

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



На правах рукописи

Чахлова Анна Петровна

Совершенствование методики инженерно-геодезических работ
для проектирования и строительства сооружений в горной местности

25.00.32 – Геодезия

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук, профессор
Уставич Георгий Афанасьевич

Новосибирск – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА СОЗДАНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ПЛАНОВ	10
1.1 Анализ методик и устройств создания крупномасштабных топографических планов (тахеометрическая съемка, аэрофотосъемка, сканерная съемка)	10
1.2 Анализ требований нормативных документов к созданию крупномасштабных карт и планов	16
1.3 Постановка задач исследований.....	27
2 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КАНАТНЫХ ДОРОГ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ.....	30
2.1 Физико-географические условия выполнения инженерно-геодезических работ	30
2.2 Требования к проектированию, строительству и эксплуатации канатных дорог в условиях горной местности.....	35
2.3 Разработка методики развития обоснования для обеспечения строительства канатных дорог.....	43
2.4 Технологическая схема создания геодезического обоснования спутниковыми технологиями для строительства канатной дороги.....	50
2.5 Технологическая схема создания геодезического обоснования для строительства канатной дороги методом полигонометрии.....	60
2.6 Особенности производства инженерно-геодезических измерений в условиях горной местности.....	73
3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ И ИНЖЕНЕРНО-ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ.....	77

3.1	Разработка методики развития обоснования для создания крупномасштабных топографических планов масштаба 1 : 500 и 1 : 200 в горной местности	77
3.2	Разработка методики создания топографических планов масштаба 1 : 500 и 1 : 200 с элементами визуализации	82
3.3	Разработка методики создания крупномасштабных инженерно-топографических планов масштаба 1 : 200.	92
3.4	Обоснование необходимости и технологическая схема создания вертикальных топографических планов масштаба 1 : 200 для условий горной местности	103
3.5	Методика задания плоскости и направления вертикального проецирования.....	108
3.6	Схема создания съемочного обоснования при создании вертикальных топографических планов	111
3.7	Задание условной системы координат.....	114
3.8	Методика отображения поверхности склона на отсчетной плоскости	119
3.9	Разработка условных знаков для топографических планов масштаба 1 : 200.....	126
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	136
	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	138
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	139
	ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) СХЕМА ВЗАИМОСВЯЗИ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ ЦИФРОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ.....	153
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) СХЕМА ИСХОДНЫХ ПУНКТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ В РАЙОНЕ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ	154
	ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) СХЕМА ТЕОДОЛИТНЫХ ХОДОВ И ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ.....	155

ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное) СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ ОПОРНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ И ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ РАЗБИВОЧНОЙ ОСНОВЫ.....	156
---	-----

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В связи со значительным расширением строительства инженерных сооружений и их реконструкции в условиях горной местности встает вопрос о соответствующем их геодезическом обеспечении на всех этапах возведения: проектирования, изысканий и строительства. К таким инженерным сооружениям относятся олимпийские и горнолыжные комплексы Российской Федерации, возводимые в предгорьях Кавказа.

Строительство и реконструкция инженерных сооружений в горных условиях предъявляет повышенные требования, в том числе к качеству создания крупномасштабных топографических планов. Это связано с тем, что в условиях горной местности информация об особенностях формы участков земной поверхности в местах возведения инженерных сооружений является одной из основных составляющих в принятии решения в пользу того или иного варианта выбора трассы. Именно рельеф горной местности несет сложную функциональную нагрузку на всех этапах жизни инженерного сооружения. Особенно эта нагрузка должна учитываться на этапе проектирования и изысканий. Значительный объем строительно-монтажных работ (СМР) при наличии скальных пород требует более детального отображения рельефа местности на топографических планах, чем указано в нормативных документах, с целью более достоверного определения объема их разработки, а также для обеспечения проектных организаций дополнительными геометрическими параметрами отдельных участков этих пород. Эти дополнительные геометрические параметры позволяют, при необходимости, как на стадии проектирования, так на стадии строительства в совокупности со строительными чертежами выбрать наиболее оптимальный вариант расположения осей строящихся инженерных сооружений.

Поэтому на данном этапе от геодезического обеспечения требуется максимально возможная информация о рельефе местности. В настоящее время эта информация представляется в основном в виде крупномасштабных топографических планов масштаба 1 : 500, а с 2012 г. – и масштаба 1 : 200, созданных различными

способами. Сложившиеся в настоящее время подходы к геодезическому обеспечению проектирования, изысканий и строительства в условиях горной местности не в полной мере удовлетворяют потребностям строительного производства. Получаемая информация в виде топографических планов масштаба 1 : 500 и даже 1 : 200 не позволяет отобразить в полной мере все многообразие горных форм рельефа с учетом особенностей его детального строения и структурного состояния. Такую информацию можно получить, если выполнять отображение всех форм рельефа необходимого участка горной местности в масштабе 1 : 500 или 1 : 200 с указанием дополнительной информации. Кроме того, выполнение исполнительной съемки в масштабе 1 : 500 в горных условиях также не позволяет в полной мере отобразить ситуацию отдельных участков строительной площадки.

В связи с этим совершенствование методики инженерно-геодезических работ, в том числе, создания крупномасштабных цифровых топографических планов, а также планов исполнительной съемки для целей проектирования, изысканий, строительства и последующей эксплуатации инженерных сооружений в условиях горной местности является актуальной научно-технической задачей.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в развитие теории и практики создания карт и планов различных масштабов на разных этапах их создания различными способами внесли Антипов И. Т., Берлянт А. М., Большаков В. Д., Баранов В. Н., Батраков Ю. К., Верещака Т. В., Витковский В. В., Гук А. П., Жалковский Е. А., Карпик А. П., Конусов В. Г., Кошкарев А. В., Кузнецов П. Н., Лебедев Н. Н., Левчук Г. П., Маслов А. В., Модринский Н. И., Неумывакин Ю. К., Селиханович В. Г., Тикунов В. С., Чеботарев А. С., Шилов П. И., Хлебникова Т. А., Хренов Л. С. и другие.

Цели и задачи исследования. Целью исследования диссертационной работы является разработка и совершенствование методики создания крупномасштабных цифровых планов для геодезического обеспечения проектирования, изысканий, строительства и эксплуатации ответственных инженерных сооружений в условиях горной местности (в том числе, олимпийских объектов в г. Сочи).

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить анализ существующих методик создания крупномасштабных карт и планов, а также результатов исполнительной съемки;
- разработать технологическую схему создания крупномасштабных карт и планов масштабов 1 : 500 и 1 : 200 с элементами визуализации;
- разработать технологическую схему создания цифровых инженерно-топографических планов масштаба 1 : 200 для целей изысканий и строительства сооружений, а также для проведения исполнительных съемок;
- применительно к условиям горной местности разработать методику создания цифровых вертикальных топографических планов;
- для обеспечения строительства в условиях горной местности усовершенствовать методику создания опорной геодезической сети (ОГС);
- применительно к условиям горной местности разработать условные знаки для создания топографических планов масштаба 1 : 500 и 1 : 200.

Объект и предмет исследований. Объектом исследований являются крупномасштабные карты и планы. Предметом исследований является методика создания крупномасштабных планов в условиях горной местности.

