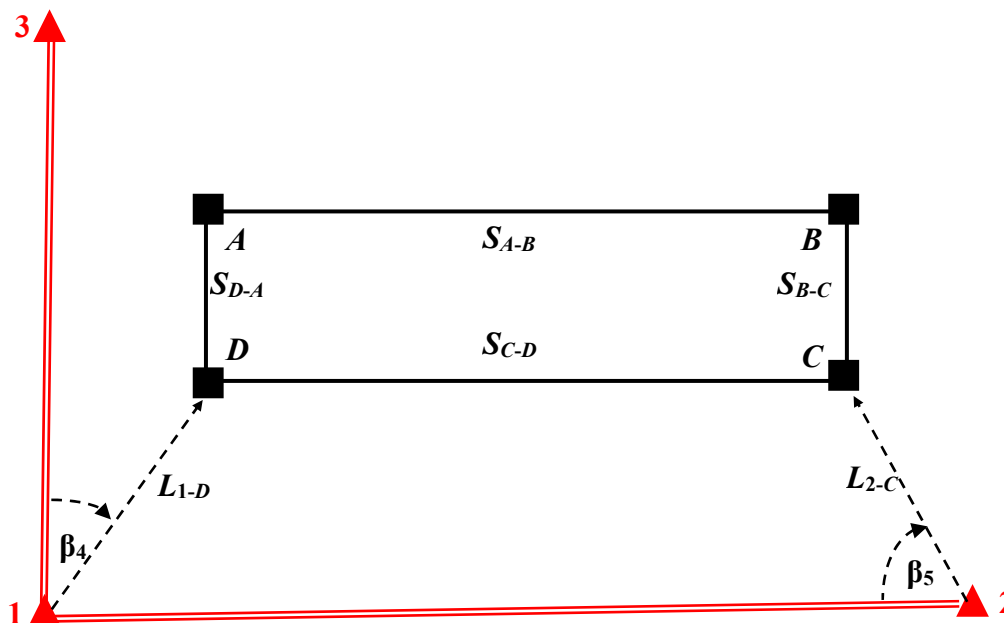


Рис. 10.2. Схема разбивки характерных точек D и C способом полярных координат

Практическая часть

Проектирование фигур разбивки выполняется в программном комплексе MapInfo.

Для выполнения работ следует создать три новых слоя.

1. Слой «Земельный участок» (поле «Наименование» – символьное (40)). В данном слое необходимо запроектировать земельный участок общего пользования площадью, примерно соответствующей одному кварталу. При проектировании границ земельного участка необходимо учесть следующие требования:

- участок не должен располагаться строго вертикально или горизонтально;
- при размещении земельного участка следует учитывать возможность дальнейшего проектирования фигур разбивки (т. е. участок должен быть расположен на расстоянии не более одного километра до минимум трех пунктов ОМС и МСС).

Проектирование границ выполняется при помощи инструмента «Полигон» (стиль полигона: «Рисунок» – нет, «стиль» – В1, «цвет» – синий, «Толщина» – 2 пикселя).

Пример запроектированного земельного участка приведен на рис. 10.3.

В пояснительной записке к курсовому проекту обучающемуся необходимо указать площадь запроектированного земельного участка.

2. Слой «Характерные точки ЗУ» со структурой, идентичной структуре слоя «Определяемые пункты ОМС». В данном слое обучающемуся необходимо нанести при помощи инструмента «Символ» (стиль символа: «Набор» – символы MapInfo 3.0, «Символ» – D1, «Цвет» – синий, «Размер» – 10) характерные точки границ земельного участка, обозначить их произвольным образом при помощи английских букв (например, *A, B, C, D*), вычислить их координаты.

