



**SATBAYEV  
UNIVERSITY**

Институт геологии, нефти и горного дела им. К. Турысова  
Кафедра маркшейдерского дела и геодезии

Олексюк Наталья Игоревна

«Геодезическое сопровождение строительства канатно-кресельной дороги в  
ущелье Ой-Карагай Алматинской области»

## **ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Специальность 5В071100 – геодезия и картография

Алматы 2021



SATBAYEV  
UNIVERSITY

Институт геологии, нефти и горного дела им К. Турысова  
Кафедра маркшейдерского дела и геодезии

**ДОПУШЕН К ЗАЩИТЕ**  
Заведующая кафедрой маркшейдерское  
дело и геодезия, доктор PhD

Э.О.Орынбасарова

«\_31\_» \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2021 г.

## ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Геодезическое сопровождение строительства канатно-кресельной  
дороги в ущелье Ой-Карагай Алматинской области»

по специальности 5В071100 – геодезия и картография

Выполнила

Олексюк Наталья Игоревна

Научный руководитель  
М.т.н., лектор  
 Кенесбаева А.  
«20» мая 2021 г.



SATBAYEV  
UNIVERSITY

Институт геологии, нефти и горного дела им. К. Турысова  
Кафедра маркшейдерского дела и геодезии  
Специальность 5В071100 – Геодезия и картография

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующая кафедрой маркшейдерское  
дело и геодезия, доктор PhD

Э.О.Орынбасарова

«\_31\_» \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2021г.

### **ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломной работы**

Обучающемуся Олексюк Наталье Игоревне

Тема: «Геодезическое сопровождение строительства канатно-кресельной дороги в ущелье Ой-Карагай Алматинской области»

Утверждена приказом Ректора Университета №2131-б от «24» ноября 2020 г.

Срок сдачи законченной работы «20» мая 2021 г.

Исходные данные к дипломной работе:

1. Техническое задание на выполнение инженерно-геодезических изысканий;
2. Строительный генеральный план ККД-3;
3. План фундаментов.

Краткое содержание дипломной работы:

- а) описание района и объекта работ;
- б) проведение инженерно-геодезических изысканий;
- в) геодезическое сопровождение строительных работ;
- г) геодезическое оборудование;
- д) камеральные работы;
- е) аэрофотосъемочные работы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): *представлены 17 слайдов презентации работы.* Рекомендуемая основная литература:

1. Григоренко А. Г., Киселев М. И. Инженерная геодезия: Учеб. пособие для строит. техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1983. – 256 с., ил.
2. Левчук Г.П., Новак В.Е., Лебедев Н.Н. Прикладная геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений. Под ред. Г.П. Левчука. Учебник для вузов. – М.: Недра, 1983. – 400 с.

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечания
Общие сведения о районе и объекте работ	01.02.21 – 10.02.21	
Инженерно-геодезические изыскания	25.02.21 – 03.03.21	
Геодезическое сопровождение строительных работ	25.02.21 – 03.03.21	
Геодезические инструменты	16.03.21 – 25.03.21	
Камеральные работы	05.04.21 – 12.04.21	
Аэрофотосъемочные работы	16.04.21 – 21.04.21	

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Общие сведения о районе и объекте работ	Магистр технических наук Кенесбаева А.	20.05.21	
Инженерно-геодезические изыскания	Магистр технических наук Кенесбаева А.	20.05.21	
Геодезическое сопровождение строительных работ	Магистр технических наук Кенесбаева А.	20.05.21	
Геодезические инструменты	Магистр технических наук Кенесбаева А.	20.05.21	
Камеральные работы	Магистр технических наук Кенесбаева А.	20.05.21	
Аэрофотосъемочные работы	Магистр технических наук Кенесбаева А.	20.05.21	
Нормоконтролер	Магистр технических наук Ж.М. Нукарбекова	29.05.21	

Научный руководитель

Кенесбаева А.

Задание принял к исполнению обучающийся

Олексюк Н.И.

## АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс аспалы жол құрылысын геодезиялық қамтамасыз етудің мәселелері мен ерекшеліктеріне арналған. Жұмыстың мақсаты – сызықтық құрылымды құру процесін және осы жағдайда қолданылатын озық геодезиялық технологияларды кезең-кезеңімен сипаттау.

Бұл нысанды салудағы басты қиындық – аспалы жолдың барлық элементтерінің өз осіне қатысты симметриясын қатаң сақтау болды. Тағы бір қиындық репердерді қою үшін орындарды дұрыс таңдаудан тұрды, өйткені таулы жерлерде және өсімдік жамылғысы мен ағаштардың жоғары болуында олардың өзара көрінуін қамтамасыз ету өте қиын.

Бірінші мәселенің шешімі – бүкіл объектінің құрылыс сапасы тәуелді болатын басқару пункттерінің сенімді желісін құру. Екінші мәселені шешу үшін алдын-ала мұқият барлау зерттеуін жүргізу және жабдықтың болжамды қозғалыс орындарынан алыс репердер желісін құру, сондай-ақ олардың артық болуын қамтамасыз ету және құрылым осінің екі жағында орналасу ұсынылады.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена вопросам и особенностям геодезического сопровождения строительства канатной дороги. Целевое назначение работы заключается в поэтапном описании процесса строительства данного линейного сооружения и применявшихся при этом передовых геодезических технологий.

Основная трудность при возведении данного объекта заключалась в строгом соблюдении симметричности всех элементов канатной дороги относительно ее оси. Еще одна сложность состояла в правильном выборе мест закладывания реперов, так как в условиях горной местности и наличия высокого растительного покрова и деревьев довольно непросто обеспечить их взаимную видимость.

Решением первой проблемы является заложение надежной сети опорных пунктов, от которой будет зависеть качество построения всего объекта. Для решения второй проблемы предлагается предварительно провести тщательное рекогносцировочное обследование и закладывать сеть реперов подальше от предполагаемых мест движения техники, а также обеспечить их избыточность и расположить по обе стороны от оси сооружения.

## **ABSTRACT**

The diploma work is devoted to the issues and features of geodetic support for the construction of the cable car. The purpose of the work is a step-by-step description of the construction process of this linear structure and the advanced geodetic technologies used in this case.

The main difficulty in the construction of this object was the strict observance of the symmetry of all elements of the cable car relative to its axis. Another difficulty consisted in the correct choice of the places for laying the geodesic points, since in the conditions of mountainous terrain and the presence of a high vegetation cover and trees, it is rather difficult to ensure their mutual visibility.

The solution to the first problem is to establish a reliable network of control points, on which the construction quality of the entire facility will depend. To solve the second problem, it is proposed to preliminarily conduct a thorough reconnaissance survey and lay a network of geodesic points away from the supposed locations of movement of equipment, as well as ensure their redundancy and be located on both sides of the axis of the structure.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1. Общие сведения о районе и объекте работ	10
1.1 Физико-географические условия местности	10
1.2 Основные характеристики объекта работ	11
2. Инженерно-геодезические изыскания	13
2.1 Техническое задание	13
2.2 Рекогносцировка	14
2.3 Топографическая съемка	15
3. Геодезическое сопровождение строительных работ	17
3.1 Создание геодезической разбивочной основы	17
3.2 Геодезическая разбивка	18
3.3 Исполнительная съемка	19
4. Геодезические инструменты	21
5. Камеральные работы	24
6. Аэрофотосъемочные работы	28
6.1 Проектирование полетного задания в приложении DroneDeploy	28
6.2 БВС Phantom 4 Pro	29
6.3 Фотограмметрическая обработка в ПО Agisoft Metashape	30
Заключение	32
Список использованной литературы	33
Приложение А	35
Приложение Б	36
Приложение В	37

## ВВЕДЕНИЕ

Строительство канатных дорог является технически сложным процессом, каждый этап которого требует инженерно-геодезического сопровождения. Сложность строительства канатных дорог обусловлена характером рельефа, особенностями грунтов горной местности, а также техническими особенностями самого объекта, т.е. обеспечение створности взаимного положения опор с минимальными отклонениями от оси канатной дороги.

Настоящая дипломная работа посвящена вопросам строительства сооружения линейного типа начиная с этапа инженерно-геодезических изысканий и проектирования и заканчивая сдачей объекта в эксплуатацию.

В содержание дипломной работы входит 6 глав, в которых освещены все этапы строительства канатной дороги.

В первой главе дано краткое описание района и объекта работ.

Во второй главе рассматривается проведение инженерно-геодезических изысканий.

Третья глава посвящена основным задачам, решаемым в ходе геодезического сопровождения строительства.

В четвертой главе дается описание геодезического оборудования, применявшегося в процессе производства работ.

Пятая глава посвящена камеральной обработке полевых данных в программах Leica Geo Office, AutoCAD, Credo\_DAT, Credo\_MIX.

В шестой главе рассматривается проведение аэрофотосъемочных работ, планирование полетного задания в мобильном приложении DroneDeploy, фотограмметрическая обработка материалов в программе Agisoft Metashape.

В приложениях приведены графические материалы, полученные на этапах инженерно-геодезических изысканий, строительства и ввода объекта в эксплуатацию.