Научная новизна результатов исследования:

- в усовершенствованной методике производства инженерно-геодезических работ в условиях горной местности впервые при создании крупномасштабных топографических планов предложено использовать элементы визуализации, создавать цифровые инженерно-топографические планы, в том числе и в вертикальной плоскости, а для повышения их информативности использовать дополнительно разработанные условные знаки;
- для геодезического обеспечения создания крупномасштабных инженерно-топографических планов в условиях горной местности предложена усовершенствованная методика построения опорной геодезической сети.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость работы заключается в обосновании необходимости и в разработке новой методики создания крупномасштабных планов для гео-

дезического и картографического обеспечения проектирования и строительства ответственных инженерных сооружений в условиях горной местности.

Практическая значимость работы заключается в эффективности использования разработанной методики при изысканиях, проектировании и строительстве ответственных инженерных сооружений в условиях горной местности.

Методология и методы исследования. В работе использованы базовые положения методик создания крупномасштабных карт и планов. Теоретические исследования и практическая реализация полученных результатов выполнялись на научной основе с использованием методов математической статистики обработки полученных результатов. В качестве программного обеспечения для расчета точности и обработки полученных результатов использовались программные продукты Microsoft Office Excel, Credo_Dat 4.1, Trimble Geomatics Office.

Положения, выносимые на защиту:

– методика создания цифровых инженерно-топографических планов масштабов 1 : 500 и 1 : 200, которая на этапе изысканий, проектирования и строительства инженерных сооружений в условиях горной местности позволяет значительно уменьшить объем выработок скальных пород;

– усовершенствованная методика создания опорной геодезической сети, которая позволяет в горных условиях с необходимой точностью создавать исходную основу для выполнения крупномасштабных топографических съемок масштабов 1 : 500 и 1 : 200.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует областям исследования: 5 – Методы, технические средства и технологии геодезического обеспечения строительного-монтажных, кадастровых, землеустроительных, проектно-изыскательских, маркшейдерских, геолого-разведочных и лесоустроительных работ, освоения шельфа; монтажа, юстировки и эксплуатации технологического оборудования; 6 – Геодезическое обеспечение изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации крупных инженерных комплексов, в том числе гидротехнических сооружений, атомных и тепловых электростанций, промышленных предприятий, линейных сооружений.

Геодезический контроль ведения технического надзора при строительстве и эксплуатации нефтегазодобывающих комплексов паспорта специальности 25.00.32 – Геодезия, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки РФ по техническим наукам.

Степень достоверности и апробации результатов исследования. Методика выполнения измерений и составления топографических планов масштаба 1 : 200, в том числе вертикальных, а также создание информационной базы данных внедрены в производственный процесс при строительстве канатных дорог в горном кластере г. Сочи.

Основные научные положения диссертационной работы и результаты исследований докладывались, обсуждались и нашли положительные отклики на Международном научном конгрессе «ГЕО-Сибирь», г. Новосибирск, 19–29 апреля 2010 г.; 15–26 апреля 2013 г.; 8–18 апреля 2014 г.; 13–25 апреля 2015 г.; 17-21 апреля 2017 г.

Публикации по теме диссертации. Основные теоретические положения и результаты исследования представлены в 12 научных статьях, в том числе три статьи опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Структура диссертации. Общий объем диссертации составляет 156 страниц машинописного текста. Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка литературы, включающего 114 наименований, содержит 29 таблиц, 42 рисунка, 4 приложения.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА СОЗДАНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ПЛАНОВ

1.1 Анализ методик и устройств создания крупномасштабных топографических планов (тахеометрическая съемка, аэрофотосъемка, сканерная съемка)

Вопрос создания крупномасштабных топографических планов масштаба 1 : 200 освещается в различных работах довольно долгий промежуток времени. При этом поднимается вопрос, не только о точности создания топографических планов, но и о методах, устройствах, способах выполнения поставленных задач, включая вопросы, касающиеся области их применения [94, 104].

Так в работе [104] говорится о том, что с увеличением строительства, реконструкции и прочих проектов, увеличиваются и требования к точности топографических планов, требующих обновления. Кроме того на малозастроенной территории достаточно топографических планов масштаба 1 : 500, созданных на бумажных носителях. Для территорий с большой плотностью застройки, в местах большого количества подземных сетей необходимо не только увеличить масштаб до 1 : 200, но и создавать планы в виде цифровой модели местности, т. к. это позволяет исключить потерю точности планов за счет их перевода в бумажную форму и обратно. Так же в данной работе [104] авторы отмечают, что для автоматизации данного процесса необходимо использовать электронные геодезические приборы, которые также позволят исключить ряд случайных ошибок, в том числе и ошибок за счет человеческого фактора.

В работе [51] приводятся результаты эксперимента применения GPS-приемников при съемке в режиме кинематики «stop&go» на территории города Москвы с использованием одной базовой станции. Результаты измерений показали максимальную среднюю квадратическую ошибку (СКО), равную 6,0 мм при удалении от базовой станции до 336 м. Для создания топографических планов масштаба 1 : 200 СКО положения объектов с четкими контурами, согласно требо-

ваниям нормативного документа [83], не должна превышать 0,5 мм в масштабе плана, что соответствует не более 100 мм на местности. Из результатов исследований можно сделать вывод о том, что для составления топографических планов масштаба 1 : 200 возможно использовать глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС).

Кроме применения электронных тахеометров и ГНСС – технологий, применяемых при топографических съемках [32, 91, 106], все более актуальным на сегодняшний день становится использование наземного лазерного сканирования [26, 29, 38, 39, 41, 55, 77] для выполнения изысканий и топографической съемки, в том числе, совместно с перспективной фотосъемкой [113].

Рассмотрим возможность создания крупномасштабных топографических планов с использованием лазерного сканера на основе исследований, представленных в работах [6, 16, 36, 56, 80, 109, 112] и технических характеристик лазерных сканеров нового поколения (в таблицы 1–4).

Таблица 1– Основные технические характеристики лазерных сканеров Leica Scanstation 2 [88]

Наименование	Значение
Тип инструмента	Импульсный со встроенным двухосевым компенсатором наклона
Точность определения расположения точки	6 мм на 50 м
Точность измерения расстояний	4 мм на 50 м
Угловая точность по вертикали Угловая точность по горизонтали	≈12,4"
Размер лазерного пятна	до 6 мм на 50 м
Максимальное расстояние	300 м при отражении 90 %
Частота сканирования	до 50 000 тчк/с
Диапазон поля зрения по вертикали Диапазон поля зрения по горизонтали	270° 360°

Таблица 2 – Основные технические характеристики наземного лазерного сканера Topcon GLS-1500 [11]

Наименование	Значение
Тип сканера	Импульсный лазерный сканер с двухосевым компенсатором
Класс лазера	Невидимый, 1 класса
Дальность (отражающая способность цели – 90 %)	500 м
Дальность (отражающая способность цели – 18 %)	230 м
Точность измерения расстояния	4 мм / 150 м
Точность угловая	6"
Размер лазерного пятна	6 мм на 40 м
Поле зрения (по вертикали / по горизонтали)	70° / 360°

Таблица 3 – Основные технические характеристики лазерного сканера Z+F IMAGER 5006EX [12]