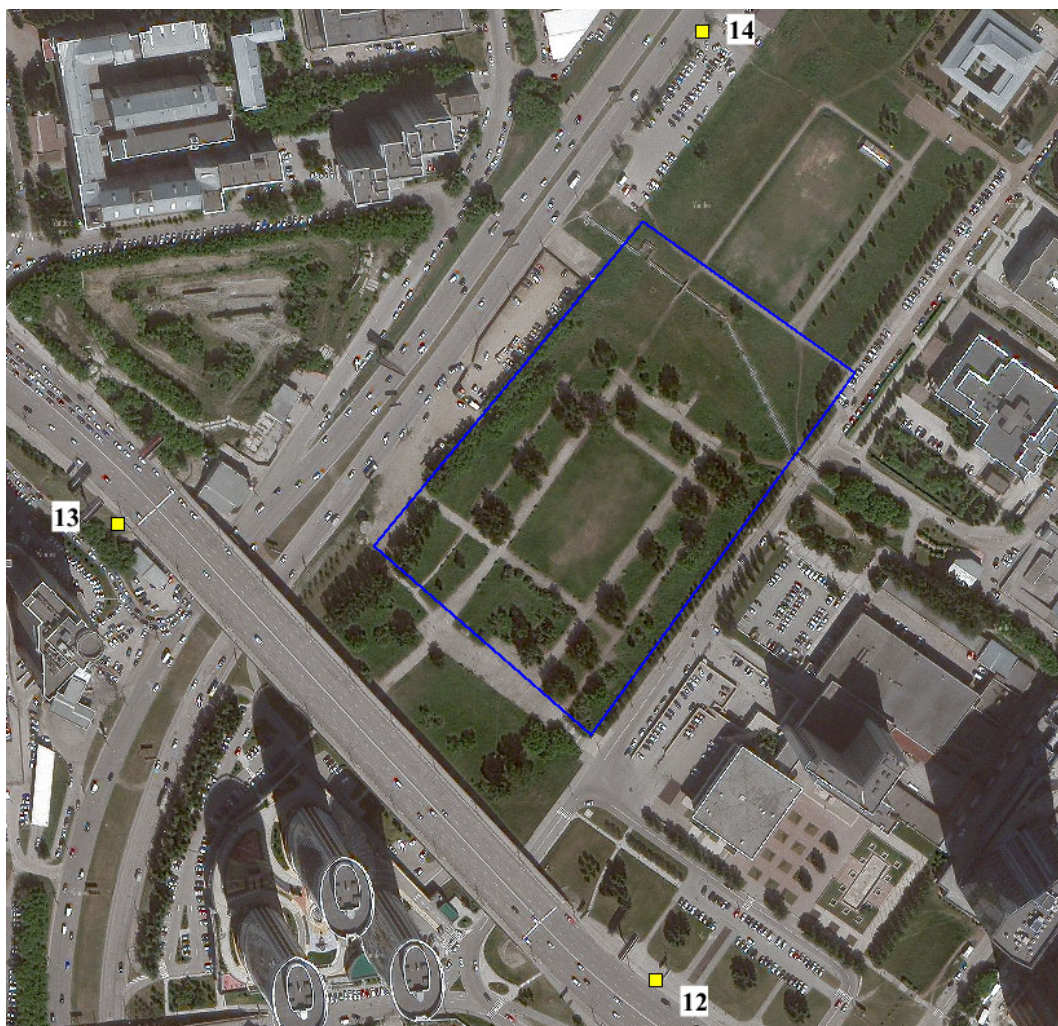


Рис. 10.3. Конфигурация границ запроектированного земельного участка

3. Слой «Фигуры разбивки» со следующей структурой: поле «Название_линии» – символьное (40), «Длина_линии» – вещественное. В созданном слое необходимо запроектировать схему разбивки всех характерных точек границ с использованием прямой угловой засечки (одна точка) и способа полярных координат (остальные точки).

В качестве исходных пунктов необходимо использовать пункты ОМС, МСС. При проектировании необходимо выбирать исходные пункты, находящиеся на расстоянии не более одного километра от определяемого пункта и руководствоваться характерными особенностями различных фигур разбивки, указанных в теоретической части данного этапа выполнения курсового проекта. В слое «Фигуры разбивки» с помощью инструмента «Символ» (набор «Symbol») и «Надпись» необходимо отметить проектные углы и длины линий (рис. 10.4).