В связи с активным развитием горнолыжного туризма вопрос об усовершенствовании горнолыжной инфраструктуры и строительстве подъемников принял актуальный характер.

Теоретическая основа работы почерпнута из таких дисциплин, как инженерная геодезия, цифровые модели, планы и карты местности, геодезическое инструментоведение, автоматизация топографо-геодезических работ, цифровая фотограмметрия и глобальные навигационные спутниковые системы.

Методологическая основа работы основана на теоретической и практической базе знаний.

## 1 Общие сведения о районе и объекте работ

### 1.1 Физико-географические условия местности

Ущелье Ой-Карагай расположено в зоне Иле-Алатауского национального парка в 7 км от села Бескайнар (бывший совхоз «Горный Садовод») в горах Заилийского Алатау. Местонахождение района работ представлено на рисунке 1.

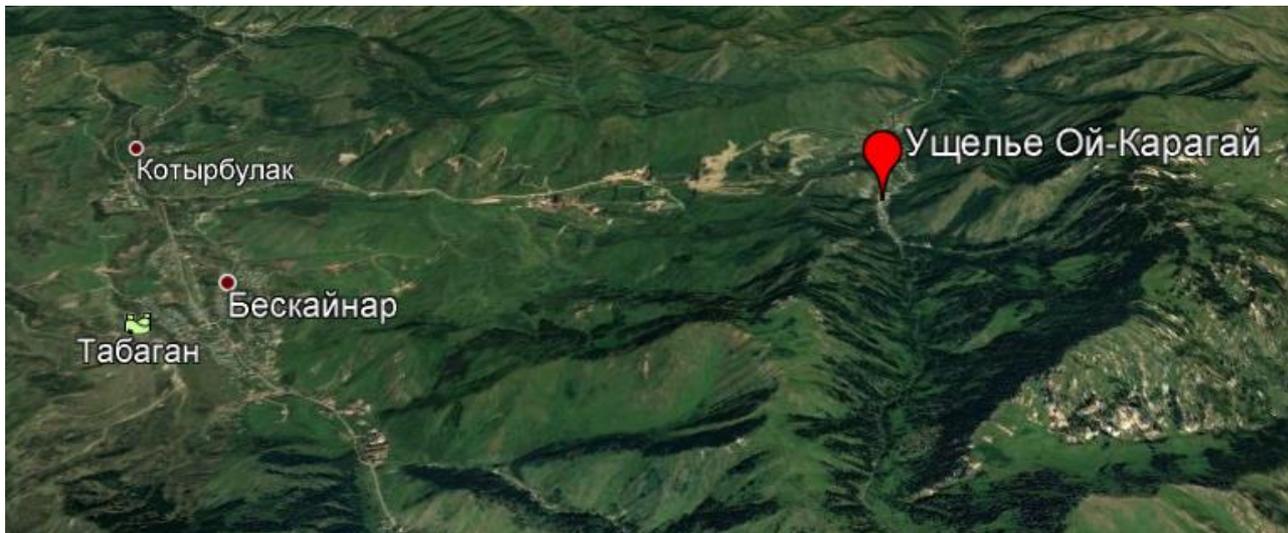


Рисунок 1 – Местонахождение района работ на карте Google

Климат – сухой, резко континентальный. Зима мягкая, отрицательная температура держится с ноября по март, наиболее холодным месяцем является декабрь, средняя температура которого составляет минус 6,3°. Лето умеренно теплое, самый теплый месяц – июль, средняя температура которого составляет +15°.

Сильные ветры зимой отсутствуют, летом характерны юго-западные ветры, тоже не сильные, но их максимум приходится именно на теплое время года.

Среднегодовое количество осадков – 843 мм. Основное количество осадков выпадает в весенне-летний период, их максимум приходится на май. Средняя высота снегового покрова – 25 – 40 см.

На высоте от 1500 до 2700 метров простирается лесо-луговая зона, растительность которой представлена кустарниково-степными растениями (боярышник, шиповник, барбарис, жимолость, малина, кизильник, ясенец туркестанский) и лесами (тянь-шанская ель, яблоня Сиверса, осина, береза, рябина, урюк).

Животный мир Заилийского Алатау представлен еликами, тяньшанскими бурыми медведями, лисами, маралами, барсуками, кабанами, косулями, горными куропатками-кекликами, уларами, фазанами, дроздами, соколами, ястребами и прочими представителями горных районов.

Геологическое строение района работ в основном характеризуется скальными породами и почвообразующими отложениями, представленными в виде маломощных грубо щебенистых элювиально-делювиальных суглинков. Глубина промерзания грунта составляет 1,5 метра.

Рельеф Заилийского Алатау в основном формировался под действием землетрясений, камнепадов, селевых потоков, обвалов, оползней, деятельности ледников, различных видов эрозии и изменения русел рек. Одной из основных причин образования крупных ущелий, в том числе и ущелья Ой-Карагай, является водная и ледниковая эрозия. Снежные лавины и стремительные водные потоки сходили со склонов хребтов, нередко превращаясь в сели, и образовывали ущелья с их многочисленными ответвлениями, которые являются современной чертой рельефа Заилийского Алатау [1].

По ущелью Ой-Карагай течет река Бельбулак, питание которой в основном грунтовое [2].

Сейсмичность района – 9 баллов.

Район относится к бассейну высокой селевой активности, где селевые потоки сходят каждые 3 – 5 лет, что связано с особенностями геологии, гидрографии и рельефа. При наличии на склоне достаточно толстого слоя рыхлообломочного грунта, образующегося в результате разрушения горных пород, значительного количества текущей воды, способной смыть минерально-грязевую массу в сочетании с крутым склоном, угол наклона которого не меньше  $10^\circ$ , приводит к высокой вероятности возникновения грязекаменных селевых потоков. По генетическим признакам селевые явления на рассматриваемой территории носят ливневый и сейсмичный характер [3].

## **1.2 Основные характеристики объекта работ**

Канатно-кресельная дорога ККД-3 состоит из верхней обводной станции, нижней приводной натяжной станции, несущего-тягового каната диаметром 32,5 мм в виде замкнутой петли и линейных опор с роликовыми балансирными, поддерживающими канат с закрепленными на них креслами. Канат с креслами непрерывно движется в одном направлении, огибая на верхней станции обводной шкив, а на нижней станции – приводной шкив. Внешний вид канатно-кресельной дороги представлен на рисунке 2.

Натяжение несущего-тягового каната осуществляется системой гидронатяжения, обеспечивающей поддержание требуемого натяжения. Подвижной состав представляет собой четырехместное кресло, состоящее из зажима, связывающего кресло с несущим-тяговым канатом, подвески и сиденья с откидной подножкой.

Между станциями на фундаментах установлено 7 Т-образных опор высотой от 2,5 до 9 м. На траверсах опор установлены поддерживающие несущего-тяговый канат балансиры, оснащенные блокировочными устройствами типа

«ломающийся проводник», позволяющими остановить канатную дорогу в случае схода каната с балансира.



Рисунок 2 – Внешний вид ККД-3

Основные технические характеристики ККД-3:

- Тип дороги – четырехместная кресельная одноканатная дорога с кольцевым движением и закрепленными на несущем канате креслами;
- Пропускная способность – 1200 чел/ч [4];
- Скорость движения – 2,2 м/с [4];
- Время проезда в одном направлении – 4,5 мин;
- Наклонная длина дороги – 597,85 м;
- Превышение верхней станции над нижней – 220,5 м;
- Количество опор – 7;
- Высота опор – 2,5 – 9 м;
- Расстояние между опорами – 80,17 м (1 – 2 опоры), 123,10 м (2 – 3 опоры), 95,93 м (3 – 4 опоры), 213,28 м (4 – 5 опоры), 19,58 м (5 – 6 опоры), 4,14 м (6 – 7 опоры), 8,95 м (7 опора – верхняя обводная станция), 7,85 м (1 опора – нижняя приводная станция);
- Ввод в эксплуатацию – декабрь 2019 г.

## 2 Инженерно-геодезические изыскания

Инженерно-геодезические изыскания проводились перед началом строительства с целью получения информации о рельефе и ситуации местности и послужили основой для проектирования объекта. Работы велись в 3 этапа [5].

На этапе подготовительных работ было получено техническое задание от заказчика и разработана программа инженерно-геодезических изысканий.

На этапе полевых работ было произведено рекогносцировочное обследование района работ и топографическая съемка местности.

На этапе камеральных работ были обработаны данные полевой съемки и получена цифровая модель местности.