Лазерная система			
Точность измерения расстояний	Средне-квадратическая ошибка (СКО)		
	Процент отражения		
	100 %	20 %	10 %
50 м	1,8 мм	3,5 мм	6,8 мм
25 м	0,7 мм	1,5 мм	2,6 мм
10 м	0,4 мм	0,7 мм	1,2 мм
Устройство отклонения луча			
Вертикальная система вращения	Зеркало вращения		
Горизонтальная система вращения	Сканер вращается вокруг вертикальной оси		
Вертикальное разрешение сканера	0,001 8°		
Горизонтальное разрешение сканера	0,001 8°		
Точность сканирования по вертикали	0,007° ≈ 25,2"		
Точность сканирования по горизонтали	0,007° ≈ 25,2"		
Скорость выполнения сканирования	до 50 об/с		

Таблица 4 – Основные технические характеристики сканера Leica HDS3000 [45]

Наименование	Значение
Точность определения расположения точки	±6 мм на 50 м
Точность измерения расстояния	±4 мм
Угловая точность	≈12,4"
Размер пятна	6 мм на 50 м
Максимальное рекомендованное расстояние	100 м
Максимальное разрешение сканирования по вертикали	5 000 точек
Максимальное разрешение сканирования по горизонтали	20 000 точек
Диапазон поля зрения по вертикали	270°
Диапазон поля зрения по горизонтали	360°

Рассчитаем величину среднеквадратической ошибки (СКО) положения пикета полярным способом для наихудших случаев показателей точности (по данным таблиц 1–4):

- ошибка измерения расстояния 6,8 мм на максимальном расстоянии 50 м для условий горной местности;
- ошибка угловых измерений, равная 12,4".

Согласно формуле (1) СКО определения положения пикета при съемке полярным способом [4] будет равна

$$m_{\text{пик}}^2 = m_S^2 + \frac{m_{\beta}^2 \cdot S^2}{\rho^2}, \quad (1)$$

где $m_{\text{пик}}$ – ошибка положения пикета, мм;

m_S – ошибка измерения расстояния, мм;

m''_{β} – ошибка измерения угла;

S – величина расстояния до объекта, мм.

После подстановки в формулу (1) значения для наихудших условий измерений, получим формулу (2)

$$m_{\text{пик}}^2 = 6,8^2 \text{ мм} + \frac{12,38''^2 \cdot 50\,000 \text{ мм}^2}{206\,265''^2} = 83,56 \text{ мм}^2, \quad (2)$$

$$m_{\text{пик}} = 9,14 \text{ мм} . \quad (3)$$

Согласно требованиям к точности выполнения топографических планов, обусловленной разрешающей способностью топографического плана, а так же требованиями к съемке, изложенными в [14, 83], предельные ошибки планового взаимного положения закоординированных точек и углов капитальных зданий (сооружений), расположенных до 50 м друг от друга, не должны быть более 0,4 мм в масштабе плана. Соответственно для масштаба 1 : 200 предельная ошибка не должна быть более 80,0 мм.

Величина СКО определения высоты точки относительно точек ближайшего съемочного обоснования при высоте сечения рельефа 0,25 м должна быть не более 79 мм и 104 мм для участков с углами наклона до 2° и от 2° до 10°, соответственно [83].

Отсюда следует вывод, что при наихудших условиях выполнения измерения лазерными сканерами ошибка не будет превышать предельно-допустимое значение, равное 80 мм.

Так же на необходимость создания топографических планов масштаба 1 : 200 указывают и авторы работы [51]. В этой работе рассмотрены вопросы, касающийся точности съемочного обоснования и производства топографической съемки в масштабе 1 : 200. Так, согласно [51] СКО положения пунктов плановой съемочной сети относительно пунктов государственной геодезической сети (ГГС) и государственной спутниковой сети не должны превышать 2,8 см. СКО определения высот пунктов съемочной геодезической сети относительно реперов опорной высотной сети не должна быть больше 0,25 м (для планов масштаба 1 : 200). СКО взаимного положения закоординированных точек и углов капитальных зданий на плане, находящихся на расстоянии до 50 м друг от друга, не должна превышать величины 5.6 см для заданного масштаба. СКО съемки рельефа для местности с высотой сечения 0,25 м не должна быть более 8,8 см при наклоне поверхности до 2° и 11,7 см при наклоне местности от 2° до 10°.

Кроме этого, в работе [51] был выполнен предрасчет максимального расстояния, с которого может производиться съемка. При использовании электронного тахеометра максимальное расстояние до пикета от съёмочной точки не должно превышать 240 м. При этом, если взять прибор с характеристиками $m_s = (5 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot D)$, где D – расстояние в мм, $m_\beta = 5''$, $m_\nu = 7''$. При максимальном расстоянии 240 м ошибка положения пикета, вычисленная по формуле (1) составляет 8 мм. Тогда исходя из формулы (1) взаимного положения пикетных точек получим СКО измерения расстояний равную 38,0 мм, а СКО определения углов – 26". Данные характеристики возможно обеспечить любым современным электронным тахеометром [47].

Рассмотрим также способ создания цифровых моделей местности на основе аэрофотосъемки при помощи беспилотных летательных аппаратов (БЛА) [65] (на примере БЛА серии Supercam S250). Аэрофотосъемку выполняли на трех разных высотах (150; 200; 250 м) при помощи двухчастотного приемника, камеры Sony Alpha ILCE-6000 [65]. После обработки данных были получены следующие результаты ошибок высотного положения точек (таблица 5).

Таблица 5 – Ошибки планово-высотного положения точек цифровой модели местности, полученной по итогам аэрофотосъемки

Наименование показателя	X, м	Y, м	Z, м
Средняя ошибка	0,047	0,074	0,048
СКО	0,068	0,095	0,082
Максимальная ошибка	0,214	0,226	0,384

Кроме данных исследований [65], были проведены исследования по созданию цифровой модели местности крупного масштаба по результатам воздушного лазерного сканирования, применение аэрофотоснимков [53, 27]. Однако, согласно требований [14, 83], данные показатели точности съемки методом аэрофотосъемки с использованием БЛА Supercam S250 на сегодняшний день не подходят для создания топографических планов масштаба 1 : 200.

Следовательно, можно сделать вывод о том, что современные электронные тахеометры, ГНСС-технологии, а так же лазерные сканеры позволяют получить необходимую точность для производства топографической съемки масштаба 1 : 200. Обработка результатов съемки при помощи программных продуктов исключает ухудшение точности за счет отсутствия разрешающей способности, как это было при работе с твердыми носителями; точность обработки будет напрямую зависеть от ошибок при выполнении съемки [31, 78].

1.2 Анализ требований нормативных документов к созданию крупномасштабных карт и планов

На сегодняшний день для целей проектирования, строительства, реконструкции, эксплуатации, демонтажа зданий и сооружений, а также в целях территориального планирования и планировки территорий необходимо выполнять инженерные изыскания.