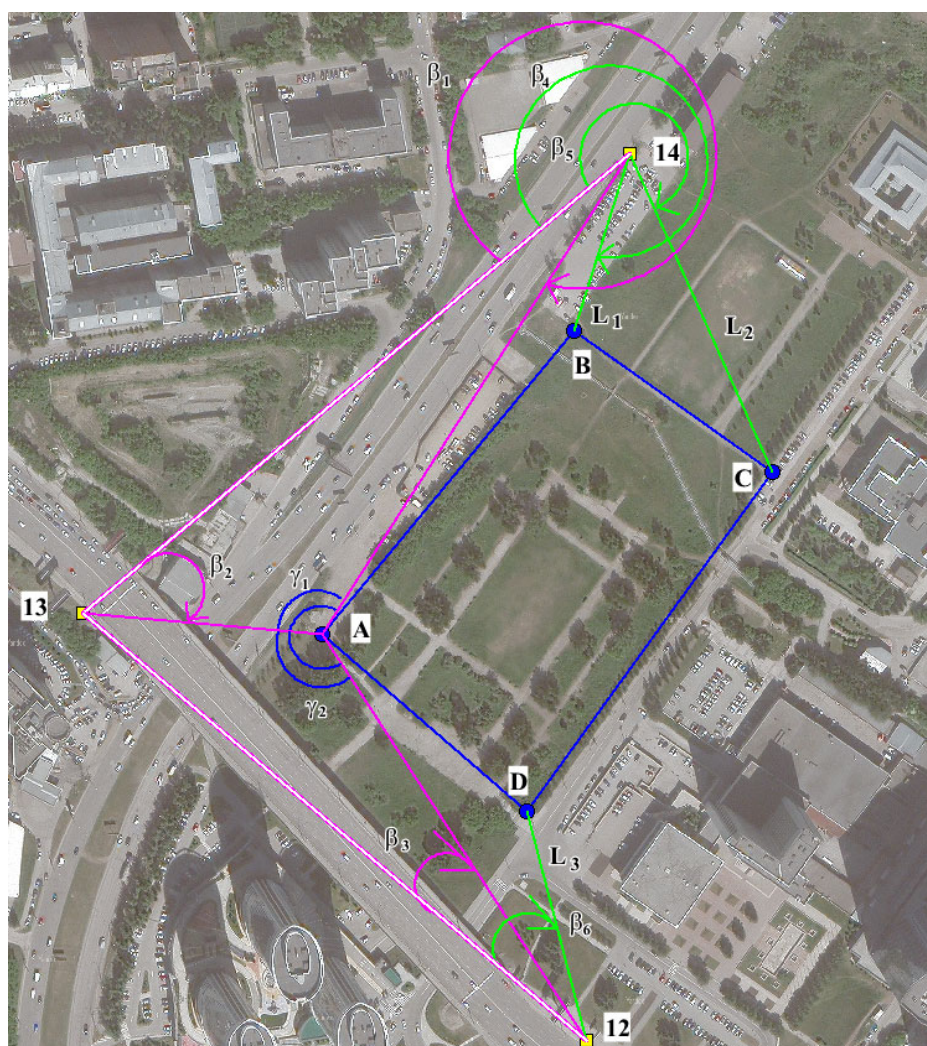


Рис. 10.4. Разбивочный чертеж

11. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ ВЫНОСА НА МЕСТНОСТИ ПРОЕКТНЫХ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА В ЗАДАННОМ ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Теоретическая часть

Подготовка данных для выноса на местности границ земельного участка заключается в вычислении для каждой запроектированной фигуры соответствующих разбивочных элементов.

Для прямой угловой засечки такими разбивочными элементами являются углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3$, для способа полярных координат – соответственно угловой и линейный элементы β и l . Вычисление разбивочных элементов выполняется по исходным координатам пунктов геодезического обоснования и аналитическим координатам точек, закрепляющих проектные границы земельного участка в заданном территориальном образовании.

Исходные координаты пунктов ГО следует выбрать в соответствующем каталоге (в учебных целях используются координаты, определенные при помощи программного комплекса MapInfo, с округлением до сантиметров), аналогично следует выбрать координаты выносимых характерных точек.