### 2.1 Техническое задание

Содержание технического задания на выполнение инженерно-геодезических изысканий представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Техническое задание на выполнение инженерно-геодезических изысканий

Перечень основных данных и требований	Данные и требования по объекту
Наименование объекта	Канатно-кресельная дорога ККД-3
Местоположение объекта	Алматинская область, Талгарский район, ущелье Ой-Карагай
Вид и цель работ	Выполнение топографической съемки с целью создания топографической подосновы для разработки проектной документации
Технические требования к производству работ	Система координат – местная г. Алматы Система высот – Балтийская 1977 г. Масштаб топосъемки – 1:500, высота сечения рельефа 0,5 м
Основные геометрические параметры съемки объекта	Длина съемки – 560 м; Ширина съемки – 30 м
Сведения о наличии материалов ранее выполненных изысканий	Отсутствуют
Заказчик	ТОО «ГКО Lesnaya Skazka»
Вид строительства	Новое строительство
Нормативные требования	Работы выполнить в соответствии с «СП РК 1.02-101-2014 Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Основные положения» и «СП РК 1.02-105-2014 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».
Сроки выполнения работ	В соответствии с Договором

К техзаданию прилагалась схема границ топосъемки, которая приведена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Схема границ топографической съемки на снимке Google

## 2.2 Рекогносцировка

После получения техзадания в первую очередь приступили к рекогносцировке местности, цель которой заключалась в следующем:

- обследовать место проведения топографической съемки;
- определить количество человек, необходимое для выполнения поставленной задачи;
- определить тип геодезического оборудования, которое лучше всего подойдет для выполнения топографической съемки в условиях данной местности.

В ходе обследования местности были получены следующие результаты:

- было изучено место съемки;
- было определено необходимое для поставленной задачи количество человек, равное 2;
- было выбрано наиболее подходящее геодезическое оборудование: 2 ровера, 1 базовая станция, 1 тахеометр.

Процесс проведения рекогносцировочного обследования представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Рекогносцировка. Состояние местности до начала строительных работ

### **2.3 Топографическая съемка**

Топографическая съемка местности выполнялась в местной системе координат и Балтийской системе высот в масштабе 1:500 и высотой сечения рельефа 0,5 м комбинацией тахеометрического и спутникового методов. Длина съемки составила 560 метров, ширина – 30 метров.

В топографическую съемку вошла как съемка ситуации (подеревка), так и съемка рельефа, информация о котором была получена каждые 10 – 15 метров [5], а остальные значения интерполировались.

В результате камеральной обработки полевых измерений в программе AutoCAD была получена цифровая модель местности, которая послужила топографической основой для проектирования канатной дороги и для обоснования проектных решений, обеспечивающих комплекс работ по строительству объекта проектирования. На рисунке 5 представлен фрагмент цифровой модели местности исследуемого участка, а в приложении А цифровая модель местности полностью представлена на весь участок съемки.

Для подготовки проектной документации срок давности материалов топографических планов должен составлять не более двух лет со дня их выпуска,

при этом на участках местности, где общие изменения ситуации и рельефа составляют более 35%, топографическая съемка должна производиться заново [5].

После окончания данного этапа работ выполняется регистрация производства инженерных изысканий [6] в «Управлении Архитектуры и Градостроительства г. Алматы».

Средние погрешности определения планового положения предметов местности и высот характерных точек рельефа соблюдены в соответствии с [6].

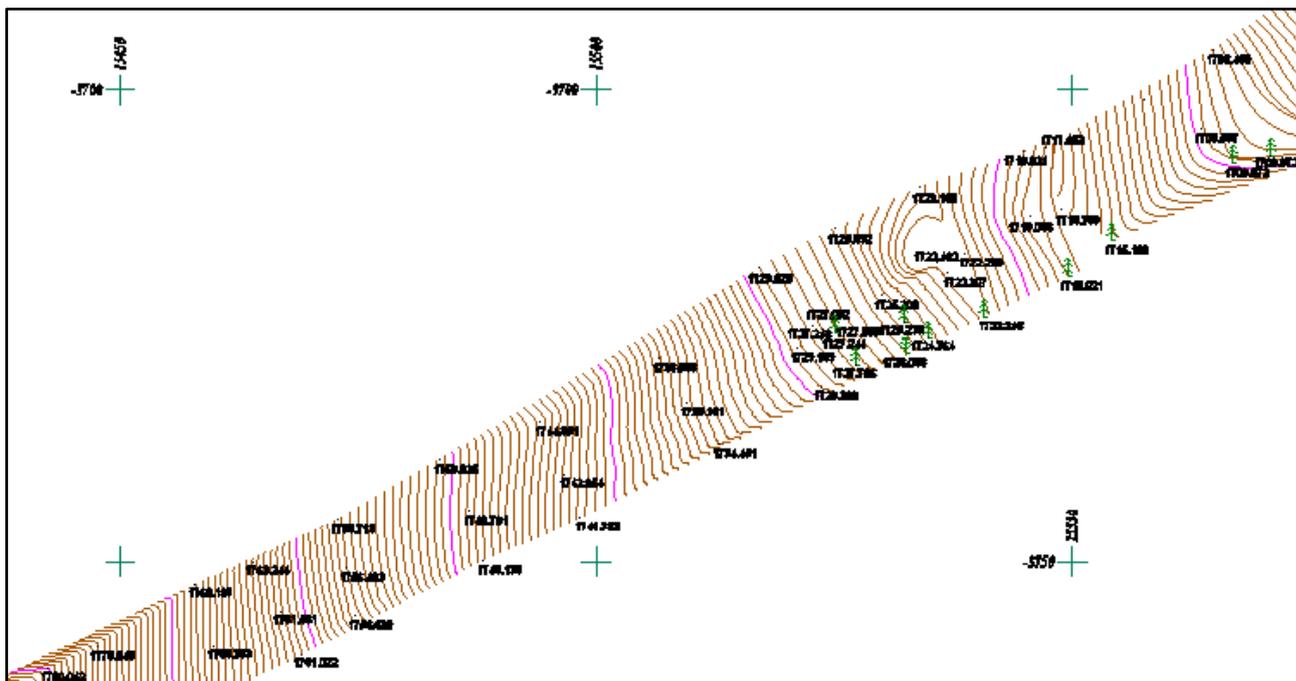


Рисунок 5 – Фрагмент цифровой модели местности

### **3 Геодезическое сопровождение строительных работ**

Геодезическое сопровождение строительных работ заключается в создании геодезической разбивочной основы, разбивке геометрических параметров возводимых объектов и выявлении отклонений от заданных проектных параметров, которые регистрируются в исполнительной документации.

#### **3.1 Создание геодезической разбивочной основы**

Разбивочная сеть, заложенная на объекте, представляла собой планово-высотную сеть геодезических пунктов, положение которых оставалось неизменным на протяжении всего периода строительства.

Плановое положение пунктов геодезической разбивочной сети на строительной площадке определяли методом построения линейно-угловых сетей, а высотное – методом тригонометрического нивелирования.

Геодезические пункты представляли собой забетонированные в землю стальные стержни (арматуру), концы которых выступали из бетона на 1 – 5 см.

Места для закладки грунтовых реперов выбирались таким образом, чтобы:

- возле каждой опоры было не менее 3 геодезических пунктов;
- при использовании способа засечек угол между двумя любыми геодезическими пунктами и точкой стояния прибора находился в пределах от  $30^\circ$  до  $150^\circ$  [5];

- любые 3 геодезических пункта образовывали фигуру, максимально приближенную к равностороннему треугольнику;

- точка стояния прибора по возможности находилась внутри образовавшегося из геодезических пунктов треугольника или четырехугольника;

- обеспечить их сохранность и стабильность положения.

Плановое и высотное положение пунктов геодезической разбивочной основы определяли при помощи тахеометрических наблюдений, при этом положение тахеометра было определено относительно абсолютного местоположения крайних точек строительной площадки.

Геодезическая разбивочная сеть должна отвечать требованиям, предъявляемым к разбивочным работам и исполнительным съемкам. Для обеспечения необходимой точности ошибки взаимного положения пунктов геодезической разбивочной основы не должны превышать 5 – 10 мм [7].

В результате выполнения работ по созданию геодезической разбивочной основы в надежных местах, где строительные работы не производились, были заложены 17 геодезических пунктов, а также было определено их планово-высотное положение.

На рисунке 6 показано расположение пунктов геодезической разбивочной основы.



Условные обозначения:

- R4 Пункт геодезической разбивочной сети
- — — Ось канатной дороги

Рисунок 6 – Схема расположения пунктов геодезической разбивочной сети

### 3.2 Геодезическая разбивка

Разбивочные работы проводились путем переноса запроектированного планового и высотного положения точек на местность.

Разбивочные работы в процессе строительства канатно-кресельной дороги велись в несколько этапов:

- разбивка под геологические изыскания;
- разбивка под котлован;
- разбивка бетонной подготовки (подбетонки);
- разбивка фундамента;
- разбивка бетонной стойки;
- разбивка анкеров;
- регулировка балансиров;
- разбивка операторских.

Погрешность геодезических разбивочных работ не должна превышать 1/3 от строительных допусков [8], взятых из [9].

Разбивка под геологические скважины и котлованы производилась gps-приемником, а вынос в натуре остальных элементов строительного объекта производили тахеометром через прикладную программу Базовая линия.

На рисунке 7 показан разбивочный чертеж, по которому производили вынос основных элементов сооружения в натуру.

В приложении Б приведен строительный генеральный план, на котором дано расположение проектируемого объекта.

