МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт естественных наук
Кафедра географии, картографии и геоинформатики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

НА ТЕМУ

ОСОБЕННОСТИ ОБНОВЛЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ МАСШТАБА 1:500 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Работу выполнила студентка группы ОБ-05.03.03-41
Гараева Алия Радиковна /_____/

Научный руководитель: к. г. н., доцент кафедры географии, картографии и геоинформатики
Григорьев Иван Иванович /_____/

Зав. кафедрой географии, картографии и геоинформатики,
к.г.н., Сидоров Валерий Петрович

_____
(решение о допуске)

_____
(подпись)

«___» _____20___г.

Ижевск - 2026 г.

ВКР УдГУ

Содержание

Введение 3

Глава 1. Теоретические основы обновления топографических планов с использованием цифровых моделей местности (ЦММ) 5

1.1 Назначение и область применения цифровых моделей местности (ЦММ) 5

1.2 Необходимость и периодичность обновления топографических планов 7

1.3 Методы обновления топографических планов 9

1.4 Особенности обновления топографических планов различных масштабов 11

Глава 2. Программное обеспечение для топографических работ и фотограмметрической обработки 16

2.1 Характеристика и возможности Agisoft Metashape 16

2.2 Описание программы ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ 19

Глава 3. Создание цифровой модели местности (ЦММ) и оцифровка материалов 24

3.1 Этапы работы в программе Agisoft Metashape 24

3.2 Этапы работы в программе ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ 32

3.3. Сравнительный анализ 35

Заключение 36

Список использованных источников 38

Приложение 41

ВКР УлГУ

Введение

Топографические планы масштаба 1:500 являются наиболее подробным видом крупномасштабных картографических материалов, используемых при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации инженерных сооружений, автомобильных дорог, подземных коммуникаций, а также при ведении кадастровых и землеустроительных работ. Высокая детальность таких планов предъявляет повышенные требования к их точности, полноте и актуальности.

Однако городская и промышленная инфраструктура подвержена постоянным изменениям: появляются новые здания, перестраиваются дороги, прокладываются или демонтируются подземные коммуникации, изменяются границы зелёных насаждений. Традиционные методы обновления топографических планов, основанные на наземной геодезической съёмке (тахеометрической, мензульной или GNSS-методами), требуют значительных временных и трудовых затрат, а также непосредственного доступа на объект, что не всегда возможно или экономически целесообразно.

В последние годы всё более широкое распространение получают методы аэрофотосъёмки, в том числе с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Получаемые при этом ортофотопланы обладают высоким пространственным разрешением, позволяют распознавать объекты, сопоставимые с требованиями к планам масштаба 1:500. Возникает закономерный вопрос: в какой степени данные аэрофотосъёмки могут заменить или дополнить традиционные полевые методы при обновлении топографических планов, и каковы особенности такого обновления.

Настоящая работа посвящена изучению особенностей обновления топографических планов масштаба 1:500 на основе данных аэрофотосъёмки с использованием программного обеспечения «ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ». В рамках работы выполняется цифрование ортофотоплана, сравнение

ВКР УлГУ

полученных результатов с ранее оцифрованными данными того же участка местности, а также анализ выявленных расхождений и изменений.

Цель работы – выявить преимущества и ограничения использования аэрофотосъёмки для обновления крупномасштабных топографических планов, а также определить методические особенности такого обновления применительно к масштабу 1:500.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие *задачи*:

1. Изучить и проанализировать информацию о цифровой модели местности.
2. Рассмотреть программное обеспечение.
3. Создать топографические планы основе данных аэрофотосъёмки.
4. Сравнить полученные векторные данные с исходным оцифрованным планшетом той же местности.

Программа «ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ» широко используется в российских геодезических организациях, однако систематизированных рекомендаций по обновлению планов 1:500 именно по аэрофотосъёмки недостаточно. Поэтому исследование особенностей такого обновления, включая цифрованные, сравнение с исходными данными и анализ выявленных изменений, является **актуальным**.

ВКР УлГУ

Глава 1. Теоретические основы обновления топографических планов с использованием цифровых моделей местности (ЦММ)

1.1 Назначение и область применения цифровых моделей местности (ЦММ)

1. Назначение цифровых моделей местности

Главное назначение ЦММ — превратить визуальную информацию о Земле в данные, которые может обработать компьютер. Это нужно для:

- Количественного анализа пространства: измерение расстояний, площадей, объемов, углов наклона (например, расчет объема котлована или вырубленного леса).
- Моделирования процессов: прогноз затоплений, распространения пожаров, загрязнения воздуха или шума от трассы.
- Визуализации: создание реалистичных 3D-сцен, полетов над местностью, рельефных карт.
- Принятия решений: сравнение вариантов трассы дороги, выбор места под стройку, планирование боевых действий [7].

2. Области применения

ЦММ используются практически везде, где нужно знать не только «где», но и «на какой высоте», и «с каким уклоном».

1. Геодезия, картография и ГИС

- Создание топографических карт и планов (горизонтали, отметки высот).
- Обновление устаревших карт по данным аэрофотосъемки или со спутников.
- Построение цифровых моделей рельефа (ЦМР) и цифровых моделей ситуации (ЦМС).

3. Строительство и инфраструктура

- Проектирование дорог, железные дороги, трубопроводов: Автоматический расчет оптимального профиля пути с минимальным объемом земляных работ.

ВКР УлГУ

- Аэропорты: анализ препятствий в зоне взлета и посадки (застройка, холмы).
- Планировка городов: вертикальная планировка территории, отвод ливневых вод, расчет инсоляции кварталов.

4. Сельское и лесное хозяйство

- Точное земледелие: создание карт урожайности, расчет уклонов для предотвращения эрозии, планирование мелиоративных канав.
- Лесничество: оценка доступности лесосек (крутизна склона), моделирование ветровалов, расчет запасов древесины по данным LiDAR.

5. Экология и управление природными рисками

- Прогноз наводнений: заливка модели водой по физическому закону— видно, какие дома уйдут под воду при подъеме реки.
- Пожаротушение: прогноз распространения огня в зависимости от крутизны склона и экспозиции.
- Защита от оползней и лавин: выявление зон критической крутизны.

6. Военное дело и Оборона

- Планирование маршрутов: расчет скрытых подходов (рельеф как укрытие от радаров).
- Наведение оружия: системы рельефометрического наведения крылатых ракет
- Моделирование зон видимости: где можно установить радар или как его объехать.

7. Навигация и автомобильная промышленность

- Адаптивный круиз-контроль: предвидение подъемов/спусков для оптимизации работы двигателя.
- Навигаторы (особенно для грузовиков): Исключение маршрутов через слишком крутые подъемы или низкие мосты (с учетом рельефа) [4].

ВКР УлГУ

1.2 Необходимость и периодичность обновления топографических планов

Топографические планы необходимо обновлять, чтобы обеспечить актуальность и достоверность информации о состоянии местности. С течением времени в результате хозяйственной деятельности человека, природных процессов или административных изменений ситуация на поверхности Земли меняется: появляются новые объекты (дороги, здания, каналы), исчезают старые, трансформируются земельные угодья, изменяются границы территорий и т. д. Такие изменения приводят к «старению» планов, что снижает их ценность как источника информации для специалистов.

Основные причины необходимости обновления топографических планов:

- появление, исчезновение или изменение объектов и элементов местности (зданий, дорог, водоёмов, растительности и т. п.);
- трансформация землепользований, изменение их контуров, категорий земель и категорий землепользователей;
- проведение мелиоративных, агротехнических и других мероприятий, влияющих на качественное состояние участков;
- изменение административных границ, государственной границы РФ, границ субъектов РФ, муниципальных районов, городских и сельских поселений, особо охраняемых природных территорий федерального значения;
- накопление ошибок и неточностей в исходных данных со временем [12].

Периодичность обновления определяется на основе оценки степени изменения местности. Для государственных топографических планов установлены следующие сроки [11]:

- в масштабе 1:2000 — 1 раз в 3 года (для территорий населённых пунктов);
- в масштабе 1:10000 — 1 раз в 6 лет;

ВКР УлГУ

- в масштабах 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000 — 1 раз в 10 лет [1].

Однако обновление может проводиться и вне этих сроков в следующих случаях:

- если планы не соответствуют требованиям к точности и другим параметрам, установленным Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии по согласованию с Министерством обороны РФ;
- при изменении прохождения государственной границы РФ, границ субъектов РФ, муниципальных районов и городских округов, городских и сельских поселений (на планах масштаба 1:10000), границ особо охраняемых природных территорий федерального значения;
- если степень изменения местности, отображённой на плане, составляет от 20 до 50% его площади. Если изменение местности превышает 50% площади плана либо соответствующие данные отсутствуют в государственных фондах пространственных данных, осуществляется создание нового плана, а не его обновление [17].

Для определения необходимости обновления используются различные источники информации:

- результаты аэросъёмки и дистанционного зондирования Земли (в том числе из космоса);
- данные единой электронной картографической основы;
- информация из Единого государственного реестра недвижимости;
- данные государственных информационных систем обеспечения градостроительной деятельности;
- сведения из государственных фондов пространственных данных и федеральной государственной географической информационной системы «Единая цифровая платформа „Национальная система пространственных данных“».

ВКР УлГУ

1.3 Методы обновления топографических планов

Обновление топографических планов — это процесс приведения их содержания в соответствие с современным состоянием местности. Выбор метода зависит от степени изменений на местности, масштаба плана, характера территории и доступных технических средств.