Согласно требованиям [83] при разработке проектной документации, выполняемые инженерные изыскания должны обеспечить получение:

- информации о природных условиях территории, где планируется осуществлять строительство/реконструкцию объектов, а так же информацию о техногенном воздействии на окружающую среду, и возможности их изменения;
- информации для планового расположения зданий и сооружений, позволяющих принимать конструктивные и объемно-планировочные решения, оценивать наличие опасных процессов, разрабатывать мероприятия, связанные с охраной окружающей среды, составлять проекты реконструкции объектов или организации строительства;
- исходных данных для последующих расчетов фундаментов, оснований, конструкций, проектирования сооружений инженерной защиты, а так же для основания выполнения земляных работ и принятия окончательных решений по проектной документации.

В некоторых случаях возникает необходимость в поэтапном выполнении инженерных изысканий, которые должны быть определены в задании на выполнении работ. В остальных случаях обоснование необходимости в поэтапных инженерных изысканий указывается в программе выполнения работ исполнителем.

Опираясь на требования [83, с. 6]: инженерные изыскания во время эксплуатации, строительства, демонтажа (сноса) сооружений должны обеспечивать:

- получение материалов подтверждающих и/или уточняющих те условия, которые были заложены в проектных решениях;
- геодезический контроль и сопровождение строительства объекта;
- оценку состояния сооружений и зданий, попадающих в зону влияния строительства.

Перечень работ при инженерных изысканиях для целей строительства, методика и способы их выполнения, требования к содержанию отчетной документации по результатам выполненных работ и к объемам самих работ определяются соответствующими нормативно-правовыми и нормативно-техническими документами [83].

К инженерно-геодезическим изысканиям относятся следующие работы:

- создание опорных геодезических сетей;
- создание/обновление топографических планов масштабов 1 : 5 000–1 : 200, включая цифровую форму;
- трассирование линейных сооружений и другое;
- сбор данных прошлых лет (при необходимости).

В техническом задании на геодезические изыскания должны быть представлены требования для формирования результатов инженерно-геодезических изысканий.

При подготовке проектной документации в рамках строительства/реконструкции объектов капитального строительства в результате инженерно-геодезических изысканий должны быть выполнены топографические съемки масштабов 1 : 200–1 : 5 000. При этом масштабы топографической съёмки и высо-

ты сечения рельефа выбирают исходя из условий съемки и конечных целей согласно данным таблиц 6, 7 [83].

Таблица 6 – Зависимость масштаба топографической съемки, выполняемой во время инженерно-геодезических изысканий для целей строительства сооружений, зданий

Назначение сооружений, характеристика участков съемки	Масштаб съемки
Территории с малой застройкой, либо незастроенные с малым количеством надземных и подземных сооружений	1 : 5 000; 1 : 2 000; 1 : 1 000
Участки с большим количеством надземных / подземных сооружений, с плотной капитальной застройкой, территории новых / реконструируемых градостроительных комплексов, жилых кварталов/микрорайонов, групп общественных, жилых зданий на данных территориях	1 : 200; 1 : 500; 1 : 1 000
Трассы линейных объектов на незастроенной территории	1 : 5 000; 1 : 2 000; 1 : 1 000
Трассы линейных объектов на застроенной территории городов, агропромышленных и промышленных предприятий; пересечение/сближение трасс с транспортными и другими коммуникациями и сооружениями; железнодорожные станции	1 : 1 000; 1 : 500
Переходы водных преград	1 : 5 000–1 : 500
Прибрежные площади русел рек, водоемов и водотоков	1 : 10 000–1 : 500
Русла рек при облегченных и подробных русловых съемках	1 : 10 000– 1 : 2 000
Морские проливы, бухты, шельфовая зона морей	1 : 50 000– 1 : 2 000
Примечание – Возможно увеличение или уменьшение масштаба топографической съемки до ближайшего в зависимости от техногенных и природных условий территории будущего строительства, характера проектируемого объекта.	

Таблица 7 – Определение высоты сечения рельефа топографических съемок в зависимости от максимальных преобладающих углов наклона поверхности

Характеристика участка местности с максимальными доминирующими углами наклона	Масштаб съемки				
	1 : 200	1 : 500, 1 : 1 000	1 : 2 000	1 : 5 000	1 : 10 000
Участки с твердым покрытием, спланированные территории с углами наклона поверхности до 2°	0,25; 0,5; м	0,25; 0,5; м	0,25; 0,5; м	0,5; 1,0; м	-

Продолжение таблицы 7

Характеристика участка местности с максимальными доминирующими углами наклона	Масштаб съемки				
	1 : 200	1 : 500, 1 : 1 000	1 : 2 000	1 : 5 000	1 : 10 000
Равнинный с углами наклона поверхности до 2°	0,25; 0,5; м	0,5; 1,0; м	0,5; 1,0; м	0,5; 1,0; м	1,0; 2,0; м
Всхолмленный рельеф с углами наклона поверхности до 4°	-	0,5; 1,0; м	0,5; 1,0; 2,0; м	1,0; 2,0; м	2,0; 2,5; м
Пересеченный рельеф с углами наклона поверхности до 6°	-	0,5; 1,0; м	1,0; 2,0; м	2,0; 5,0; м	2,5; 5,0; м
Предгорный и горный рельеф с углами наклона поверхности свыше 6°	-	1,0; 2,0; м	2,0; 2,5; м	2,0; 5,0; м	5,0; 10,0; м

При этом в нормативных документах [14, 83] регламентируются основные точностные характеристики, предъявляемые к топографическим планам как в плане, так и по высоте (средние или предельные ошибки).

При переходе от средних ошибок к СКО применяется коэффициент 1,25. Предельная ошибка с доверительной вероятностью 0,95 составляет удвоенную СКО или увеличенную в 2,5 раза среднюю ошибку [14, 83].

К инженерно-геодезическим изысканиям относятся работы по созданию опорных геодезических сетей, а также по созданию или обновлению топографических планов масштабов 1 : 5 000–1 : 200, включая цифровую форму представления [83]. Относительно правил оформления инженерных цифровых моделей местности (ИЦММ) в документе [83] указывается, что любая цифровая модель ситуации формируется из площадных, линейных и точечных объектов с обеспечением топологической корректности модели с использованием библиотеки условных знаков, классификаторов, принятых в данном субъекте Российской Федерации или заданных заказчиком в соответствии с техническим заданием. При этом инженерные коммуникации моделируются в их пространственном положении». Однако в документе [83] не обозначено, что подразумевается под топологической корректностью и адекватностью модели рельефа.

Кроме документа [83] ключевые моменты по выполнению топографической съемки и созданию топографических планов описаны в соответствующей инструкции [14]. В данной инструкции [14], в связи с техническим прогрессом, и как следствие усовершенствовании методов и средств измерений, некоторые пункты потеряли свою актуальность (например, мензурная съемка). В результате этого необходимо внести информацию о новых методах и средствах измерений, таких как лазерное сканирование, тахеометрическая съемка электронными тахеометрами [78] и другие современные методы, а так же добавить требования, предъявляемые к точности выполнения работ при создании топографических планов масштаба 1 : 200.

Для понимания основных терминов, а так же требований к процессам формирования, создания и проверке ИЦММ автором диссертационной работы предлагается комплексно рассмотреть нормативно-техническую документацию, представленную в виде блок-схемы в соответствии с приложением А.