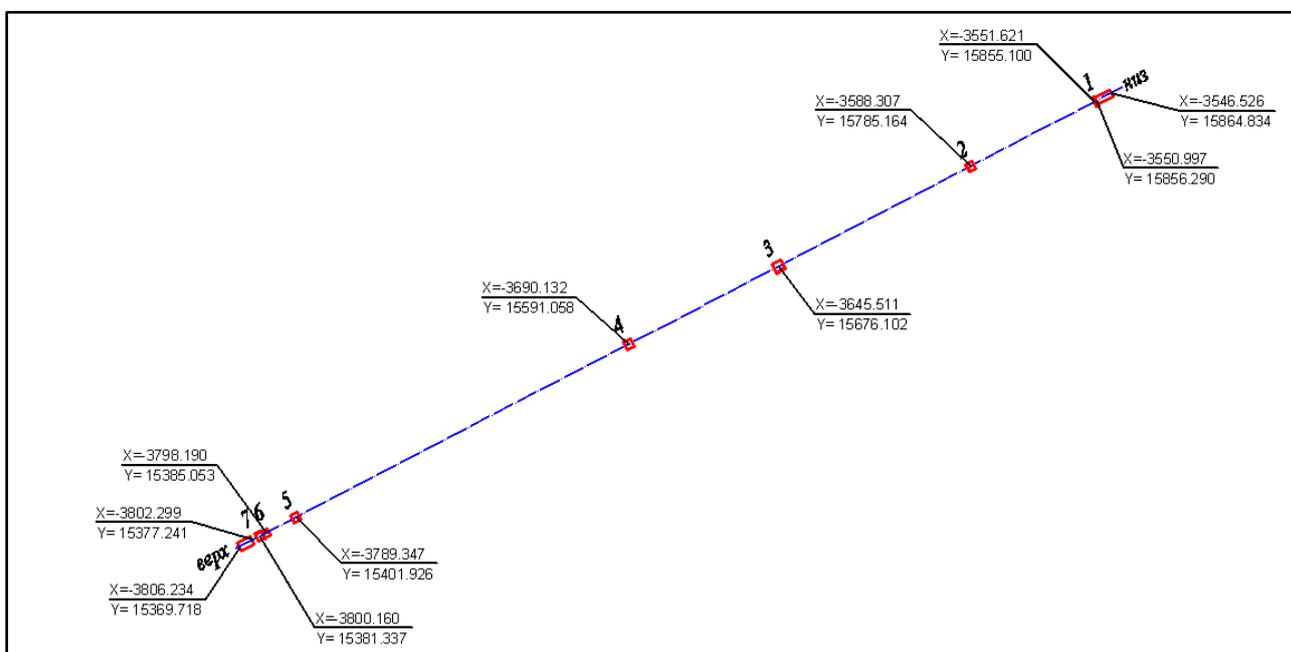


Рисунок 7 – Разбивочный чертеж

### 3.3 Исполнительная съемка

Исполнительные геодезические съемки выполнялись с целью фиксации положения объекта и сопутствующих ему коммуникаций на местности, контроля объема выполненных работ и своевременного выявления отклонений фактических характеристик конструкций от проектных. Результаты исполнительных съемок содержали данные для корректирования выполненных работ и обеспечения качественного монтажа сборных конструкций. При этом особое внимание уделялось таким элементам сооружения, которые после завершения строительства стали недоступны для измерений (забетонированы, засыпаны грунтом и т.п.).

Исполнительная съемка производилась на геодезической основе, созданной для разбивочных работ.

На данном этапе работ были выполнены исполнительные съемки геологических скважин, котлованов, бетонных подготовок, фундаментов, бетонных тумб, анкеров, кабелей, операторских, технологической дороги.

Исполнительную съемку выполняли с точностью производства разбивочных работ [10].

Исполнительная документация оформлялась в программе AutoCAD, объемы земляных работ рассчитывались в программе CREDO\_MIX.

На рисунке 8 представлена исполнительная схема фундамента 4 опоры.

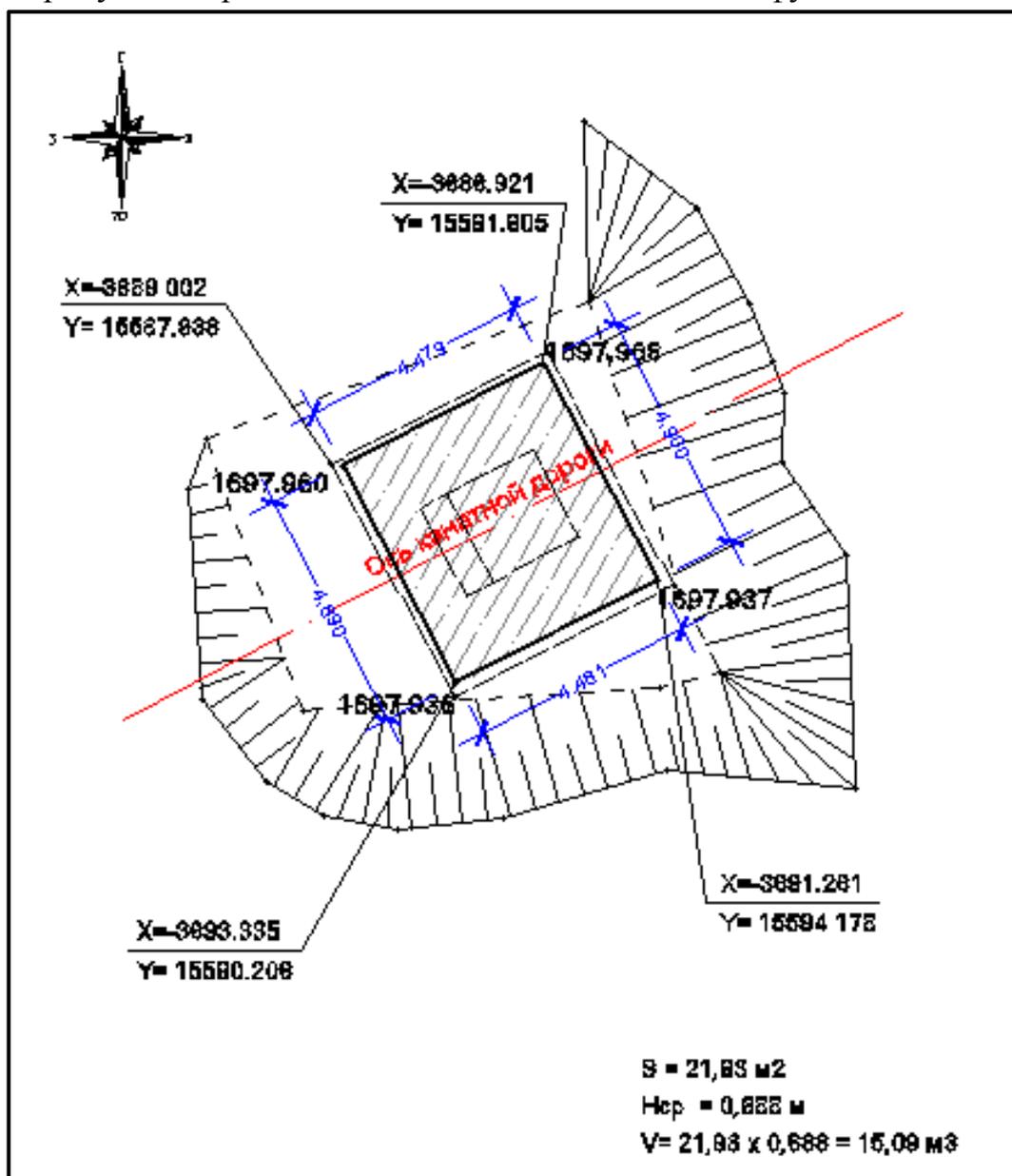


Рисунок 8 – Исполнительная схема фундамента 4 опоры

#### 4 Геодезические инструменты

В ходе работ применялось следующее геодезическое оборудование: электронный тахеометр Leica TS02, мобильный приемник Leica ATX1230 + GNSS, базовая станция Leica GX1230 + GNSS.

Электронный тахеометр Leica TS02. В таблице 2 приведены технические характеристики данного инструмента.

Таблица 2 – Технические характеристики электронного тахеометра Leica TS02

Наименование характеристики	TS02
Минимальное фокусное расстояние, м	1,7
Минимальное измеряемое расстояние, м	1,5
Угол поля зрения зрительной трубы	1°30' (2,7 м на 100 м)
Дальность измерения расстояния с/без отражателя, м	3500 (с призмой) 500 (без отражателя)
Точность измерения углов, "	3
Точность измерения расстояний: (1 – на отражатель, 2 – на любую поверхность), мм	1,5 + 2 ppm 2,0 + 2 ppm
Тип компенсатора	Электронный двухосевой
Диапазон работы компенсатора	±4'
Увеличение зрительной трубы	30 <sup>x</sup>
Память	24 тыс. точек или 13,5 тыс. измерений
Тип памяти	Встроенная память
Тип аккумулятора	Li-ion (GEB221/222)
Рабочая температура, °С	от -20 до +50
Защита от пыли и влаги	IP55
Масса с аккумулятором и трегером, кг	5,1
Время измерения на отражатель, с	2
Безотражательные измерения (время измерений), с	3 – 6
Формат записи данных	GSI/DXF/ASCII-форматы
Программное обеспечение	FlexField plus
Прикладные программы	Установка станции; съемка; разбивка; базовая линия; косвенные измерения; площадь и ЦММ-объем; отметка недоступной точки
Принцип работы	Электронно-оптический

GPS-приемник Leica ATX1230 + GNSS. Ровер был настроен на работу в режиме RTK, который не предполагает постобработки данных на компьютере, зато наличие постоянно действующей или временной базовой станции обязательно.