Корректировка и сплошная съёмка

Если изменения затронули не более 30% контуров местности, проводится **корректировка** — нанесение новых объектов и удаление устаревших контуров на существующий план. При изменениях более 35% от общего числа контуров требуется **новая сплошная съёмка** [8].

Методы на основе аэрофотосъёмки и космической съёмки

Аэрофотосъёмка — один из основных методов обновления. По материалам аэрофотосъёмки могут применяться следующие способы:

- обновление на основе нового фотоплана (применяется в равнинных и всхолмлённых районах при значительных изменениях — более 30–40% контуров);
- исправление копии оригинала карты на прозрачной основе (если изменений меньше 30–40%);
- обновление по модели местности, построенной на универсальном стереофотограмметрическом приборе (применяется в горных районах) [3].

Космическая съёмка используется для обновления карт различных масштабов — от 1:10 000 и мельче. Процесс включает:

1. получение снимков изменений на местности;
2. подготовительные работы;
3. камеральное дешифрирование снимков и исправление карты;
4. полевое обследование обновлённой карты.

Тахеометрическая съёмка

Тахеометрическая съёмка применяется для обновления планов на небольших и узких полосах местности, где использование аэрофотосъёмки экономически нецелесообразно или технически невозможно. С появлением

ВКР УлГУ

электронных тахеометров процесс стал более автоматизированным: прибор определяет горизонтальные и вертикальные углы, расстояния, а мини-компьютер обрабатывает данные и вычисляет координаты и высоты точек.

Тахеометрическая съёмка может выполняться несколькими способами:

- серийными станциями (серийная тахеометрия);
- со свободными станциями (блочная тахеометрия);
- комбинированным методом.

Спутниковые технологии (ГНСС)

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), такие как ГЛОНАСС и GPS, широко используются для обновления топографических планов. Интегрированная аппаратура спутникового определения координат (ИАСОК) в сочетании с ГИС-технологиями позволяет повысить точность и скорость работ, сократить трудозатраты.

Метод относительной кинематики (RTK) позволяет определять координаты точек в режиме реального времени, что ускоряет процесс обновления [3].

Комбинированные методы

На небольших и несложных в ситуационном плане участках часто применяется **комбинированная технология**, сочетающая тахеометрическую съёмку и технологии ГНСС. Это повышает качество обновления, сокращает время выполнения работ и снижает трудозатраты.

Другие методы

- **Мензульная съёмка** — используется в полевых условиях с применением мензулы и кипрегеля.
- **Лазерное 3D-сканирование** — перспективный метод, хотя и требует дорогостоящего оборудования.
- **Камеральное исправление содержания плана** — может выполняться по аэроснимкам или другим материалам с последующим полевым обследованием или без него [14].

Общие этапы работ

ВКР УДГУ

Независимо от выбранного метода, обновление топографических планов обычно включает:

1. сбор и анализ исходных данных (существующие планы, архивные материалы, данные из ГИС и других источников);
2. определение объёма и характера изменений на местности (может проводиться по дежурным картам, сведениям о работах в районе, мелкомасштабным фотоснимкам);
3. составление технического проекта работ, где определяются технология, необходимые ресурсы и сроки;
4. полевые работы (съёмка, обследование);
5. камеральную обработку данных (дешифрирование снимков, вычисление координат, редактирование плана);
6. контроль качества и приёмку работ.

Выбор метода зависит от конкретных условий: масштаба плана, характера местности, степени изменений, доступных технических средств и требований к точности [15].

1.4 Особенности обновления топографических планов различных масштабов

Особенности обновления топографических планов разных масштабов

При обновлении топографических планов масштаб напрямую влияет на требования к точности, детальности отображения объектов, выбор методов с ъёмки и трудоёмкость работ.

Масштаб 1:2000

Это крупномасштабный план, который создаётся преимущественно для территорий населённых пунктов и служит основой для градостроительной и проектной деятельности (в т. ч. для генпланов, вертикальной планировки, про ектирования инженерных сетей) [2].

Особенности:

ВКР УлГУ

- Высокая детальность. Требуется отображать мелкие объекты: бор дюры, люки, отдельные деревья, малые архитектурные формы, элементы благ оустройства.
- Жёсткие требования к точности. Средние погрешности в планово м положении объектов относительно пунктов геодезической сети не должны превышать 0,2 мм в масштабе плана (т. е. 0,4 м на местности). Для особо отве тственных участков требования могут быть ещё строже.
- Частые изменения местности. В городах ситуация меняется быстр о (новые здания, дороги, коммуникации), поэтому по Постановлению Правит ельства РФ № 400 обновление требуется 1 раз в 3 года [11].
- Предпочтительные методы:
  - Тахеометрическая съёмка — позволяет детально зафиксировать с ложную городскую застройку, подземные коммуникации (при согласовании с эксплуатирующими организациями), элементы благоустройства.
  - Наземное лазерное сканирование — эффективно для плотной зас тройки, фасадов зданий, сложных инженерных узлов; даёт сверхдетализирова нную ЦММ, но требует дорогого оборудования и обработки.
  - ГНСС-технологии (RTK) — быстры и удобны на открытых участ ках, но в плотной городской застройке возможны проблемы с помехами и мно гопутностью сигнала.
  - Аэрофотосъёмка и фотограмметрия — применяются, если нужно охватить большие кварталы, но для мелких элементов (люки, поребрики) част о нужна досъёмка тахеометром или сканером [19].

Масштаб 1:10 000

Используется для территориального планирования, трассирования лине йных объектов, оценки земельных ресурсов, а также как основа для карт боле е мелких масштабов. Охватывает как городские, так и сельские территории.

Особенности:

ВКР УлГУ

- Умеренная детальность. Отображаются основные объекты: кварталы, дороги, крупные водоёмы, линии электропередачи, лесные массивы. Мелкие элементы (бордюры, отдельные кусты) не показываются.
- Точность: средняя погрешность — 0,5 м на местности (0,05 мм в масштабе).
- Периодичность обновления по Постановлению № 400 — 1 раз в 6 лет.
- Предпочтительные методы:
  - Аэрофотосъёмка с камеральным дешифрированием — оптимальна для больших территорий; позволяет быстро выявить изменения границ угодий, дорог, населённых пунктов.
  - Космическая съёмка высокого разрешения — подходит для отслеживания крупных изменений (расширение посёлков, новые карьеры, трассы), но для точного планового положения часто требуется полевое дообследование
  - Комбинированные методы (аэрофотосъёмка + выборочная тахеометрия/ГНСС) — для уточнения ключевых объектов (перекрёстки, мосты, повороты трасс).
  - Использование данных ЕГРН и ГИС градостроительной деятельности — помогает актуализировать границы участков и застройку без сплошной съёмки.

Масштабы 1:25 000, 1:50 000 [2]

Применяются для общего изучения местности, геологических и экологических исследований, планирования транспортных коридоров, лесоустройства, гидрологических работ.

Особенности:

- Обобщённое отображение. Показываются только значимые объекты и формы рельефа: основные дороги, реки, населённые пункты, крупные лесные массивы, горизонтали с большим сечением.

ВКР УлГУ

- Точность: для 1:25 000 — порядка 12,5 м, для 1:50 000 — 25 м (по критерию 0,5 мм в масштабе); для рельефа допускаются большие сечения горизонталей.
- Периодичность обновления — 1 раз в 10 лет (Постановление № 400).
- Предпочтительные методы:
  - Космическая съёмка и ДЗЗ (дистанционное зондирование Земли) — основной источник данных; хорошо выявляет изменения границ лесов, водоёмов, крупных населённых пунктов, русел рек.
  - Обновление по существующим картам более крупного масштаба — если есть актуальные планы 1:10 000 или 1:2000 на ключевые участки, их данные интегрируют в карту мелкого масштаба.
  - Стереофотограмметрическая обработка — для уточнения рельефа и ключевых объектов на проблемных участках (оползни, изменения русел).
  - Полевое обследование — выборочное, только для критически важных зон (трассы магистралей, зоны ЧС, границы ООПТ).

Масштабы 1:100 000, 1:200 000 и мельче [2]

Используются для общегосударственных задач: обзорного планирования, навигации, геологического картирования, климатических и ландшафтных исследований.

Особенности:

- Сильное обобщение. Отображаются только крупные формы рельефа, основные транспортные артерии, большие водоёмы, административные границы.
- Точность ниже, чем у крупномасштабных планов; важнее корректная генерализация (обобщение) объектов и согласованность с картами соседних масштабов.
- Рельеф показывается с большими сечениями горизонталей; значительную роль играют цифровые модели рельефа (ЦМР) на основе радарной съёмки (например, SRTM, TanDEM-X).

ВКР УлГУ

- Методы обновления:
  - Интеграция данных ДЗЗ и существующих карт — основной подх од; новые снимки помогают отследить крупные изменения (сдвиги русел, опу стынивание, расширение городов).
  - Автоматизированная генерализация — с помощью ГИС из более крупных масштабов формируют карты мелкого масштаба, удаляя мелкие дета ли и укрупняя объекты.
  - Верификация по опорным точкам и полевым данным — проводит ся выборочно в зонах высокой динамики (береговые линии, горные районы, з оны техногенных изменений).
  - Использование глобальных ЦМР и открытых баз данных — ускор яет обновление рельефа и гидрографии [4].

ВКР УДГУ

Глава 2. Программное обеспечение для топографических работ и фотограмметрической обработки

2.1 Характеристика и возможности Agisoft Metashape

Обработка изображений осуществляется с помощью специального программного обеспечения. Для работы с изображениями используются программы для обработки данных, например такая как Agisoft Metashape.