Практическая часть

Рассмотрим порядок вычисления разбивочных элементов $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ для выноса в натуру точки A с помощью прямой угловой засечки.

Вычисление углов разбивки основывается на расчете румбов и дирекционных углов, с использованием данных о координатах исходных пунктов и проектных координатах разбиваемых точек, с применением тригонометрического круга (с учетом знаков приращений координат), рис. 11.1.

Исходя из рис. 11.1, разбивочные углы для прямой угловой засечки необходимо вычислять по следующим формулам:

$$\begin{aligned}
\beta_1 &= \alpha_{14-A} - \alpha_{14-13}; \\
\alpha_{14-A} &= r_{14-A} = \arctg \left| \frac{Y_A - Y_{14}}{X_A - X_{14}} \right|; \\
\alpha_{14-13} &= r_{14-13} = \arctg \left| \frac{Y_{13} - Y_{14}}{X_{13} - X_{14}} \right|; \\
\beta_2 &= \alpha_{13-A} - \alpha_{13-14}; \\
\alpha_{13-A} &= r_{13-A} = \arctg \left| \frac{Y_A - Y_{13}}{X_A - X_{13}} \right|; \\
\alpha_{13-14} &= r_{13-14} = \arctg \left| \frac{Y_{14} - Y_{13}}{X_{14} - X_{13}} \right|; \\
\beta_3 &= \alpha_{12-A} - \alpha_{12-13}; \\
\alpha_{12-A} &= r_{12-A} = \arctg \left| \frac{Y_A - Y_{12}}{X_A - X_{12}} \right|; \\
\alpha_{12-13} &= r_{12-13} = \arctg \left| \frac{Y_{13} - Y_{12}}{X_{13} - X_{12}} \right|.
\end{aligned} \tag{11.1}$$

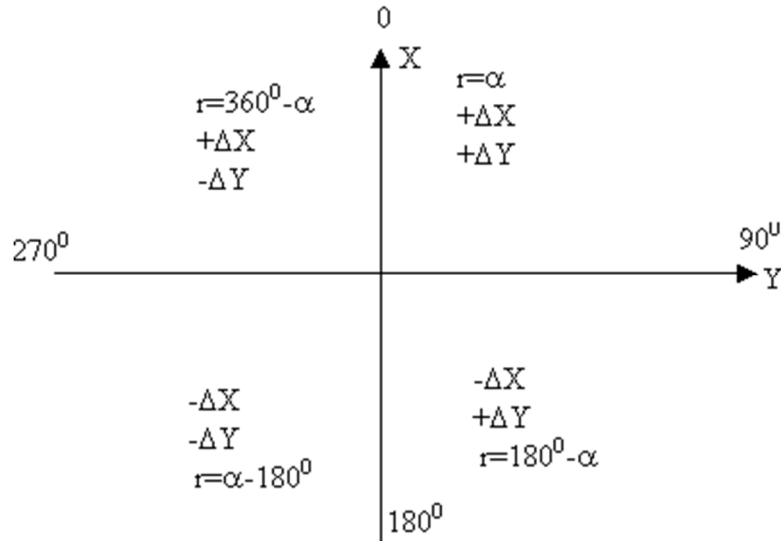


Рис. 11.1. Тригонометрический круг

Разбивочные углы необходимо вычислять с точностью до десятых долей секунд. Результаты вычислений разбивочных элементов необходимо поместить в таблицу следующего вида (табл. 11.1).

Вычисление разбивочных углов

Название	Правое направление дирекционного угла			Левое направление дирекционного угла			Значение
	ΔX	ΔY	α	ΔX	ΔY	α	
β_1	-272,29	-178,41	213°14'01"	-258,81	-314,54	230°33'6"	342°40'55"
β_2	-13,48	136,13	95°39'19"	258,81	314,54	50°33'06"	45°06'12"
β_3	233,69	-147,22	327°47'24"	247,17	-283,35	311°5'55"	16°41'29"

Контролем правильности произведенных вычислений является совпадение вычисленных значений разбивочных углов и графической проверки при помощи инструмента «Вычислить угол».