На рисунке 9 изображен комплект ГНСС оборудования «база-ровер».



Рисунок 9 – Комплект ГНСС оборудования «база-ровер»

Спутниковая геодезическая аппаратура Leica GX1230 + GNSS. Полевую (временную) базовую станцию лучше всего устанавливать на самом высоком месте снимаемой территории с минимум преград для работы, что обеспечит устойчивый сигнал в радиусе 3,5 – 5 км.

При работе с подвижным приемником в режиме реального времени необходимо радиомодем базовой станции настроить на передачу данных, а радиомодем ровера настроить на прием данных. Оба радиомодема должны быть настроены на одну и ту же частоту.

На рисунке 10 представлен ровер Leica ATX1230 + GNSS и базовая станция Leica GX1230+GNSS в разобранном виде. В таблице 3 приведены технические характеристики этого оборудования.



Рисунок 10 – Мобильный GPS-приемник Leica ATX1230 + GNSS (слева) и базовая станция Leica GX1230+GNSS (справа) в разобранном виде

Таблица 3 – Основные технические характеристики GPS-приемников Leica ATX1230 + GNSS и Leica GX1230 + GNSS

Наименование характеристики	Спутниковая геодезическая аппаратура Leica ATX1230 + GNSS	Спутниковая геодезическая аппаратура Leica GX1230 + GNSS
Тип приемника	Двухчастотный	
Количество каналов	72	
Принимаемые сигналы	GPS, ГЛОНАСС, Galileo	
Режимы измерений	Статика, кинематика, кинематика в реальном времени (RTK), дифференциальный кодовый (DGPS), навигация	
Допустимое СКО измерений в режиме «Кинематика в реальном времени (RTK)», не более: <ul style="list-style-type: none"> <li>• в плане</li> <li>• по высоте</li> </ul>	$(10 + 1 \times 10^{-6} D)$ мм $(20 + 1 \times 10^{-6} D)$ мм где D – измеряемое расстояние, мм	
Диапазон рабочих температур	от -40 °С до + 65 °С	
Время работы батарей	до 10 часов	
Питание	Сменные аккумуляторные Li-Ion батареи	
Масса компонентов, кг	0,34 (приемник), 0,42 (радиомодем), 0,68 (контроллер), 1,0 (антенна), 0,19 (аккумулятор)	1,28 (приемник), 0,42 (радиомодем), 0,56 (контроллер), 0,5 (антенна), 0,21 (аккумулятор)
Программное обеспечение	Leica SmartWorx	
Защита от пыли и влаги	IP67	

## 5 Камеральные работы

Программное обеспечение Leica Geo Office. Программное обеспечение Leica Geo Office (LGO) предназначено для обработки и хранения данных съемки, выполненной GPS-приемниками, тахеометрами либо цифровыми нивелирами.

Для импорта GPS-измерений используются модули Project Management (Организация проектов), Raw Data Import (Импорт необработанных измерений) и Coordinate System Management (Менеджер систем координат). Обмен данными с тахеометром Leica производится при помощи модуля Data Exchange Manager.

Поскольку данные GPS были получены в режиме реального времени, при котором их обработка и применение координатных систем происходит прямо в поле, то камеральные работы в LGO сводятся к импорту GPS-измерений и преобразованию их в местную систему координат.

Для загрузки проектных точек в полевой приемник используется модуль ASCII Import (Импорт в формате ASCII), позволяющий импортировать координаты из ASCII-файлов в проект LGO.

Дальнейшая обработка импортированных в LGO GPS и тахеометрических измерений сводится к работе в программе Excel и сохранению конечных продуктов в формате txt, совместимым как с AutoCADом, так и с комплексом Credo, где можно продолжить камеральную обработку данных.

На рисунке 11 показана процедура создания нового проекта в ПО LGO.

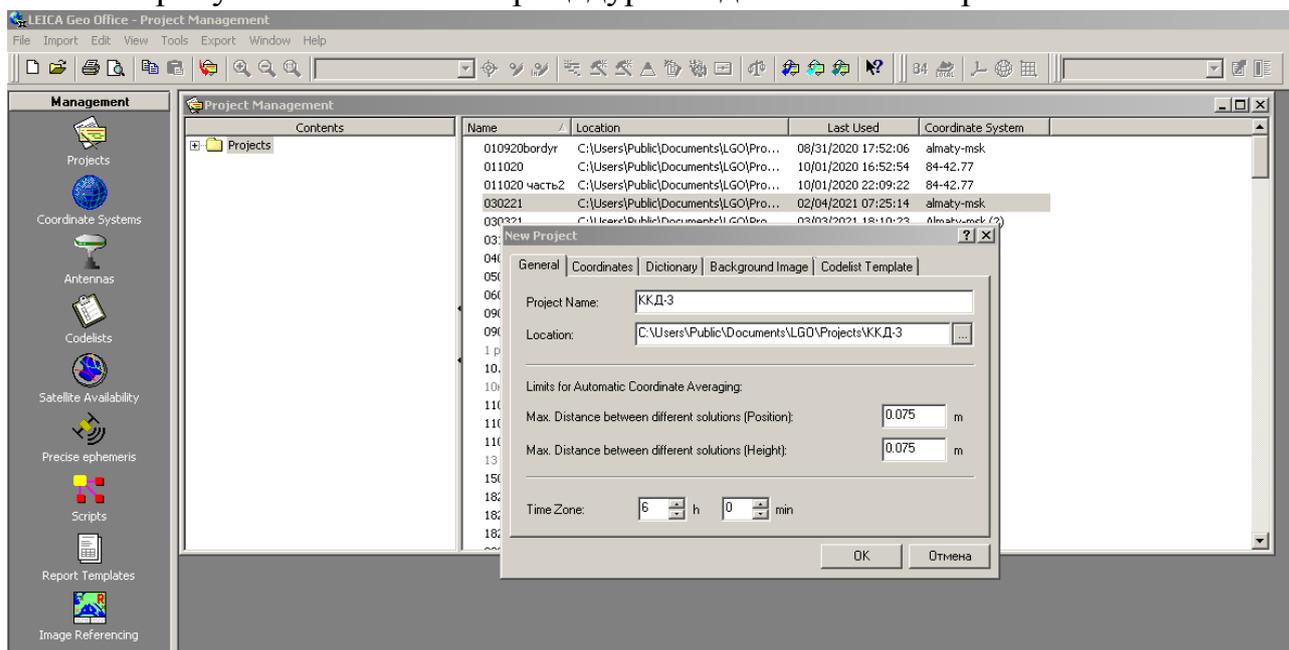


Рисунок 11 – Создание нового проекта через модуль Project Management в программе LGO

Программа AutoCAD. Программа AutoCAD предназначена для двухмерного проектирования, инженерной графики, черчения, трехмерного моделирования и визуализации. Широкое применение программа получила в машиностроении, строительстве, архитектуре и в других областях знаний.

Большим преимуществом системы является возможность последующего формирования электронного архива чертежей и подшивок листов.

Программа AutoCAD предоставляет возможности для создания проектной документации и оформления геодезических исполнительных схем и цифровых моделей местности. Для целей оформления исполнительной документации используются дополнительные пакеты инструментов МенюГЕО и EZYsurf.

На рисунке 12 представлен фрагмент генплана, редактируемый в программе AutoCAD.