Agisoft Metashape — это передовое программное обеспечение, максимально раскрывающее возможности фотограмметрии. Metashape позволяет создавать высокодетализированные 3D модели только по фотографиям, без использования дорогостоящего оборудования. Metashape отличается практичным и понятным интерфейсом, обеспечивает точные результаты сканирования. Данное ПО не имеет ограничений на количество обрабатываемых снимков. Процесс обработки зависит только от мощности компьютера [8].

Для программы Agisoft Metashape обработка начинается с величины поперечного перекрытия равной 60%. Для продольного перекрытия оно составляет более 80%. Это обязательные требования для того, чтобы количество "слепых зон" сведено к минимуму, так как Agisoft Metashape может реконструировать только те точки сцены, которые видны не мене чем на двух кадрах [9].

Программа Agisoft Metashape позволяет производить обработку снимков в местной системе координат с помощью следующих инструментов:

1. Установка системы координат: можно установить местную систему координат в программе Metashape, используя известные точки, GPS данные или другие методы геопривязки;
2. Обработка в местной системе координат: после установки системы координат, можно выполнять все необходимые операции обработки снимков;
3. Экспорт результатов: в конечном итоге, можно экспортировать свои результаты в соответствие с местной системой координат для

ВКР УлГУ

дальнейшего использования в ГИС системах или других приложениях, отображающих геопространственные данные.

Возможности

Metashape позволяет обрабатывать изображения, получаемые с помощью RGB- или мультиспектральных камер, включая мультикамерные системы, преобразовывать снимки в плотные облака точек, текстурированные полигональные модели, геопривязанные ортофотопланы и цифровые модели рельефа/местности (ЦМР/ЦММ).

Дальнейшая постобработка позволяет удалять тени и искажения текстур с поверхности моделей, рассчитывать вегетационные индексы и составлять файлы предписаний для агротехнических мероприятий, автоматически классифицировать плотные облака точек и т.д.

Возможность экспорта во все внешние пакеты для постобработки делает Agisoft Metashape Professional универсальным фотограмметрическим инструментом

Программа даёт возможность преобразовывать снимки в:

- Плотное облако точек – набор вершин в трехмерной системе координат для представления внешней поверхности объекта. Форматы, в которых могут быть сохранены данные: obj, ply, txt, las, laz, e57, cl3, pts, dxf, u3d, oc3;
- Текстурированные полигональные модели, Модель местности в виде TIN-поверхность, геопривязанная модель, отображающая только рельеф, без учета объектов на местности. Форматы: obj, 3ds, dxf, pdf;
- Геопривязанные ортофотопланы – это цифровое трансформированное изображение местности (объекта), созданное по перекрывающимся исходным фотоснимкам. Форматы: jpg, bmp, tif (geotiff), KML\KMZ;
- Цифровые модели рельефа или местности (ЦМР или ЦММ), другое название карта высот – это средства цифрового представления

ВКР УлГУ

трехмерных пространственных объектов (поверхностей или рельефов) в виде трехмерных данных. Форматы: dwg/dxf (AutoCAD), pdf. [5].

Для собственно формирования модели местности данные для привязки не обязательны. Они используются только для привязки модели в требуемой системе координат. Одной из функций программы является возможность задать систему координат. Задание системы координат устанавливает правильный масштаб, позволяя производить измерения объема или площади поверхности и довольно просто загружать модель в геоинформационные программы [9].

Преобразованием координат называется переход от одной системы координат в другую. Задача перехода между различными системами координат возникает из-за существования множества систем координат, возникающих во всем мире на протяжении долгого времени.

Различают несколько типов преобразования координат: переход между различными форматами координат, переход между различными системами координат и картографическими проекциями, а также преобразование датумов. Часто задача преобразования заключается в переходе от геодезической системы координат к прямоугольным координатам либо переход от одной картографической проекции к другой.

Преобразование географических координат находит применение в картографии, геодезии, навигации и географических информационных системах.

Agisoft Metashape Professional позволяет выполнять преобразование координат между двумя географическими/ проекционными системами координат в двух случаях:

- обе системы основаны на одном и том же датуме;
- обе системы имеют параметры ToWGS84, указанные в параметрах перехода системы координат (это касается систем, основанных на WGS84) [5].

Маркеры – это метки (марки) опорных точек, используемых для привязки модели и контроля точности. Каждый маркер имеет точно

ВКР УлГУ

определенное положение в пространстве модели. Они нужны для того, чтобы сократить погрешности конечной ЦММ и ортофотоплана.

2.2 Описание программы ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ

Программная система ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ является подсистемой Программной системы ТИМ КРЕДО (Технологии Информационного Моделирования КРЕДО), которая обеспечивает доступ к следующей функциональности:

- импорт и обработка данных полевых измерений с тахеометров.
- создание полноценной цифровой модели местности.
- расчет объемов земляных работ.
- трассирование линейных объектов.
- формирование модели землепользования
- выпуск различных выходных графических материалов, чертежей топографических планов, продольных и поперечных профилей, ведомостей [11].

ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ автоматизирует формирование информационной модели местности на основании инженерно-геодезических изысканий и выполняет ряд следующих функций:

1.Обработка геодезических измерений

После импорта измерений и координат исходных пунктов проводится предварительная обработка измерений, в процессе которой вычисляются средние значения, производится их контроль на соответствие допускам, а также учитываются необходимые поправки. После этого можно переходить к уравниванию линейно-угловых измерений и ходов тригонометрического нивелирования. Использование настраиваемых систем полевого кодирования позволяет упростить создание элементов ситуации - в результате обработки информации, закодированной в процессе полевых работ, точечные, линейные и площадные топографические объекты создаются автоматически.

2.Формирование цифровой модели рельефа

ВКР УлГУ

Основой построения поверхностей являются точки, полученные, в том числе, в результате обработки измерений, а характерные участки рельефа, такие как хребты, обрывы или откосы, как правило, выделяются структурными линиями (СЛ) [7].

Для создания и пересоздания поверхностей предназначен всего один метод, который позволяет работать с точками и структурными линиями как всего слоя сразу, так и в интерактивно построенном контуре. В рамках этого же построения можно автоматически выделить участки с характерными формами рельефа: руководствуясь заданными диапазонами уклонов, ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ объединит треугольники в группы и назначит им необходимый стиль отображения (горизонтали, откосы, обрывы). При необходимости стили участков можно изменить интерактивно.

Стоит также отметить, что подсистема запоминает, в каком слое находится поверхность, и больше не требует выбора слоя. При этом и видимость всех необходимых для работы элементов модели (вершины, ребра, контуры, участки без поверхности) включается автоматически при активизации команд работы с поверхностями.

3.Расчет объемов земляных масс

Одной из стандартных задач использования цифровой модели рельефа является подсчет объемов между поверхностями, а также ведение календарных графиков добычи и хранения сырья, строительных материалов и выпуск текстовых и графических материалов по результатам. Такой функционал присутствует в ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ**.** При этом пользователь может посчитать объемы не только относительно поверхностей, но и с учетом облаков точек. По итогам расчета могут быть сформированы как необходимые выходные документы, так и трехмерная модель, отражающая «тело» расчета [11].

4.Формирование цифровой модели ситуации

Используя ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЮ**,** пользователь формирует не только качественный электронный топоплан, но и получает полноценную

ВКР УлГУ

информационную модель местности. Благодаря гибкому классификатору каждый из объектов обладает не только отображением в различных проекциях (на плане, на профиле), редактируемым набором атрибутивной информации, но и одним или несколькими вариантами отображения в 3D, причем все эти параметры связаны друг с другом. Богатые возможности координатной геометрии позволяют стандартными методами формировать модели как природных (растительность) объектов, так и искусственных - коммуникации, здания и сооружения, дороги и прочее [11].

5.Трассирование линейных сооружений

В ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ реализована возможность интерактивного создания и редактирования трасс с использованием различных методов трассирования, в том числе с применением полевых материалов. Проложение трасс в стесненных и сложных условиях, например, в горной местности или при реконструкции дорог. Возможность создания политрасс. Разбивка пикетажа, в том числе с использованием «рубленых» пикетов различных видов. Создание и редактирование углов поворота закруглений трасс. Возможность разделения и объединения вершин углов.

6.Работа с продольными и поперечными профилями

В подсистеме создаются продольные и поперечные профили по линейным сооружениям. Все коммуникации и другие объекты, которые попадают в сечение, автоматически выводятся в окне профиля.

При необходимости можно создавать и профили линейных объектов, используя различные способы: интерполяцией данных, с постоянным уклоном, по заданной отметке.

7.Формирование модели землеустройства

Задачи формирования цифровой модели землеустройства так же решены в ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ. В рамках формирования и выпуска документов, необходимых для кадастрового учета объектов недвижимости ТИМ КРЕДО позволяет:

ВКР УлГУ

- Выпускать основные документы, необходимые для кадастрового учета объектов недвижимости и землеустройства, включающие текстовую и графическую части (чертежи и схемы) межевого плана, технических планов, проекта межевания и карты (плана);
- Подготавливать документы в электронной форме - XML-файлы и вложения, предоставляемые в орган кадастрового учета.

8.Работа с облаками точек

В подсистеме реализован импорт облаков точек в форматах LAS, CPC, TXT. Облако точек, полученное, например, при наземном или воздушном лазерном сканировании, при фотограмметрической обработке материалов фотосъемки, можно импортировать в подсистему, использовать для создания собственных облаков точек и затем учитывать точки облака в различных построениях.