В рамках следующего шага необходимо вычислить разбивочные элементы β и l для выноса в натуру точки B с помощью способа полярных координат (аналогичные шаги необходимо выполнить для остальных характерных точек границы земельного участка).

Исходя из рис. 10.4, разбивочный угол для способа полярных координат вычисляется по следующей формуле:

$$\begin{aligned}\beta &= \alpha_{14-B} - \alpha_{14-13}; \\ \alpha_{14-B} = r_{14-B} &= \arctg \left| \frac{Y_B - Y_{14}}{X_B - X_{14}} \right|; \\ \alpha_{14-13} = r_{14-13} &= \arctg \left| \frac{Y_{13} - Y_{14}}{X_{13} - X_{14}} \right|.\end{aligned}\tag{11.2}$$

Разбивочная длина линии вычисляется по следующей формуле:

$$L_{14-B} = \sqrt{(Y_B - Y_{14})^2 + (X_B - X_{14})^2}.\tag{11.3}$$

Результаты вычислений разбивочных элементов необходимо поместить в таблицу следующего вида (табл. 11.2).

Таблица 11.2

Вычисление разбивочных углов и длин линий

Название	Правый дирекционный угол	Левый дирекционный угол	Значение
β_4	198°05'55"	230°33'06"	327°32'48"
	ΔX	ΔY	
L	-100,85	-32,96	106,10 (м)

12. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ЗАПРОЕКТИРОВАННЫХ ФИГУР РАЗБИВКИ

Теоретическая часть

Оценка точности запроектированных фигур разбивки заключается в предвычислении необходимой точности отложения углов и длин линий (m_β , m_L), исходя из заданной нормативной точности построения на местности характерных точек (для населенных пунктов $m_A = 0,1$ м).

Практическая часть

Шаг 1. Оценка точности прямой угловой засечки.

Для выполнения предвычисления точности в запроектированной прямой угловой засечке необходимо составить и решить следующее матричное уравнение:

$$Q = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1}, \quad (12.1)$$

где A – матрица параметрических уравнений поправок, имеющая размер $n \times t$ (число строк равно числу всех измерений, а число столбцов удвоенному числу определяемых пунктов). Следовательно, для прямой угловой засечки, изображенной на рис. 10.4, матрица A имеет вид табл. 12.1.

Таблица 12.1

Матрица параметрических уравнений поправок

	δX_A	δY_A
$V\beta_1$	a_{A-14}	b_{A-14}
$V\beta_2$	a_{A-13}	b_{A-13}
$V\beta_3$	a_{A-12}	b_{A-12}

Для расчетов коэффициентов матрицы параметрических уравнений поправок необходимо вычислить румб дирекционных углов сторон $A-14$, $A-13$ и $A-12$ по формулам:

$$\begin{aligned}
r_{A-14} &= \arctg \left| \frac{Y_{14} - Y_A}{X_{14} - X_A} \right| = 33^\circ 14' 01''; \\
\alpha_{A-14} &= r_{A-14} = 33^\circ 14' 01''; \\
r_{A-13} &= \arctg \left| \frac{Y_{13} - Y_A}{X_{13} - X_A} \right| = 84^\circ 20' 41''; \\
\alpha_{A-13} &= 360^\circ - r = 275^\circ 39' 19''; \\
r_{A-12} &= \arctg \left| \frac{Y_{12} - Y_A}{X_{12} - X_A} \right| = 32^\circ 12' 36''; \\
\alpha_{A-12} &= 180^\circ - r_{A-12} = 147^\circ 47' 24''.
\end{aligned}
\tag{12.2}$$

Для вычисления коэффициентов матрицы параметрических уравнений поправок используются следующие формулы:

$$\begin{aligned}
a &= \rho \frac{\sin \alpha_{A-14}}{S_{A-14}}; \\
b &= -\rho \frac{\cos \alpha_{A-14}}{S_{A-14}}; \\
a_{A-14} &= \frac{206265 \cdot \sin 33^\circ 14' 01''}{32553} = 3,47; \\
b_{A-14} &= -\frac{206265 \cdot \cos 33^\circ 14' 01''}{32553} = -5,30.
\end{aligned}
\tag{12.3}$$

Аналогично рассчитываются остальные коэффициенты матрицы A . Обращаем внимание, что значение S записывается в сантиметрах. В результате, для данного примера, матрица A выглядит следующим образом (табл. 12.2).