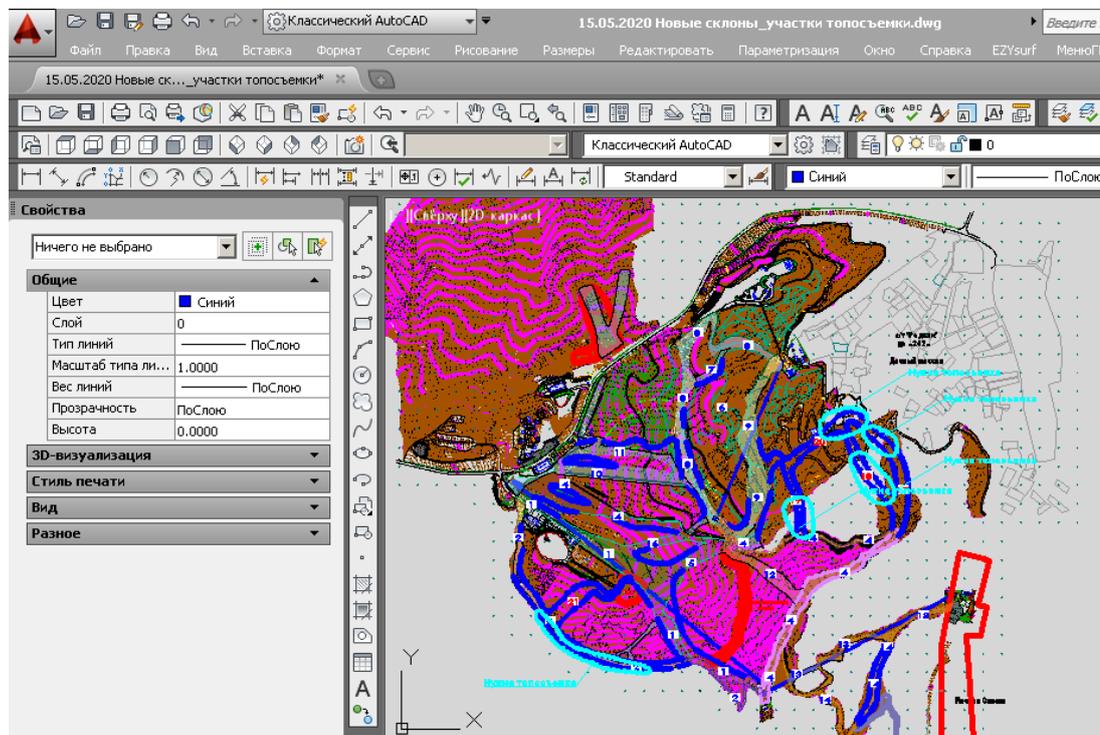


Рисунок 12 – Работа с генпланом в программе AutoCAD

Система CREDO\_DAT. Система CREDO\_DAT используется для автоматизации расчетной части инженерно-геодезических работ и обеспечивает импорт координат и «сырых» измерений в форматах электронных регистраторов либо из текстовых файлов, ввод данных из традиционных ведомостей и журналов, обработку измерений и строгое уравнивание геодезических сетей, выполнение различных расчетных задач, экспорт результатов в файлы формата DXF, TOP и прочее.

Система CREDO\_DAT может использоваться как самостоятельно, так и в составе комплекса CREDO.

Перед расчетом объемов земляных масс в CREDO\_MIX необходимо преобразовать файлы txt в файлы открытого обменного формата типа TOP и ABR в CREDO\_DAT, используемые для обмена данными между системами CREDO.

На рисунке 13 изображен процесс создания файла открытого обменного формата типа TOP и ABR.

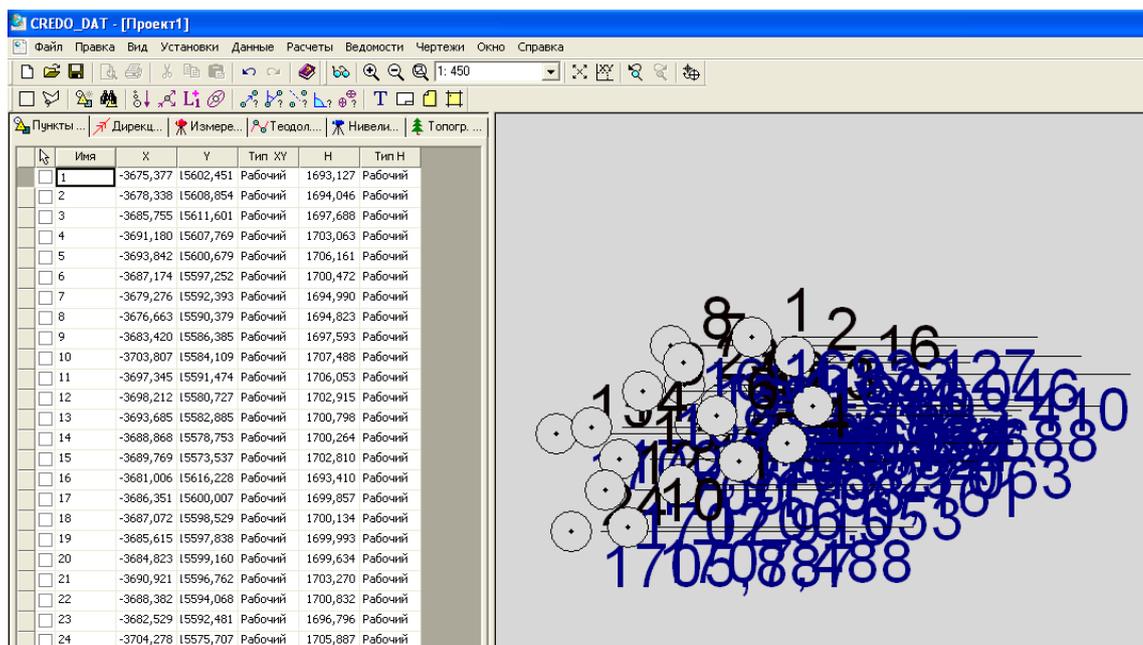


Рисунок 13 – Создание файла TOP в системе Credo\_DAT

Система Credo\_Mix. Система Credo\_Mix является составной частью комплекса Credo и обеспечивает создание и редактирование цифровых моделей местности, интерактивное двухмерное геометрическое проектирование различных строительных объектов, создание трехмерных цифровых моделей на данных точного геометрического проектирования, расчет объемов работ насыпи и выемки между двумя поверхностями, расчетно-графическое редактирование при разработке проектной документации (чертежей, схем и таблиц).

В основу расчета объемов положен метод расчета по призмам. Объемы работ рассчитываются между двумя поверхностями, каждая из которых представлена множеством плоских треугольных граней. Пространство, заключенное между двумя поверхностями, разбивается на конечное число трехгранных призм, основания которых в общем случае наклонные.

Объем насыпи рассчитывается как сумма объемов этих призм, когда проектная поверхность выше исходной.

Объем выемки рассчитывается как сумма объемов призм, когда исходная поверхность выше проектной.

Алгоритмом предусмотрены три способа расчета: в произвольном контуре, по сетке квадратов или по трассе. Способ расчета влияет не на точность, а лишь на представление результатов.

Расчет объемов выполненных земляных работ производится при наличии слоев поверхностей, созданных по результатам исполнительных съемок.

В результате расчета образуется новый слой, в котором будут созданы:

- дополнительные точки с отметкой, равной рабочей отметке;
- линейные объекты, такие как границы нулевых работ;
- текстовые строки с объемами работ;
- треугольники, залитые назначенным цветом насыпи и выемки.

Для выделения характерных форм моделируемой поверхности используются структурные линии, соединяющие точки ЦМР и однозначно определяющие триангулирование участка поверхности. Каждый отрезок структурной линии при формировании ЦМР является ребром треугольника. Структурные линии позволяют однозначно определить характерные формы рельефа: лощины, хребты и т.д.

В процессе расчета объемов земляных работ по устройству котлованов с помощью структурной линии разграничили верх и низ котлована, результат представили в виде сетки квадратов 20x20 м.

На рисунке 14 показан расчет картограммы земляных масс в системе CREDO\_MIX.

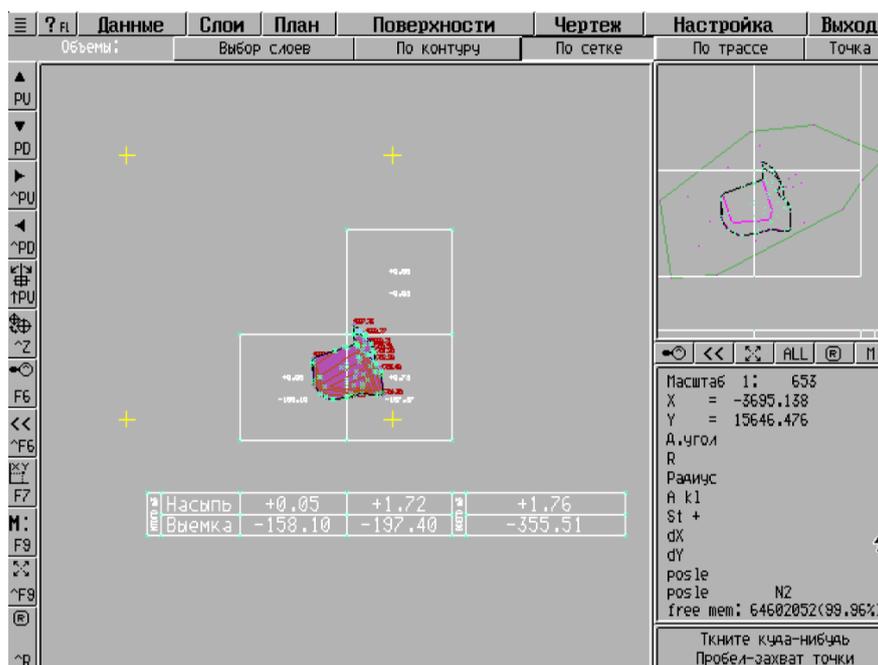


Рисунок 14 – Расчет объемов земляных масс в системе CREDO\_MIX

## 6 Аэрофотосъемочные работы

Аэрофотосъемка участка местности должна производиться при отсутствии облачности ниже высоты съемки, отсутствии неблагоприятных погодных условий (дождя, тумана, снега, порывов ветра выше 10 м/с) и высоте солнца над горизонтом не менее  $20^\circ$  [5], что позволит избежать длинных теней на фотоснимках.