Все нормативно-технические документы, представленные в приложении А, тем или иным способом регламентируют требования к составу цифровых картографических материалов, к которому относятся и цифровые топографические планы (ЦТП). Содержание представленных документов включает в себя:

- определения терминов, используемых в цифровой картографии;
- требования к объектам, расположенным на цифровой модели местности (ЦММ);
- различные аспекты контроля качества, согласно которым необходимо осуществлять контроль за процессом создания ИЦММ.

Данные требования направлены в основном на продукцию картографического назначения мелких масштабов от 1 : 10 000 и мельче. Не смотря на это, многие аспекты, отраженные в данных нормативных документах, можно применять и при составлении топографических планов крупных масштабов. Для обоснования данного утверждения рассмотрим подробно данные нормативно-технические документы [18–24, 62, 63].

Так в документе [19] описываются основные требования к пространственным данным, входящим в состав ЦММ, а также требования к процессу создания и обновления. Основными методами и средствами создания ЦММ являются:

- аэро-, космическая съемка и их цифровая фотограмметрическая обработка;
- наземная топографическая съемка и ее цифровая обработка;
- оцифровка уже существующих картографических материалов;
- автоматизированная генерализация топографической информации ЦММ более крупных масштабов.

При этом все исходные материалы должны быть достоверны и актуальны.

Кроме того на всех этапах составления ЦММ происходит оценка качества данных, в том числе проводится контроль исходных данных, используемые при создании ЦММ [31].

При использовании как ЦММ, так и топографических планов, для обеспечения актуальной информацией, обновление топографических планов и ЦММ необходимо осуществлять оперативно и с необходимой периодичностью (исходя из целей и местоположения объекта). При этом все объекты ЦММ должны быть закодированы в соответствии с классификацией и представлены в зависимости от геометрических форм в одном из пяти типов: точечные, линейные, полигональные, поверхность и подпись. В нормативном документе [18] все объекты ЦММ подразделяются по таким параметрам, как:

- по характеру локализации:
 - 1) точечные;
 - 2) линейные;
 - 3) площадные;
 - 4) подпись;
- по сложности формирования цифрового описания (простые и сложные);
- по характеру ориентирования относительно системы координат (стандартно и нестандартно ориентированные).

Все характеристики, задающие деление по данным параметрам описаны в [18] путем определения характера локализации, представления метрики, семантики, пространственно-логических связей объектов.

Все объекты, наносимые на ЦММ должны соответствовать каталогам объектов местности согласно требованиям нормативного документа [22].

Так же в нормативном документе [19] заданы требования к координатным данным и топологическим отношениям объектов ЦММ. Под топологическим отношением понимается зависимость связи координат одной или нескольких общих точек двух объектов:

- соседство – совпадение координат каждой точки одного полигона с координатами точек другого полигона, находящегося в пространственной связи;
- вложенность – один из объектов находится внутри полигона, не выходя за его границы;
- совмещение – на совпадающих участках линейных объектов одинаковые координаты данных точек;
- пересечение – в точке пересечения двух объектов одинаковые координаты точек;
- примыкание – в точке примыкания примыкающие объекты имеют одинаковые координаты;
- продолжение на смежном листе – один и тот же объект на границе перехода смежных листов ЦММ должен иметь общие точки.

На каждом этапе создания ИЦММ необходимо выполнять контроль качества продукции. Контроль качества, согласно требованиям [19], [20] разделяется на следующие этапы:

- контроль исходных материалов, используемых при создании или обновлении ЦММ;
- контроль, непосредственно, в процессе создания или обновлении ЦММ;
- контроль после завершения создания или обновления ЦММ;
- контроль при приемке ЦММ отделом технического контроля;

– контроль при передаче готовых материалов в соответствующие надзорные органы;

– контроль в процессе преобразования ЦММ (при необходимости) с учетом требований пользователя или заказчика.

Весь контроль качества производят согласно требованиям документов [14, 22, 83].

Основными показателями качества, согласно требованиям [63], являются: правильность определения объекта, точность, полнота, логическая согласованность структуры объектов, и логическая согласованность представления объектов цифровой топографической карты (ЦТК). Все перечисленные показатели относятся к категории количественных.

Оценке уровня качества подвергаются следующие параметры [63]: полнота оценка качества (характеризуется наличием паспорта ЦТК и правильностью его заполнения), полнота объектного состава ЦТК.

Под полнотой объектного состава подразумевается обнаружение излишне введенных или пропущенных объектов. Единичный показатель полноты объектного состава [63] не должен быть более 0,1 % от общего количества данных и вычисляется по формуле (4)

$$V_k = \frac{k_1+k_2}{K} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где V_k – единичный показатель качества полноты ЦТК, %;

k_1 – избыточно введенные объекты;

k_2 – пропущенные объекты;

K – общее количество объектов в данных ЦТК.

Кроме полноты объектного состава также оценивается полнота характеристик объектов, так же избыточно введенных или пропущенных. Для определения единичного показателя качества полноты характеристик [63] используется формула (5)

$$V_n = \frac{n_1+n_2}{N} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

где V_n – единичный показатель качества полноты характеристик ЦТК, %;

n_1 – избыточно введенные характеристики;

n_2 – пропущенные характеристики;

N – общее количество характеристик, присвоенных объектам данной ЦТК.

Единичный показатель полноты характеристик объекта не должен быть более 0,1 % от общего количества объектов.

Оценка точности положения объектов ЦТК, согласно требованиям [22], обусловлена СКО, относительно расположения объекта на исходном картографическом материале и не должна превышать 0,1 мм в масштабе ЦТК. В связи с тем, что данный документ [22] разработан для картографического материала масштабов 1 : 10 000 и мельче, то соответственно, для цифровых топографических планов рекомендуется использовать значения, указанных в документе [83].

Так же существует оценка правильности объектов ЦТК, под которой понимается правильность/ошибочность присвоения кодов по системе классификации объектов. Для вычисления единичного показателя качества идентификации объектов [63], который не должен превышать 0,1 % от всего количества объектов, используют формулу (6)

$$V_m = \frac{m}{K} \cdot 100 \%, \quad (6)$$

где V_m – единичный показатель качества правильности идентификации объектов ЦТК, %;

m – объекты с ошибочно присвоенными кодами;

K – общее количество объектов в данных ЦТК.

Еще одним параметром оценки качества ЦТК является «правильность определения характеристик объектов ЦТК» [61, с. 16], с ошибочно определенными ко-

личественными и качественными значениями. Единичный показатель данного параметра не должен превышать 0,2 % и рассчитывается по формуле (7)

$$V_i = \frac{i+q}{N} \cdot 100 \%, \quad (7)$$

где V_i – единичный показатель качества правильности определения характеристик с ошибочно определенными количественными и качественными характеристиками ЦТК, %;

i – ошибочно присвоенные значения качественных характеристик;

q – ошибочно присвоенные значения количественных характеристик;

N – общее количество характеристик в данных ЦТК.

Соответствие единичного показателя общего объема объектов с ошибками и определения связей, направлении оцифровки, метрического сопоставления объектов и выполнении других правил цифрования рассчитывается по формуле (8) и не может превышать 0,2 % от общего количества объектов [63]

$$V_j = \frac{J}{K} \cdot 100 \%, \quad (8)$$

где V_j – соответствие единичного показателя общего количества объектов с ошибками и определения связей, метрической согласованность объектов, направлении цифрования и выполнении других правил цифрования, %;

J – количество объектов с ошибками в метрической согласованности объектов, направлении цифрования, определении связей и выполнении других правил цифрования и другое;

K – общее количество объектов в данном ЦТК.