Таблица 12.2

Матрица параметрических уравнений поправок

	δX_A	δY_A
$V\beta_1$	3,47	-5,30
$V\beta_2$	-15,00	-1,49
$V\beta_3$	3,98	6,32

Далее, с помощью программы «Om2», приняв равноточную модель измерений (вес измерений на основании принятого условия равенства СКО единицы веса и СКО считают равным 1), необходимо посчитать матрицу весовых коэффициентов. Для рассмотренного варианта матрица будет иметь следующий вид (табл. 12.3).

Таблица 12.3

Матрица весовых коэффициентов

	δX_A	δY_A
δX_A	0,0042 (Q_{X_A})	-0,0017($Q_{X_A Y_A}$)
δY_A		0,0149 (Q_{Y_A})

Для вычисления необходимой точности отложения углов по заданной точности положения характерной точки используется следующая формула:

$$m_{\beta} = \frac{m_A}{\sqrt{Q_{X_A} + Q_{Y_A}}} = \frac{10}{\sqrt{0,042 + 0,0149}} = 42''. \quad (12.4)$$

Для выбранного проекта $m_{\beta} = 42''$.

По вычисленным СКО разбивочных элементов необходимо установить средства для выполнения геодезических измерений с помощью данных, приведенных в табл. 12.4.

Таблица 12.4

Оценка параметров для выбора типовой технологии

Типовая технология	СКО измерения угла
4-й класс	3"
1	5"
2	10"
Теодолитный ход	30"

Соответственно, для данного варианта при отложении углов в прямой угловой засечке необходимо использовать типовую технологию измерения углов при построении теодолитного хода.

Шаг 2. Оценка точности способа полярных координат.

Для оценки точности способа полярных координат необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$m_{\beta} = \frac{m_A \cdot \rho}{\sqrt{2} \cdot L} = \frac{10 \cdot 206265''}{\sqrt{2} \cdot 10610} = 38''. \quad (12.5)$$

Для выбранного варианта работы (точка A) $m_{\beta} = 38''$.

Применяя к формуле (12.5) «принцип равного влияния» и подставляя вместо m_A нормативный допуск 0,1 м, имеем:

$$m_L = \frac{m_{\beta}}{\rho} \cdot L = \frac{m_A}{\sqrt{2}} = 7,1 \text{ см.} \quad (12.6)$$

По вычисленным СКО разбивочных элементов в способе полярных координат также необходимо установить средства для выполнения геодезических измерений. Например, для данного варианта можно использовать стальную компарированную рулетку.

ПЕРЕЧЕНЬ ОТЧЕТНЫХ ФОРМ

С помощью программы MapInfo и команды «Окно» – «Новый отчет» в приложениях к курсовому проекту (оформленных по установленному образцу) необходимо поместить следующие отчетные формы:

- а) схема запроектированной ОМС;
- б) схема запроектированной МСС;
- в) схема запроектированного ВГО (I ступень);
- г) схема запроектированного ВГО (II ступень);
- д) схема расположения границ земельного участка;
- е) схема запроектированных фигур разбивки.