### 6.1 Проектирование полетного задания в приложении DroneDeploy

Полетное задание представляет собой набор команд, выполняемых автопилотом БВС в процессе полета: набор высоты, выход на маршрут, следование БВС по маршруту, срабатывание затвора камеры в рассчитанный момент времени, возврат к точке приземления и т.д.

Мобильное приложение DroneDeploy предназначено для управления дроном по спроектированному полетному заданию (автоматическая полетная миссия), процесс создания которого заключается в создании маршрутных линий и настройке всех параметров полета.

При проектировании полетного задания в приложении DroneDeploy с целью создания ортофотоплана в масштабе 1:500 была задана высота полета 80 м, а остальные параметры были оставлены по умолчанию.

Проектирование полетного задания в мобильном приложении DroneDeploy представлено на рисунке 15.

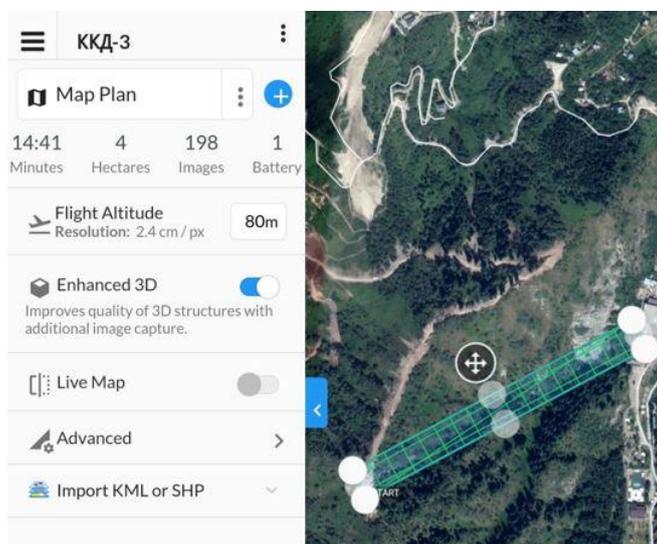


Рисунок 15 – Проектирование полетной миссии в приложении DroneDeploy

### 6.2 Коптер DJI Phantom 4 Pro

Конструктивно коптер Phantom 4 Pro представляет собой практически монолитную пластиковую форму с 4 направляющими лучами, на которых закреплены электрические моторы и пластиковые быстросъемные винты. Из

основного корпуса вниз направлены 2 стойки, между которыми расположен подвес с камерой. Трехосный стабилизатор обеспечивает надежное крепление камеры и может ее наклонять в пределах 120°.

В таблице 4 приведены технические характеристики коптера Phantom 4 Pro.

Таблица 4 – Технические характеристики коптера Phantom 4 Pro

Наименование характеристики	DJI Phantom 4 Pro
Тип двигателя	Электрический
Тип управления	Комбинированный
Максимальная высота полета с точки взлета	500 метров
Максимально допустимая скорость ветра	10 м/с
Дальность полета	До 7 км
Длительность полета	До 30 минут
Режимы управления	P – режим позиционирования; A – режим стабилизации; S – спортивный режим
Формат фото	JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG
Фокусное расстояние объектива камеры	24 мм
Максимальный угол обзора объектива	84°
Масса (с аккумулятором и пропеллерами)	1,388 кг
Диапазон рабочих температур	0 – 40°C
Основная программа для управления квадрокоптером	DJI Go 4
Сфера применения	Потребительская, производство промышленных работ
Достоинства	– способность зависать над точкой; – маленькая площадка для взлета (до 5x5 м); – высокая стабильность полета
Недостатки	– невысокое время полета; – маленькая дальность полета

На рисунке 16 представлен процесс подготовки к полету.

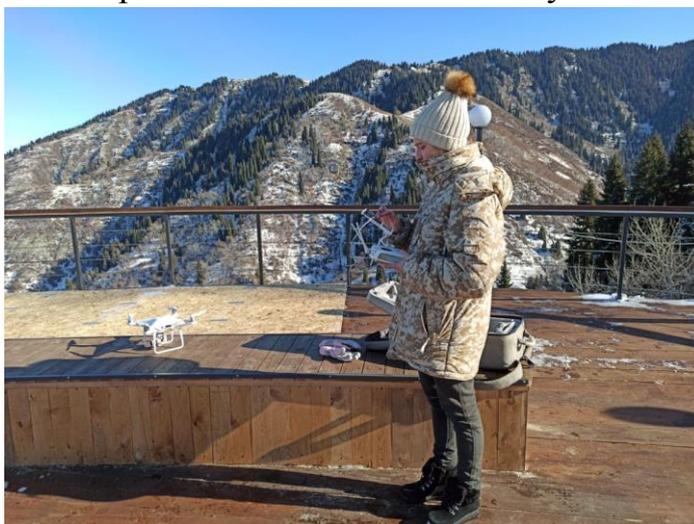


Рисунок 16 – Предполетная подготовка

### 6.3 Программа Agisoft Metashape

Работа с проектом в программе Agisoft Metashape сводится к следующим основным этапам:

1. Загрузка аэроснимков.
2. Обзор загруженных изображений, удаление ненужных кадров, наложение масок на незначимые объекты.
3. Выравнивание снимков, результатом которого является разреженное облако точек в 3D пространстве модели и данные о положении и ориентации камер.
4. Построение плотного облака точек на основе рассчитанных положений снимков, в процессе которого помимо плотного облака точек создаются также карты глубины.
5. Построение карты высот.
6. Построение ортофотоплана.
7. Экспорт результатов.

На рисунке 17 и в приложении В представлен ортофотоплан готового объекта, полученный в результате обработки аэроснимков в программе Agisoft Metashape.

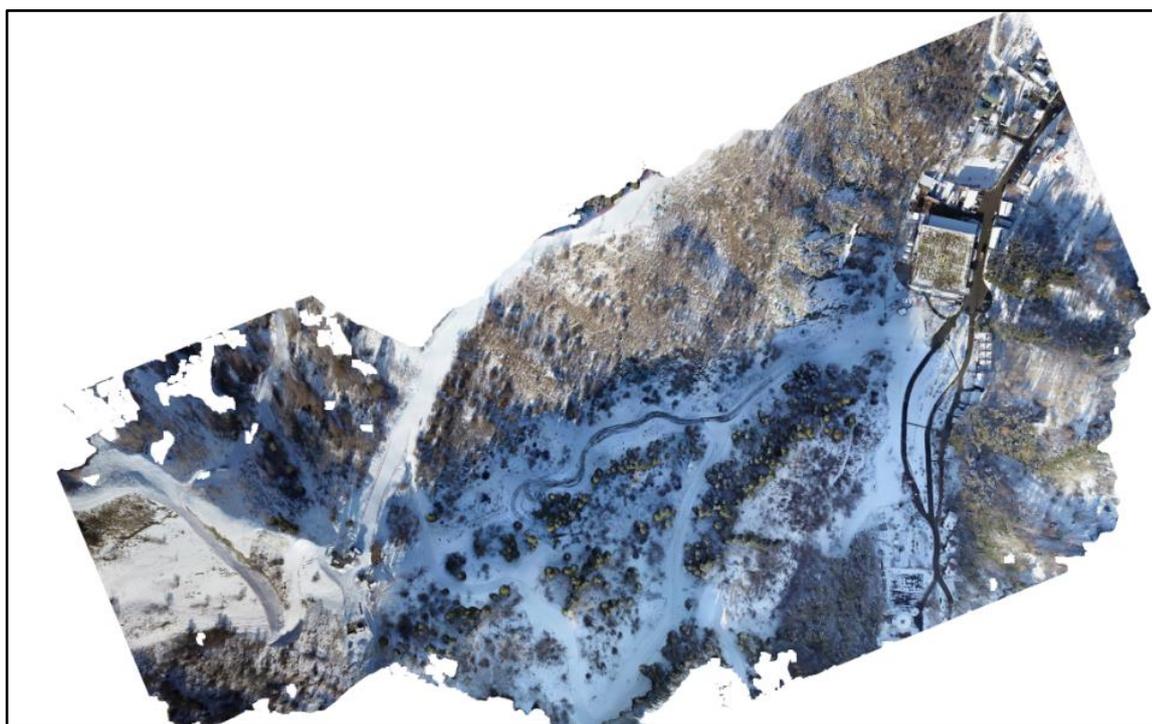


Рисунок 17 – Ортофотоплан построенного объекта

В результате выполнения аэрофотосъемочных работ был получен ортофотоплан построенного объекта и места проведения строительных работ, который был использован в качестве дополнения к исполнительной документации и обновления топографической съемки местности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе был описан комплекс работ, выполненных в процессе строительства канатно-кресельной дороги.