Единичный показатель соответствия объектов ЦТК системе классификации и кодирования так же оценивается значением характеристик объектов, выявлением кодов объектов, не предусмотренных классификацией и кодированием для данного масштаба. Единый показатель соответствия объектов ЦТК не должен

превышать 0,1 % от общего количества объектов ЦТК и рассчитывается по формуле (9)

$$V_r = \frac{r+h+s}{R+H+S} \cdot 100 \%, \quad (9)$$

где V_r – единичный показатель соответствия объектов ЦТК системе классификации и кодирования так же оценивают значение характеристик объектов, выявлением характеристик объектов, их кодов и не предусмотренных классификацией и кодированием для данного масштаба;

r – количество непредусмотренных кодов;

h – количество всех непредусмотренных характеристик;

s – количество всех непредусмотренных значений характеристик;

R – общее количество кодов, значения, атрибуты в системе классификации и кодирования;

H – суммарное количество характеристик в системе кодирования и классификации;

S – суммарное количество значений характеристик в данной системе классификации согласно требованиям документа [63].

Качественные показатели оценки данных цифровых карт (ЦК) представлены в документах [23, 62].

Все объекты, отображаемые на ЦТК должны соответствовать требованиям, предъявляемым системе классификации, кодирования, цифрового описания и форматов обмена пространственными данными и т.п. Основные требования к системе классификации и кодирования, а так же требования, предъявляемые к цифровому описанию (описание семантики, метрики, подписей), представлены в документах [18, 20]. При этом каталог объектов местности, с определениями и атрибутивными характеристиками, используемый при создании ЦММ для корректного составления классификаторов и каталогов на каждую ЦММ подробно представлен в документе [23].

На основе выполненного анализа можно сделать следующие выводы:

- исходя из основных требований нормативно-технических документов, регламентирующих процесс, качество, содержание объектов ЦММ получается, что большинство данных документов регламентирует требования по созданию цифровых топографических карт;
- единственным действующим документом, который предъявляет требования к точности создания ЦТП крупных масштабов, включая 1:200 является документ [83];
- так как в связи с технологическим прогрессом создание крупномасштабных топографических планов вытесняет создание с помощью туши и пера «вручную» топографических планов, то необходимо внести соответствующие поправки в существующие нормативно-технические документы с учетом масштабов создания ЦТП;
- за основу нормативно-технической базы по требованиям, предъявляемым к процессу создания, качественному, количественному содержанию, контролю качества и других параметров ЦТП предлагается взять документацию, используемую при создании ЦТК; так как принципиальных отличий процесса создания, точности, количественных данных и содержания не существует.

1.3 Постановка задач исследований

Исходя из рассмотренного в 1.2 анализа современного состояния вопроса создания крупномасштабных карт и планов, была произведена постановка задач исследований, которые будут рассмотрены в диссертационной работе:

- *обосновать необходимость и разработать технологическую схему создания крупномасштабных карт и планов масштабов 1 : 500 и 1 : 200 с элементами визуализации.* В настоящее время основным топографическим материалом, который применяется на промплощадке при строительстве инженерного сооружения, является план масштаба 1 : 500, а в некоторых случаях и масштаба 1 : 200. Однако в горных условиях точность и информативность планов данных масшта-

бов не в полной мере удовлетворяет требованиям, предъявляемым при проектировании и строительстве инженерных сооружений. Выполнение данного исследования преследует собой цель повысить информативность топографических планов масштаба 1 : 500 и 1 : 200 путем внесения элементов визуализации, особенно для горных условий;

– *разработать методику создания инженерных топографических планов масштаба 1 : 200 для целей строительства и для проведения исполнительных съемок.* В настоящее время при проектировании, изыскании и строительстве инженерных сооружений используются отдельно топографическая основа и строительные чертежи. Применительно к сложным условиям, например горной местности, возникла необходимость в создании топографических планов масштаба 1 : 200, которые включают в себя элементы топографической основы и строительных чертежей; эти планы можно назвать инженерно-топографическими;

– *разработать методику создания вертикальных топографических планов масштаба 1 : 200 для условий горной местности.* Также в настоящее время при проектировании, изыскании и строительстве инженерных сооружений используются топографические планы, основная информативность которых относится к горизонтальной составляющей участка земной поверхности. Применительно к горным условиям сечение горизонталей, даже самое минимальное, в значительной степени не отражает фактическую форму участка земной поверхности, например высокий обрыв, боковую поверхность скалы, ущелье и т. д. В связи с этим возникла необходимость в отображении в определенном масштабе вертикальных участков указанных форм рельефа с целью составления проекта выработки объема скальных пород при производстве строительных работ;

– *усовершенствовать методику создания ОГС для обеспечения выполнения топографической съемки масштабов 1 : 500 и 1 : 200 и для целей строительства.* В условиях горной местности создание опорной геодезической сети для создания крупномасштабных планов и для обеспечения строительства и последующего производства исполнительных съемок сопряжено со значительными трудно-

стями. Выполнение данного исследования преследует собой цель разработать оптимальную схему создания обоснования для решения указанных задач;

– *дополнительно к существующим условным знакам разработать знаки для топографических планов масштабов 1 : 500 и 1 : 200 с целью отображения некоторых форм рельефа в условиях горной местности.* Существующие условные знаки не могут отобразить все многообразие ограниченных форм рельефа, которые в условиях горной местности на отдельных участках строительства инженерного сооружения оказывают существенное влияние. В связи с этим возникла необходимость в разработке условных знаков для топографических планов масштаба 1 : 500 и 1 : 200 с целью повышения их информативности.

2 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КАНАТНЫХ ДОРОГ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ

2.1 Физико-географические условия выполнения инженерно-геодезических работ

Площадка строительства, на которой производилась разработка схемы создания крупномасштабных топографических планов для проектирования, изысканий и строительства инженерных сооружений в горных условиях, расположена на южных склонах Главного Кавказского хребта в 6,5–10 км северо-восточнее пос. Красная Поляна Краснодарского края и в 2–6 км северо-восточнее с. Эсто-Садок Адлерского района города Сочи на территории Сочинского национального парка.

Работы проводились в пределах особо охраняемой территории со спецрежимом (при наличии соответствующего уведомления от эксплуатирующей организации), в условиях горной местности с высотами от 550 до 1 660 м над уровнем моря, залесенной, плохо проходимой местностью, с крутизной склонов от 15° до 50°, с наличием оползневых процессов.

Согласно требованиям [86], для пунктов, не указанных в таблицах, расположенных в прибрежных районах морей и крупных водохранилищ, а так же в местностях с абсолютной отметкой более 500 м, климатические параметры следует определять по данным Научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН), Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова или по данным территориальных управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета. В соответствии с этим, по климатическому районированию для строительства район производства работ относится к подрайону II Б [86].

По географическому расположению рассматриваемый район работ находится в контрастной климатической зоне. Рельеф района работ и непосредственная

близость теплого Черного моря создают благоприятные условия для формирования на данной территории своеобразного климата. Атмосферные осадки обильно выпадают на юго-западном макросклоне горной системы в связи с ее расположением на пути переноса влажных воздушных масс с запада на восток.