9.Выходные графические документы

По итогам работы с ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ можно выпустить все необходимые выходные документы - чертежи плана и профиля, планшеты, ведомости в соответствии с нормативными требованиями.

Есть возможность формировать ведомости как на основе электронных топопланов (ведомости геометрии плана или профиля трасс, ведомости семантических свойств, ведомости пересекаемых объектов и пр.), так и по трехмерной модели непосредственно (поиск коллизий, объемы и площади трехмерных элементов и так далее) [11].

10.Формирование сводной информационной модели

В результате использования ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ пользователь получает сводную информационную модель местности, которая своей полнотой, точностью и составом данных обеспечивает соответствие цифровой модели рельефа её топографической реальности, содержит пространственное положение модели подземных и надземных коммуникаций без дополнительных действий за приделами формирования ЦМС,

ВКР УдГУ

Использование таких моделей обеспечивает непрерывный цикл обработки информации об объектах капитального строительства в цепочке: изыскания, проектирование, строительство, эксплуатация [11].

Форматы экспорта

- Файлы формата Industry Foundation Classes (IFC).
- Файлы формата DXF, полученные экспортом данных в реальных координатах из плана, а также чертежей из чертежной модели.
- Файлы формата TopoXML и CredoXML.
- Файлы формата KML, KMZ и LandXML, полученные экспортом модели по шаблонам.
- Растры форматов BMP, JPEG, TIFF, PNG, CRF, PDF.
- Проекты разных типов в форматах CPPGN, CPVOL, CPDRL, CPDRW и наборы проектов плана в формате COPLN текущей версии.
- Ведомости HTML и RTF.
- Чертежи в виде листов чертежа или планшетов.
- Файлы формата TXT, полученные экспортом точек модели.
- Видеоролики в формате AVI.
- Файлы общих ресурсов формата DBX, используемые системами КРЕДО III.

ВКР УлГУ

Глава 3. Создание цифровой модели местности (ЦММ) и оцифровка материалов

3.1 Этапы работы в программе Agisoft Metashape

При обработке по умолчанию используется международная геодезическая система координат WGS 84 (World Geodetic System).

Обработка данных происходила в несколько этапов:

1) Настройки Metashape в соответствии с решаемыми задачами. Перед началом работы необходимо указать путь к файлу, в который будет записан журнал работы программы, выбрать язык интерфейса и тему отображения интерфейса программы. Для выполнения используется следующий пункт меню Инструменты – Настройки Metashape (рис.1).

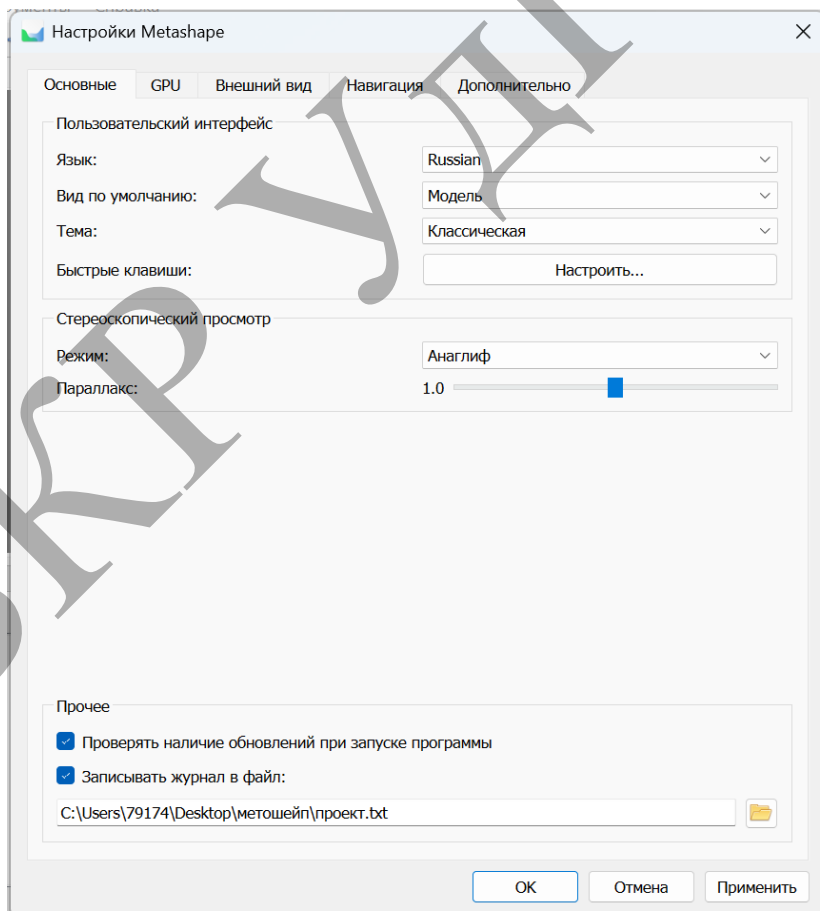


Рис.1. Настройки программы

2) Загрузка аэрофотоснимков. Перед началом работы необходимо определить, какие снимки будут использованы при обработке. После

ВКР УлГУ

выполнения первого этапа обработки – первичного уравнивания и построения точечной модели, формируется облако точек, описывающее модель, и набор параметров взаимного ориентирования фотоснимков.

3) Выравнивание снимков. На этом этапе программа определяет положение камер, ориентацию и строит разреженное облако точек на основании фотографий. По окончании процедуры выравнивания в окне программы будут доступны для просмотра разреженное облако точек. Меню Обработка, пункт Выровнять фотографии (рис. 2).

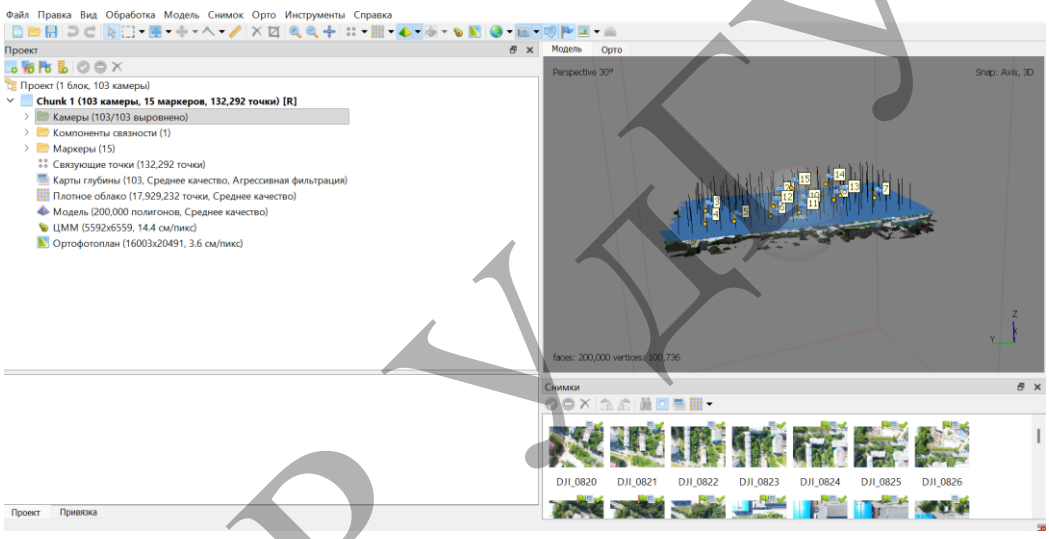


Рис.2. Результат выравнивания снимков

4) После загрузки фотографий и выравнивания снимков идет преобразование привязки и выбор системы координат. Metashape позволяет задавать систему координат, что позволяет проводить измерения, а также загружать модель в геоинформационные системы. Меняем WGS 84 на Pulkovo 1942 /Gauss-Kruger zone 9. Для этого нужно зайти в поле Привязка – Параметры. Выбирая систему координат Pulkovo 1942 /Gauss-Kruger главным действием при переходе из WGS 84 в МСК 18 является введение параметров системы координат, которые находятся в свободном доступе в сети интернет (рис.3).

ВКР ИГУ

Оставлен dab 1 Октябрь, 2012 - 15:08

МСК-18 Удмуртская Республика

```
"МСК-18 зона 1", 8, 1001, 7, 50.55, 0, 1, 1250000, -5914743.504
"МСК-18 зона 2", 8, 1001, 7, 53.55, 0, 1, 2250000, -5914743.504
```