В каждом отчете должны быть указаны: ФИО исполнителя работ, ФИО преподавателя, масштаб, условные обозначения и другая необходимая информация.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1. От чего зависит структура геодезического обоснования?
2. Перечислите способы проектирования опорных межевых сетей.
3. Назовите условия для проектирования ОМС и МСС в городских условиях.
4. В чем заключается оценка точности проекта планового геодезического обоснования?
5. В чем заключается принципиальная разница между ОМС и МСС?
6. По каким критериям оценивается качество проектирования ОМС и МСС?
7. Какие условия необходимо обеспечить при проектировании ОМС?
8. Какие условия необходимо обеспечить при проектировании МСС?
9. Почему при проектировании МСС на застроенных территориях используется метод полигонометрии?
10. Чем принципиально отличается узловое поле от обычных пунктов полигонометрии?
11. Опишите алгоритм скачивания и регистрации космического снимка для последующего проектирования геодезического обоснования.
12. Перечислите свободно распространяемые веб-сервисы для осуществления кадастровой деятельности и их функциональные возможности.
13. Перечислите основные фигуры разбивки, применяемые в кадастровой деятельности, при выносе в натуру характерных точек границ объектов недвижимости (при ответе нарисовать схемы и показать разбивочные элементы).
14. На основании каких данных вычисляются разбивочные элементы в запроектированных фигурах разбивки?
15. В чем заключается смысл предвычисления точности в запроектированных фигурах разбивки?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время для реализации эффективной земельной политики очень важна роль кадастровых работ, которые обеспечивают наполнение ЕГРН актуальной и достоверной информацией о находящихся в территориальном образовании объектов недвижимости. Одной из важнейших характеристик которых является их местоположение. Данная характеристика определяется геодезическими методами в установленной законодательством системе координат. Поэтому вопросы геодезического обеспечения ведения Единого государственного реестра недвижимости являются приоритетными при реализации учебного плана по направлению Землеустройство и кадастры.

Настоящее учебно-методическое пособие направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций в области геодезического обеспечения градостроительной и кадастровой деятельности.

В данном учебно-методическом пособии поэтапно представлены следующие технологические аспекты геодезического обеспечения ЕГРН:

- современный концептуальный подход к выбору оптимальной структуры создания геодезического обоснования в территориальном образовании;
- проектирование и оценка точности плановых геодезических сетей с использованием современных спутниковых GNSS-технологий и традиционных наземных измерительных технологий;
- проектирование и оценка точности высотных геодезических сетей способом геометрического нивелирования;
- проектирование, оценка точности геодезических фигур разбивки для фиксирования на местности границ вновь образуемых земельных участков или восстановлении утраченных характерных точек земельных участков, уже поставленных на государственный кадастровый учет.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об утверждении формы и состава сведений межевого плана, требований к его подготовке [Электронный ресурс] : приказ Росреестра от 14.12.21 № П/0592. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».

2. О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от 30.12.2015 № 431-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. О государственной регистрации недвижимости [Электронный ресурс] : федер. закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» .

4. О кадастровой деятельности [Электронный ресурс] : федер. закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».

5. Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания [Электронный ресурс] : приказ Росреестра от 23.10.2020 № П/0393. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».

6. Стандарт организации Государственная итоговая аттестация выпускников СГУГиТ. Структура и правила оформления. СТО СМК СГУГиТ 8–06–2021.

7. MapInfo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mapinfo.ru/>.

8. Sas Planeta [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sasgis.org/sasplaneta>.

9. Аврунев Е. И., Горобцов С. Р. Геодезическое обеспечение кадастровых работ : монография. – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – 212 с.

10. Аврунев Е. И., Чернов А. В. Проектирование геодезического обоснования для геопространственного обеспечения территориального образования : метод. указ. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 47 с.

11. Федеральный фонд пространственных данных (ФФПД) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cgkipd.ru/fsdf/>.
12. Геопортал «Программный центр» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pbprog.ru/>.
13. Карпик А. П., Обиденко В. И. Исследование потребностей федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации в пространственных данных : монография. – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – 216 с.
14. Современные проблемы землеустройства и кадастров. Пространственное развитие территорий / А. П. Сизов, Е. А. Стыщенко, Д. М. Хомяков, Е. Г. Черных. – М. : КНОРУС, 2022. – 217 с.

Учебное издание

Аврунев Евгений Ильич
Чернов Александр Викторович

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ
ДЛЯ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ**

Редактор *Е. К. Деханова*
Компьютерная верстка *О. И. Голиков*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.
Подписано в печать 15.09.2022. Формат 60 × 84 1/16
Усл. печ. л. 4,12. Тираж 75 экз. Заказ 152.
Гигиеническое заключение
№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8.