Температурный режим почвы, в большей степени, чем температура воздуха, подвержен влиянию локальных микроклиматических факторов, прежде всего – состояния поверхности почвы, её типа, механического состава, влажности, растительного покрова и т. д.

Основные климатические показатели района работ представлены в таблице 8 (по данным Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Северо-Кавказского территориального управления по гидрометеорологии Государственного учреждения «Специализированного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей»).

Таблица 8 – Климатические показатели атмосферной циркуляции

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
1	2	3
1. Климатические характеристики:		
– температурный режим:		
среднегодовая температура воздуха	°С	+10,1
средняя минимальная температура воздуха наиболее холодного месяца	°С	-2,4
средняя максимальная температура воздуха самого жаркого месяца	°С	+27,3
продолжительность периода с положительными температурами	день	340
–осадки:		
среднее количество осадков за год	мм	1904
в теплый период	%	65
в холодный период	%	35
среднегодовое число дней с грозами	день	41

Продолжение таблицы 8

1	2	3
–ветровой режим:		
среднегодовая скорость ветра	м/с	1,8
–туманы:		
среднее число дней с туманом	день	38
2. Аэроклиматические характеристики:		
повторяемость штилей	%	20
3. Температура поверхности почвы:		
–среднегодовая температура воздуха	°С	+10,1
- средняя минимальная температура почвы наиболее холодного месяца	°С	–2
- средняя максимальная температура почвы	°С	+25

Крутизна исследуемого участка переменная, от очень пологих террасообразных участков (уклон до 5°) до крутых (уклоны до 35°–40°), лежащих между ними. Участок изысканий задернован, частично покрыт лесом из ольхи, бука, редко каштана.

Эрозионно-гравитационные склоны с активным и умеренным коллювиальным сносом прослеживаются в полосе 700–800 м вдоль подножия левого склона долины реки Мзымта. Они крутые (более 30°), имеют высоту до 300–350 м. Эрозионные склоны характерны также для бортов овражной сети прорезающей северный склон хребта Аибга. Для них характерна значительная крутизна более 30°, изрезанность мелкими бороздами. Склоны вогнутые или прямолинейные, обычно задернованные или же покрыты мелким кустарником. В пригребневой части местами наблюдаются выходы на поверхность коренных пород.

Эрозионно-оползневые склоны крутизной от 5° до 30° развиты на сланцевом субстрате плинсбаха–тоара. Поверхность таких склонов выпукло-вогнутая, с выраженными оползневыми ступенями, задернованная, местами пораженная мелкими оползнями-основами. Мощность смещенных грунтов до 10–15 м.

Оползневые тела приурочены к мощным делювиальным шлейфам. Микро-рельеф оползневых тел ступенчатый, часто с вторичными оползневыми срывами и с активной мелкой овражно-балочной сетью с глубиной вреза 1–3 м. Крупные оползневые тела сейсмогравитационного типа, вероятно, связаны с региональными геологическими разломами.

Гидрогеологические условия данной территории характеризуются распространением сезонной верховодки, грунтовых вод делювиально-оползневых и оползневых отложений и тесно связанных с ними подземных вод трещиноватой зоны кровли коренных пород.

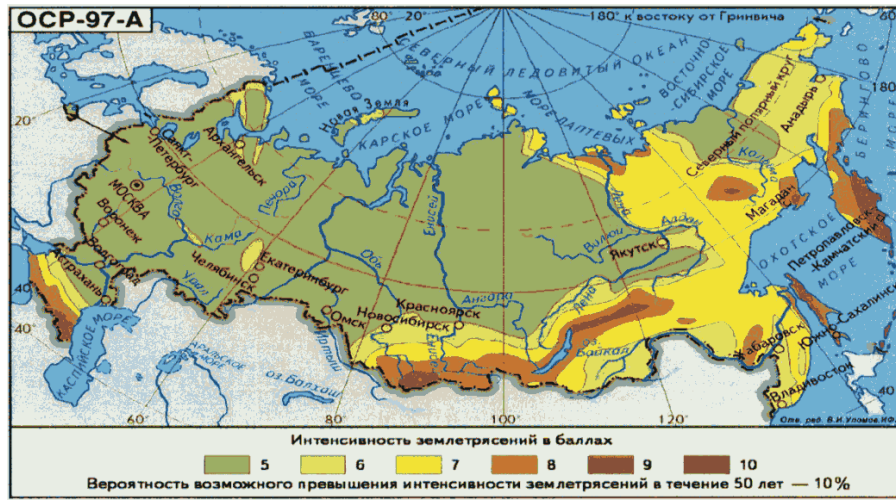
«Верховодка» питается атмосферными осадками. Формируется «верховодка» в рыхлой приповерхностной толще, подверженной попеременным сезонным усыханию и увлажнению. Водоупором для «верховодки» служат плотные суглинистые разности.

Колебания уровня по сезонам незначительны, около 0,5 м, что обусловлено наличием хорошей гидравлической связи с рекой, колебания уровня в которой, за исключением паводков, незначительны. Паводки же, учитывая их обычную кратковременность и инерционность, повышают уровень незначительно и, в основном, вблизи русла реки Мзымта.

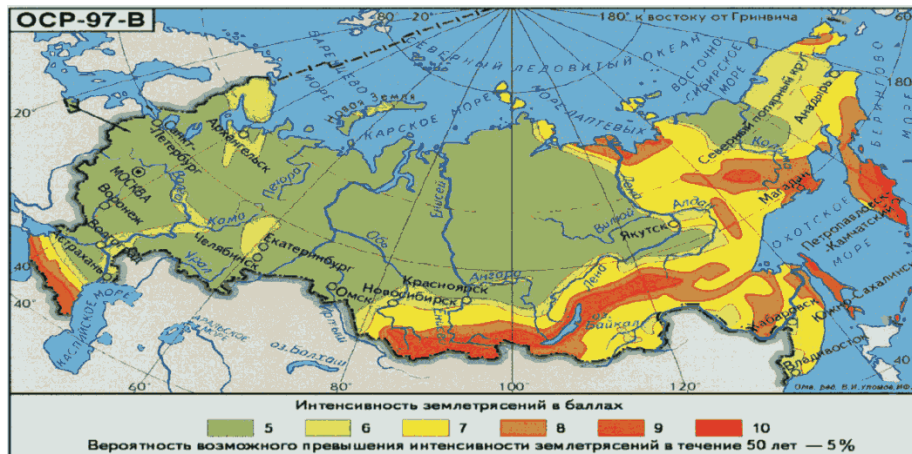
Грунтовые воды делювиально-оползневых отложений приурочены к глинистым отложениям. Грунтовые воды распределены весьма неравномерно, благодаря разной уплотненности отложений и расчлененности рельефа. Питание горизонта осуществляется как за счет инфильтрации атмосферных осадков, так и за счет перетекания из нижележащего горизонта. В засушливый период года на водораздельных участках грунтовые воды данного горизонта могут отсутствовать.