Рис.3. Ключ перехода в МСК 18

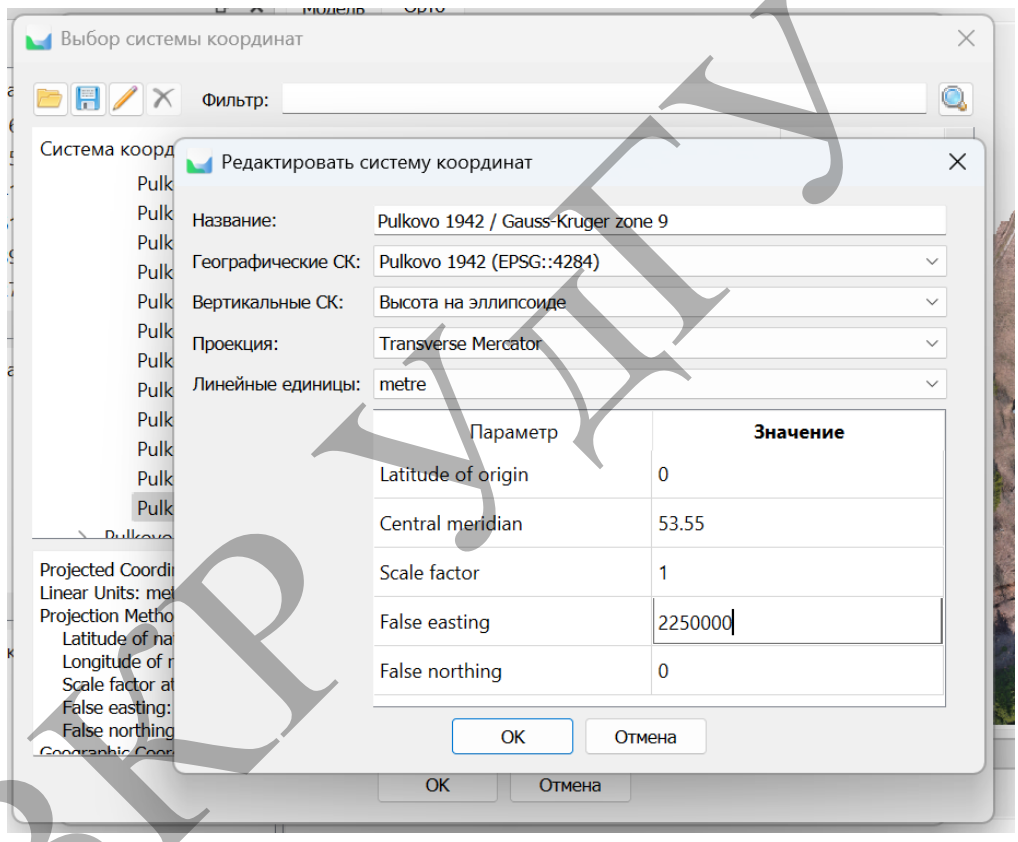


Рис.4. Редактирование системы координат

ВКР УдГУ

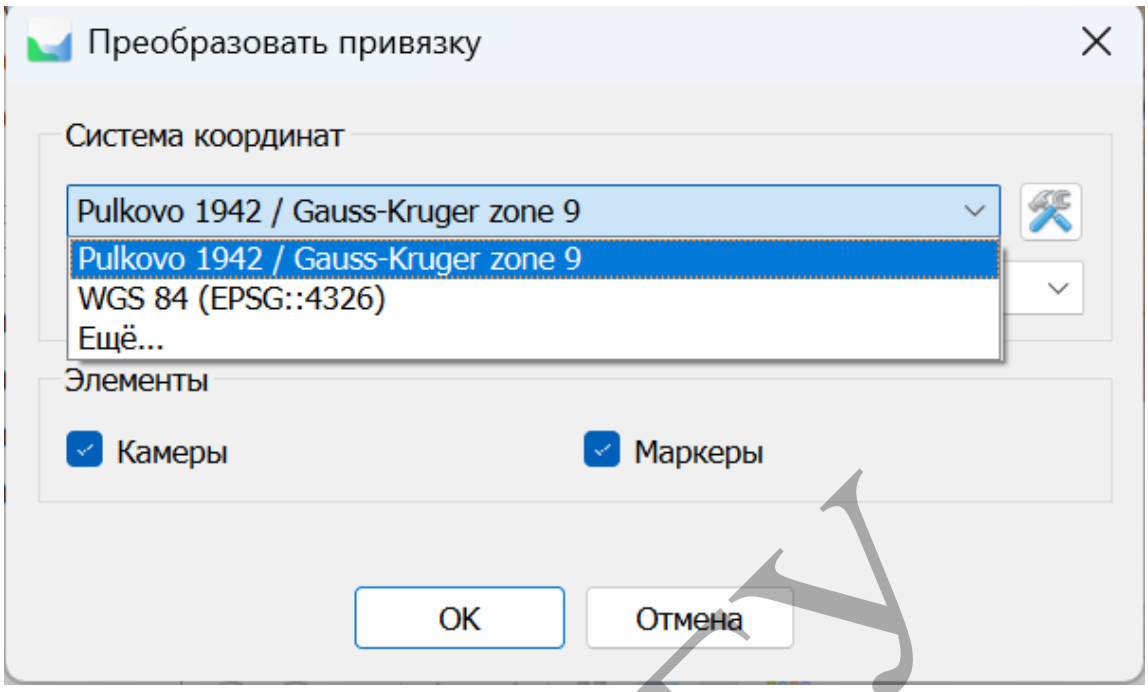


Рис.5. Выбор системы координат

5) Следующим этапом идет загрузка опорных точек (ОТ). Опознавательный знак – точка местности с известными координатами в системе координат местности, которая хорошо отобразилась на снимках. Опорные точки используются для контроля точности. Для определения элементов внешнего ориентирования снимков необходимо иметь не менее трех опорных точек. Наземные опорные точки получаются от местоположения наземной съемки и измерений. Они предоставляются в виде текстового файла, который содержит координаты этих точек. Загрузка опорных точек позволяет лучше контролировать процесс создания моделей и повышает общую точность всего процесса обработки. Добавляем готовый файл ОТ через поле Привязка – Импорт. Далее выбираем в параметрах настройки Разделить – Запятая. Также указываем соответствие столбцов камеры и маркеров

6) Далее идет этап ручной расстановки маркеров по загруженным опознавательным точкам. Маркеры применяются для оптимизации результатов расчёта положений камер и параметров их внутренней ориентации, что позволяет улучшить результаты реконструкции. Положение опорных точек определяется через их проекции на исходных снимках. Для

ВКР УлГУ

ускорения расстановки маркеров вручную необходимо знать, как выглядит марка и знать их примерное расположение на местности. Этот процесс позволяет улучшить точность выравнивания снимков и создания моделей за счет добавления дополнительных точек важных для процесса. Выбираем снимок ближе всего расположенный к маркеру 133. Начинаем вручную перетаскивать маркер к опознавательным знакам на снимке. Так повторяем со всеми снимками, на которые попали опознавательные точки (рис.6).

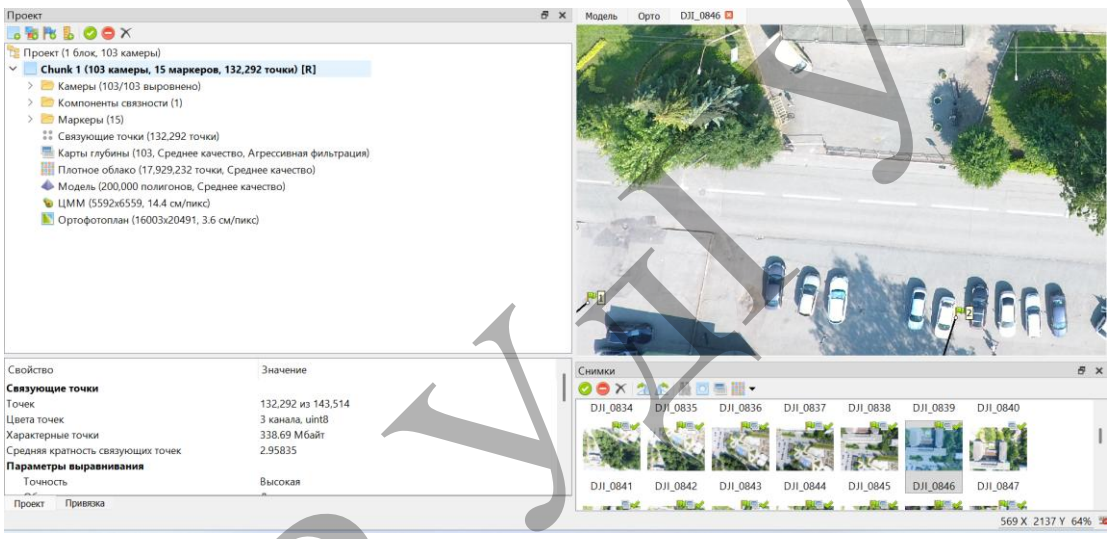


Рис.6. Расстановка маркеров

7) Следующий этап работы — это построение облака точек. Metashape позволяет создавать и отображать плотное облако точек на основании рассчитанных элементов внутреннего и внешнего элементов камеры. Основываясь на рассчитанных положениях камер, программа вычисляет карты глубины для каждой камеры и на их основе строит облако точек. Облако точек может быть отредактировано и классифицировано, а также использовано для построения трёхмерной полигональной модели, карты высот и файловой модели. Облако так же может быть экспортировано для работы в других приложениях. Для выполнения используется следующий пункт меню Обработка (рис. 7).