На этапе инженерно-геодезических изысканий согласно техническому заданию и программе инженерно-геодезических изысканий была выполнена топографическая съемка в масштабе 1:500 с сечением горизонталей 0,5 м, в местной системе координат и Балтийской системе высот.

На этапе геодезического сопровождения строительных работ в первую очередь была создана геодезическая разбивочная основа, которая служила для решения двух геодезических задач: прямой и обратной. Все разбивочные работы, за исключением разбивки под котлован, выполнялись электронным тахеометром через прикладную программу Базовая линия либо полярным методом, либо методом перпендикуляров с точностью, соответствующей требованиям СП РК 1.03-103-2013 «Геодезические работы в строительстве». Все элементы строительного объекта после их выноса в натуру регистрировались в исполнительной документации с указанием отклонений от проектных значений.

После окончания строительства объекта были проведены аэрофотосъемочные работы, результатом которых стал ортофотоплан местности. Он послужил и в качестве дополнения к исполнительной документации, и обновлением существующей топографической съёмки местности, а также на его основе был разработан мастер-план по дальнейшему развитию горнолыжного курорта.

При выполнении полевых работ применялось геодезическое оборудование компании Leica, а именно: электронный тахеометр, ровер и базовая станция.

Камеральная обработка результатов полевых измерений проводилась в 5 программных обеспечениях: программа LGO использовалась для скачивания данных с приборов; AutoCAD – для создания топографического плана, оформления исполнительных схем, для работы с генпланом и проектом; Credo\_DAT – для создания файлов открытого обменного формата типа TOP и ABR; Credo\_MIX – для расчета объема земляных масс; Agisoft Metashape – для создания ортофотоплана.

В результате выполнения дипломной работы можно заключить, что качество строительства зависит от трех важных факторов: во-первых, на каждом этапе строительства важно соблюдать установленную точность выполняемых работ, во-вторых, важно проконтролировать планово-высотное положение создаваемой геодезической разбивочной основы, потому что от нее зависит расположение элементов объекта друг относительно друга и в-третьих, многое зависит от личных качеств исполнителя, который обязательно должен быть ответственным, выдержанным и внимательным.

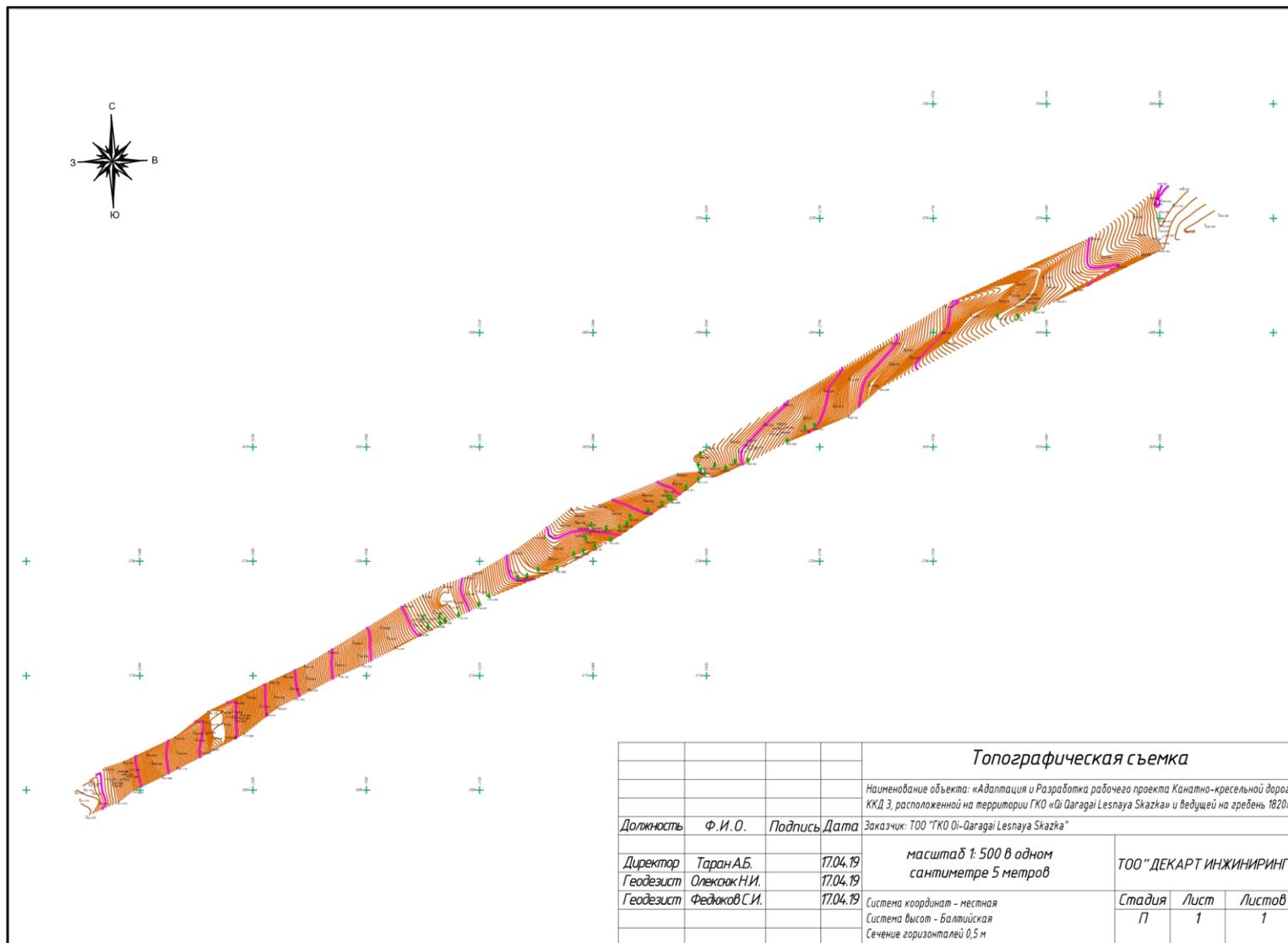
## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гуриков Д.Е. Заилийский Алатау. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 256 с.
- 2 Науменко А.А. Полевая маршрутная практика по физической географии в Илейском (Заилийском) Алатау: учебное пособие-путеводитель для студентов университета. – Алматы: Қазақ университеті, 2013. – 198 с.: ил.
- 3 Медеу А.Р. Селевые явления Юго-Восточного Казахстана: Основы управления. – Алматы, 2011. Т. 1. – 284 с.
- 4 СП РК 1.04-107-2014 Устройство и безопасная эксплуатация пассажирских подвесных канатных дорог (ПККД).
- 5 СП РК 1.02-101-2014 Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Основные положения.
- 6 СП РК 1.02-105-2014 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
- 7 Сытник В.С. Строительная геодезия. М.: Недра, 1974. – 136 с.
- 8 Геодезическое обеспечение строительства: учебное пособие / Н.А. Буденков, А.Я. Березин, О.Г. Щекова. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2011. – 188 с.
- 9 СП РК 5.03-107-2013 Несущие и ограждающие конструкции.
- 10 Григоренко А. Г., Киселев М. И. Инженерная геодезия: Учеб. пособие для строит. техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1983. – 256 с., ил.
- 11 Основные инженерно-геодезические изыскания при строительстве сооружений / Р.В. Загретдинов, Р.В. Комаров, А.Е. Сапронов, М.Г. Соколова. – Казань: Казан. Ун-т, 2020. – 98 с.
- 12 СП РК 1.03-103-2013 Геодезические работы в строительстве.
- 13 Левчук Г.П., Новак В.Е., Лебедев Н.Н. Прикладная геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений. Под ред. Г.П. Левчука. Учебник для вузов. – М.: Недра, 1983. – 400 с.
- 14 Leica FlexLine plus Руководство пользователя
- 15 Leica GPS1200+ Руководство по эксплуатации
- 16 Руководство пользователя программного обеспечения Leica Geo Office
- 17 Руководство пользователя CREDO\_DAT «Система камеральной обработки инженерно-геодезических работ»
- 18 Руководство пользователя CREDO\_MIX «Цифровая модель проекта»
- 19 Руководство пользователя Phantom 4 Pro / 4 Pro+
- 20 Руководство пользователя Agisoft Metashape: Professional Edition, версия 1.6
- 21 Пошаговое руководство: «Построение ортофотоплана и цифровой модели местности (ЦММ) по данным аэрофотосъемки в программе Agisoft Metashape Pro 1.6 (с опорными точками и без)»
- 22 Технология аэрофотосъемки с использованием БЛА – <https://www.coursera.org/learn/bla>

23 Фотограмметрическая обработка материалов аэрофотосъемки с БПЛА  
– <https://www.coursera.org/learn/fotogrammetricheskaya-obrabotka-bpla>

## Приложение А

### Цифровая модель местности





**Приложение В**  
Ортофотоплан места проведения строительных работ