ВКР УлГУ

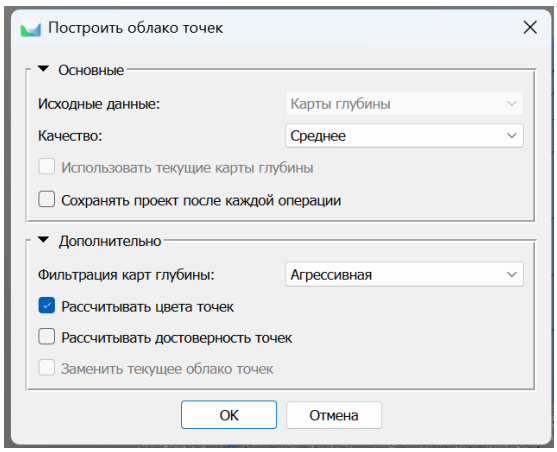


Рис.7. Настройки облако точек

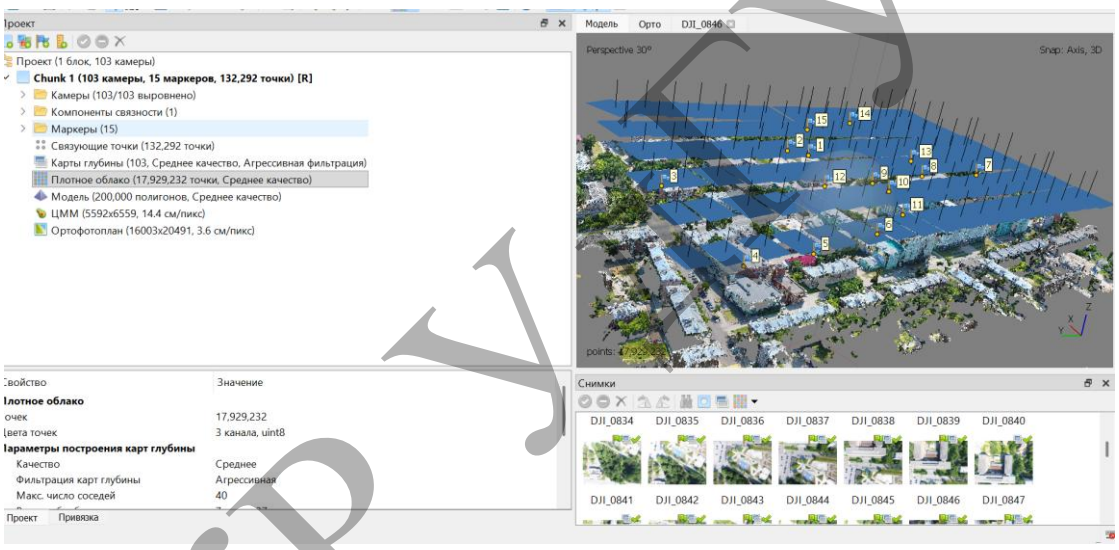


Рис.8. Результат построения облако точек

8) Построение полигональной модели на основе полученного плотного облака точек. Для выполнения задачи выбираем пункт меню Обработка – Построить модель (рис.9).

ВКР ЛГУ

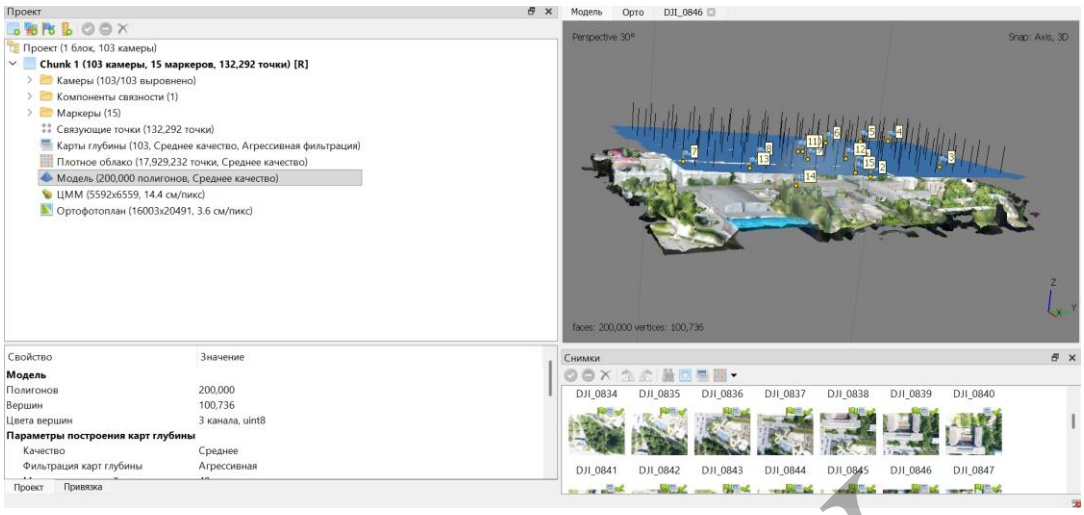


Рис.9. Трехмерная полигональная модель

9) Цифровая модель рельефа (ЦМР) играет важную роль в создании ортофотопланов. Ортофотопланы представляют собой фотографии, которые были обработаны для устранения искажений, вызванных рельефом. ЦМР позволяет точно учитывать высоты и наклоны местности, что помогает корректировать перспективные искажения на фотографиях. ЦМР содержит информацию о высоте каждой точки на местности, что позволяет точно моделировать, как объекты на фотографии (например, здания или деревья) могут влиять на видимость и точность ортофотоплана. Использование ЦМР позволяет повысить точность ортофотоплана, особенно в сложных рельефных условиях, таких как гористые или холмистые местности. Для выполнения ЦМР выполняем такие команды Обработка – Построить ЦММ, в настройках необходимо выбрать класс точек, в данном случае выбираем «Земля», что позволяет построить ЦМР. (рис.10.)

ВКР УлГУ

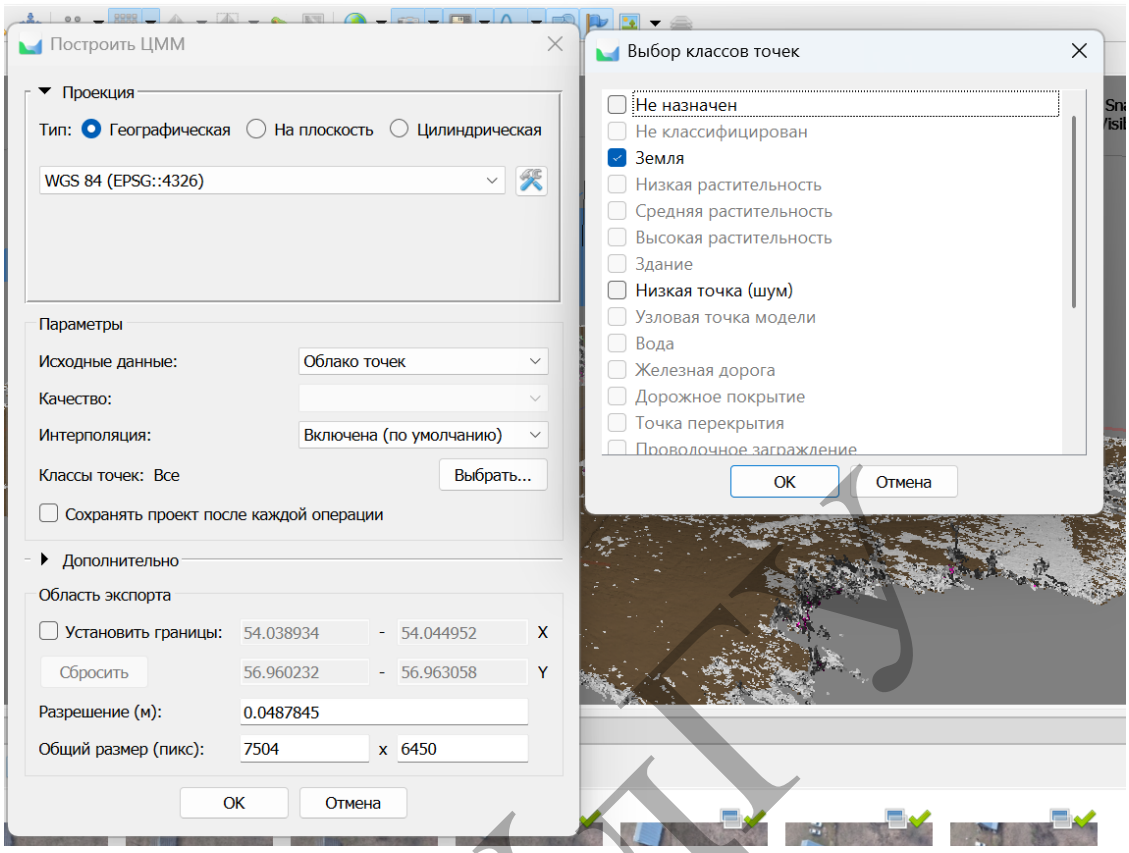


Рис.10. Настройки построения ЦММ.

Созданная ЦМР будет представлять собой изображение, на котором различные оттенки соответствуют различным уровням высоты. В качестве исходных данных использую данные построения облака точек, что позволяет получить более точные результаты. Тип проекции – географический (рис. 11).

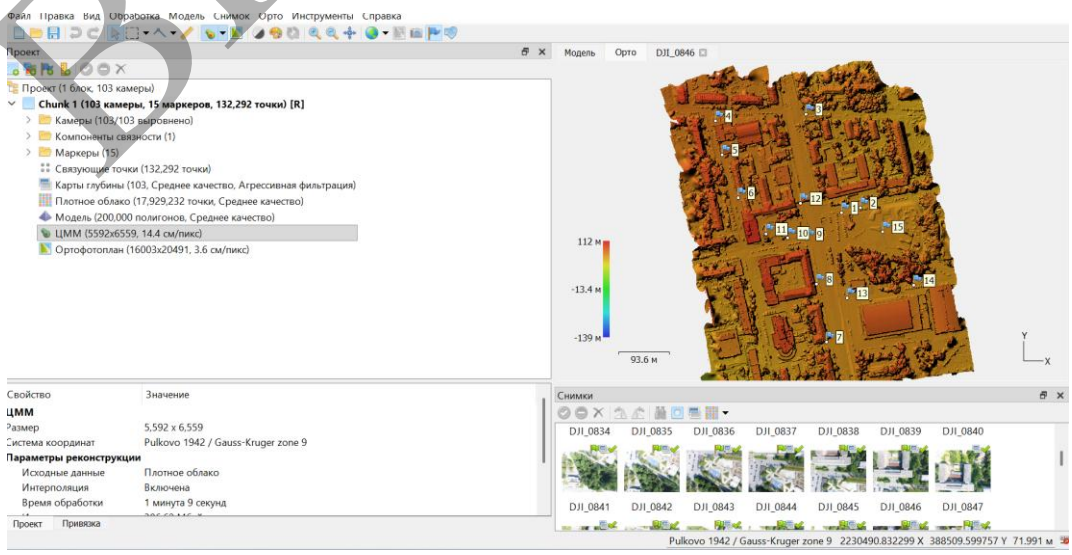


Рис.11. Результат построения ЦММ

ВКРУАТУ

10) Создание ортофотоплана. Ортофотоплан строится на основании исходных снимков и реконструированной модели. Построение выполняется с помощью пункта меню Обработка – Построить ортофотоплан (рис. 13). Приложение 1

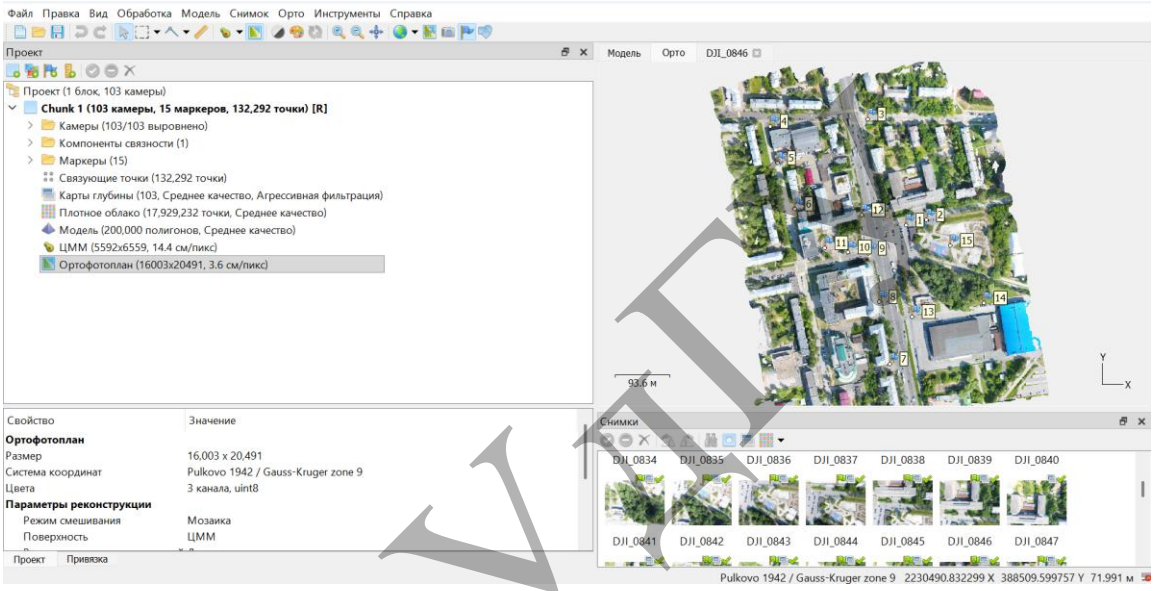


Рис.13. Ортофотоплан

3.2 Этапы работы в программе ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ

Для обеспечения функционирования какого-либо программного продукта комплекса требуется Система защиты Эшелон II, включающая аппаратный ключ защиты. Аппаратный ключ защиты может быть установлен как на том же компьютере, где запускаются приложения, так и на одном из компьютеров сети организации. Система защиты предполагает постоянное подключение к сети интернет в противном случае работа программы будет остановлена без сохранения работы.

На рис.14. представлено окно, в котором пользователю предстоит выбрать создание нового набора проекта в программе «ТИМ Кредо Топография».

ВКР УГТ

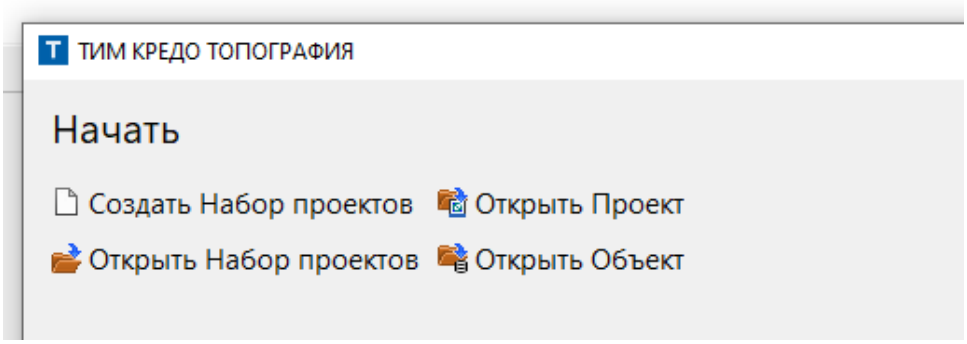


Рис.14. Окно выбора нового набора проекта

На первом этапе для построения данной ЦММ был задействован файл формата JPEG.

С помощью меню импорта данные были структурированы по значению и импортированы на рабочую поверхность

После загрузки наступает второй этап. Происходит процедура оцифровки. Для этого в ТИМ Кредо ТОПОГРАФИЯ существуют следующие инструменты, находящиеся в меню построения:

- Точка
- Точечный объект
- Графическая маска
- Линейный объект
- Площадной объект

Построение линейных и площадных объектов происходило путем соединения точек. Точечные объекты такие как отметки и условные обозначения точечных объектов были построены инструментами «точка» и «точечный объект». Объекты, имеющие криволинейную структуру, такие как пруд и скругленные углы растительности, отрисованы сплайнами.

Все объекты на построенной ЦММ были изображены соответствующими им условными обозначениями и дополнены всей имеющейся семантической информацией. Процедура выбора условных обозначений прошла при помощи классификатора КРЕДО (рис.15.).

ВКР УлГУ

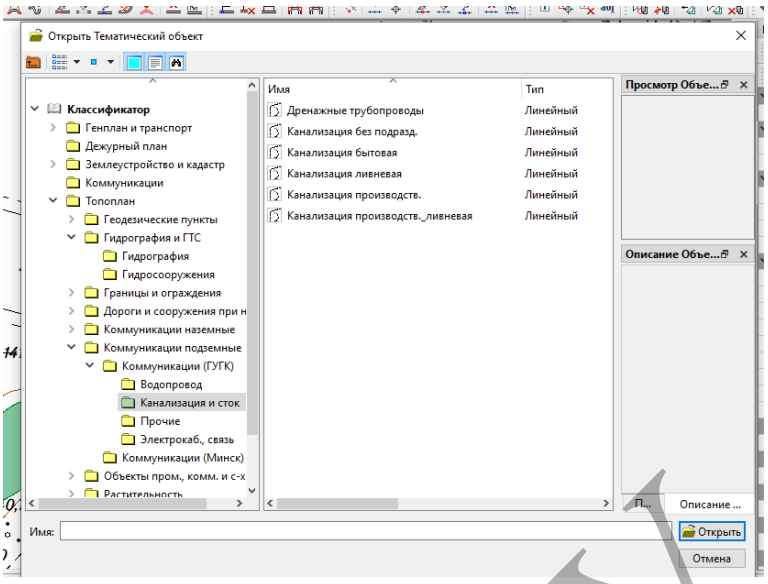


Рис.15. Окно классификатора КРЕДО

Семантика объектов заполнена вручную, основываясь на данных из подложки. Программа автоматически добавляла объекты в нужные слои по классификатору (рис.16.).

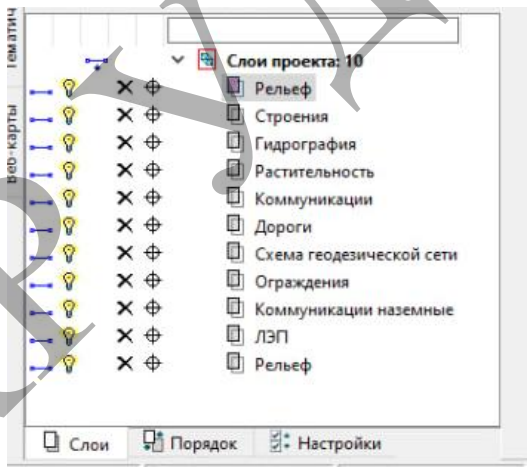


Рис.16.Слои проекта

Третьим этапом было создание ЦМР. На основе обработанного облака точек строится поверхность рельефа, автоматическим способом. Через вкладку *поверхность-создать в слое или в контуре* и выбрав область создания рельефа и задав длину ребра треугольника применим выполненное назначение. Высотные отметки соединились ребрами триангуляции. Поверхность рельефа была отредактирована вручную для исправления ошибок и улучшения качества поверхности.

ВКР ИЦГУ

Завершающим шагом в работе было создание и сохранение чертежа. При создании чертежа выбираем нужный шаблон, шаблон 3. Оформляем работу и сохраняем её. [Приложение 2]. Проект сохраняется в формате PDF.

3.3. Сравнительный анализ

ВКР УДГУ

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены поставленные задачи и достигнута основная цель — выявлены преимущества и ограничения использования данных аэрофотосъёмки для обновления топографических планов масштаба 1:500, а также определены методические особенности такого обновления с использованием программного обеспечения «ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ»

На основе анализа теоретического материала, установлено, что цифровые модели местности (ЦММ) являются фундаментальной основой для решения широкого круга задач — от инженерных изысканий до экологического моделирования. Обзор причин и периодичности обновления топографических планов подтвердил, что для масштаба 1:500 традиционные геодезические методы (тахеометрия, ГНСС) остаются высокоточными, но трудоёмкими и экономически затратными при необходимости охвата больших территорий или в условиях плотной застройки. Аэрофотосъёмка, напротив, позволяет оперативно фиксировать изменения, однако требует последующего камерального дешифрирования и контроля точности.

Практическая часть работы (глава 3) включала полный цикл создания обновлённого топографического плана. На первом этапе в Agisoft Metashape были последовательно выполнены: выравнивание снимков, привязка по опорным точкам, ручная расстановка маркеров, построение плотного облака точек, цифровой модели местности и генерация ортофотоплана. На втором этапе в среде «Тим Кредо Топография» по полученному ортофотоплану выполнено цифрование объектов ситуации (точечных, линейных, площадных) с присвоением корректной семантики через классификатор КРЕДО. Завершающим этапом стало формирование и сохранение чертежа в формате PDF по установленному шаблону.

Таким образом, использование аэрофотосъёмки и описанного программного обеспечения позволяет существенно ускорить процесс

ВКР УлГУ

обновления крупномасштабных топографических планов, однако не заменяет полностью классические полевые методы, а дополняет их там, где скорость и пространственный охват важнее абсолютной точности отдельных скрытых объектов.

ВКР УДГУ

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 51794-2008. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. Национальный стандарт Российской Федераии. - М.: Стандартинформ, 2009. - 16 с.
2. ГОСТ Р 51672–2000. Геодезические работы. Термины и определения. – М. : Госстандарт России, 2000. – 24 с.
3. ГКИНП-02-033-82. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – М. : Недра, 1982. – 453 с.
4. ГКИНП-09-32-80. Основные положения по аэрофотосъемке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов / Ильин В.Б., Максимов Н.П., Афремов В.Г., Ванин А.Г. – М. : Недра, 1982. – 16 с.
5. Демьянов Г. В., Майоров А. Н., Побединский Г. Г. Местные системы координат, существующие проблемы и возможные пути их решения. - Геопрофи, 2009 – 57 с.
6. Пантюшин, В. А. Беспилотная аэрофотосъемка и фотограмметрия: оценка качества материалов цифровой аэрофотосъемки : учебное пособие для вузов / В. А. Пантюшин. – Москва : Издательство Юрайт, 2026. – 80 с.
7. Щербаков, В. В. Аэрофотосъемка. Геодезические работы и условные знаки : учебное пособие / В. В. Щербаков ; Сибирский государственный университет путей сообщения. – 2-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск : Изд-во СибГУПС, 2022. – 93 с
8. Яроцкая, Е. В. Географические информационные системы: учебное пособие для СПО / Е. В. Яроцкая, А. В. Матвеева, А. А. Дьяченко. – Саратов ; Москва : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 128 с.
9. Яковлев, Н.А. Беспалов, В.П. Глумов, Ю.Г. Карпушин, А.В. Мерзенин, Л.В. Огородова, Л.П. Пеллинен. Практикум по высшей геодезии (вычислительные работы). Издание второе: Учебное пособие для вузов. - М.: Альянс, 2007. - 368 с.

ВКР УлГУ

10. Клочко, И. А. Информационные технологии в профессиональной деятельности : учебное пособие для СПО / И. А. Клочко. – 2-е изд. – Саратов : Профобразование, Ай Пи Эр Медиа, 2019. – 292 с. – ISBN 978-5-4486-0407-2.

11. Середович, В. А. Геоинформационные системы (назначение, функции, классификация) : монография / В. А. Середович, В. Н. Клюшниченко, Н. В. Тимофеева. – Новосибирск : СГГА, 2008. – 192 с.

12. Пошаговое руководство: Построение ортофотоплана и цифровой модели местности (ЦММ) по данным аэрофотосъемки в программе Agisoft Metashape Pro 1.6 (с опорными точками и без) – 14 с.

13. Руководство пользователя Agisoft Metashape Professional Edition, версия 1.5. – Agisoft LLC, 2019. – 169 с.

14. Руководство по обновлению топографических планов **:** аналитический обзор / НИИ Геодезии и картографии. – М., 2020. – 56 с.

15. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М. : Недра, 1989. – 286 с.

Интернет-ресурсы

16. Применение ортофотоплан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pikgeo.ru/useful/chto-takoe-ortofotoplan-v-geodezicheskikh-izyskaniyakh/ (дата обращения 17.05.2026)

17. Местные системы координат. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://web.archive.org/web/20231003214354/https://mapbasic.ru/msk18 (дата обращения 18.05.2026)

18. Обработка данных аэрофотосъемки с БПЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://russiandrone.ru/publications/obrabotka-dannykh-aerofotosemki-s-bpla (дата обращения: 19.02.2025)

ВКР УлГУ

19. ТИМ КРЕДО ТОПОГРАФИЯ. Руководство пользователя / Кредо-Диалог. – URL: https://help.credo-dialogue.ru/TOPOGRAPHY/ (дата обращения: 08.05.2026).

20. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 марта 2024 г. № 400 «Об утверждении Положения об обновлении государственных топографических карт и государственных топографических планов, а также масштабов, в которых они создаются» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://government.ru/docs/all/152749/ (дата обращения: 08.05.2026).

ВКР УДГУ

Приложение

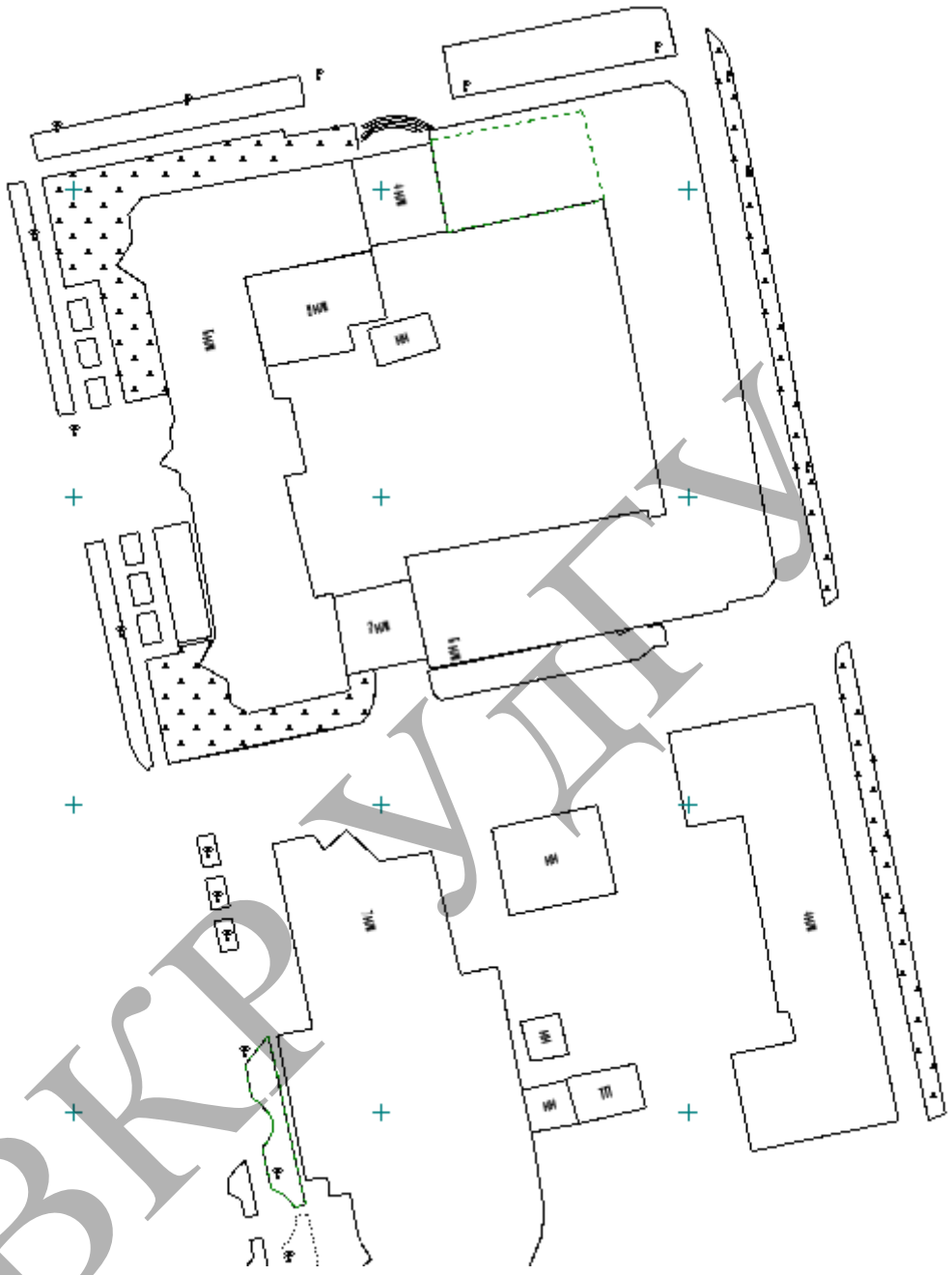
ВКР УлГУ

Приложение 1



ВКР

Приложение 2



ВКР УлГУ