Участок проектируемого строительства имеет высокую сейсмичность, согласно [81] и [92] для средних грунтовых условий (II категория) интенсивность землетрясений в баллах сейсмической шкалы MSK-64 и трех степеней сейсмической опасности – А (10 %), В (5 %), С (1 %) в течение 50 лет по карте ОСР-97 для данной площадки оценивается в восемь баллов (карта А) (в соответствии с рисун-

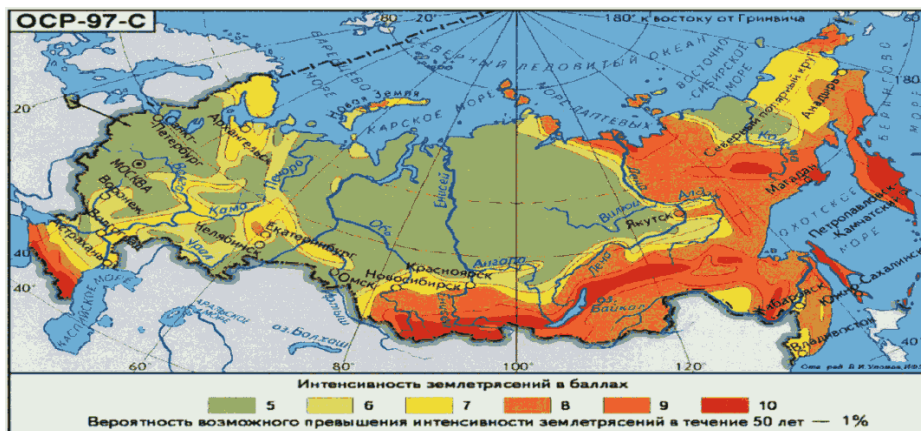
ком 1, а), карта В девять баллов (в соответствии с рисунком 1, б) и карта С – 10 баллов (в соответствии с рисунком 1, в).



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Карты сейсмического районирования Российской Федерации:

а) карта ОСР-97-А; б) карта ОСР-97-В; в) карта ОСР-97-С

К неблагоприятным физико-геологическим процессам на исследуемой территории относятся оползневые процессы, линейная и плоскостная эрозия, медленное смещение глинистых пород на склоне в зоне аэрации (крип), сейсмичность территории, трещиноватость пород коренной основы.

2.2 Требования к проектированию, строительству и эксплуатации канатных дорог в условиях горной местности

При строительстве, монтаже, наладке, обслуживании и ремонте канатной дороги (КД) техническая документация должна содержать в себе:

- параметры отдельных элементов КД (зажимы, приводы, канаты, подвижной состав, натяжные устройства, тросса, тормоза, нагрузки), основные технические данные о КД;
- профиль и план КД с данными о любых пересечениях с линиями инженерных коммуникации, транспортной инфраструктуры, другими КД;
- поперечные сечения по оси КД в масштабе 1 : 50 или 1 : 100 на станциях и по всей трассе в местах прохождения мимо построек и препятствий естественного и искусственного характера с нанесением габаритов сближения;
- комплект рабочих чертежей на все элементы обеспечения работы канатной дороги;
 - техническое описание;
 - руководства по монтажу/демонтажу/эксплуатации;
 - паспорт канатной дороги;
 - документы, подтверждающие качество (сертификаты / паспорта) на все имеющееся оборудование и металлоконструкции;
 - сведения о лавиноопасности района;
 - план работ при возникновении аварийных ситуаций [71].

В комплект документации по бугельным буксировочным канатным дорогам (ББКД) должен входить:

- паспорт ББКД (с указанием предельных параметров длины, перепада высот и производительности) вместо паспорта канатной дороги;
- пояснительная записка [7].

Дополнительно состав технической документации для строительства КД должен содержать следующие основные характеристики для наземных канатных дорог, подвесных пассажирских канатных дорог (ППКД) и буксировочных канатных дорог (БКД):

- продольный профиль и расчет надземной части строения;
- расчет нижнего строения трассы;
- величины углов наклона и опорных усилий прилегания тягового каната на поддерживающих конструкциях;
- усилия натяжения канатов
- габариты приближения строений;
- углы наклонов канатов и опорные усилия прилегания на поддерживающих конструкциях;
- максимальной мощности привода и требуемого тормозного усилия;
- величины провесов [7].

При строительстве КД одними из основных характеристик, точность которых необходимо обеспечить во время строительства канатных дорог, являются геометрические параметры, габаритные размеры сооружений и их конструктивных частей, которые в дальнейшем обеспечивают безопасность эксплуатации канатных дорог.

При приемке железобетонных конструкций контролируют допустимые отклонения, приведенные в таблице 9, если допуски специально не оговорены в проекте [84].

Таблица 9 – Допустимые отклонения железобетонных конструкций

Отклонения	Величины допускаемых отклонений, мм
Линий пересечения плоскостей и самих плоскостей от вертикали или проектного наклона для всей высоты конструкции для фундаментов	±20

Продолжение таблицы 9

Отклонения	Величины допускаемых отклонений, мм
Горизонтальных плоскостей по всей плоскости проверяемого участка	±20
Отклонение поверхности бетона от проектной поверхности при проверке 2-х метровой рейкой по месту, за исключением опорных поверхностей	±5
Элементов в пролете или длине	±20
Анкерные болты:	
– плановое положение внутри контура опоры	+5
– плановое положение вне контура опоры	+10
– отклонение по высоте	+20
Различие отметок на стыке двух смежных поверхностей	+3
Привязки поперечных и продольных осей колодцев и фундаментов	±20
Плановых размеров колодцев	+20
Плановых размеров уступов и отметок уступов в колодцах	-20
Осей закладных деталей (плановое положение)	±10

При устройстве фундаментов необходимо придерживаться требований, указанных в таблице 10, если иные требования не предусмотрены проектом (согласно требованиям нормативного документа [84]).

Таблица 10 – Отклонения фактических размеров положения фундаментов под металлоконструкции якорей, станций, опор от проектных

Замеряемые отклонения и величины	Величина допустимого отклонения, мм
Расстояния между поперечными осями фундаментов станции и соседней опоры или фундаментами двух соседних опор	200 мм
Параллельное смещение продольной оси фундамента (групп фундаментов) опоры или станции КД относительно разбивочной оси канатной дороги для значения меньшего пролета L Закрывать внизу	0,0005 мм · L м, но не более 50 мм

Продолжение таблицы 10

Замеряемые отклонения и величины	Величина допустимого отклонения, мм
Непараллельность продольных осей фундаментов относительно разбивочной оси канатной дороги: <ul style="list-style-type: none"> – для линейных опор – для станции 	6 мм на 1 м, 3 мм на 1 м, но не более 20 мм на всю длину фундамента
Расстояние между осями фундаментов одной опоры, станции	10 мм
Расстояние от оси фундамента станции или опоры мачтового типа до оси фундамента якоря расчалок	100 мм
Расстояние до оси фундамента якоря сетевых канатов от оси фундамента опоры	100 мм
Параллельное смещение осей фундаментов якорей, расположенных по оси канатной дороги, относительно разбивочной оси канатной дороги при расстоянии от оси якоря до оси опоры S: <ul style="list-style-type: none"> – якоря сетевых канатов – якоря расчалок и якоря несущих канатов 	0,001 мм · S м, но не более 100 мм 0,001 мм · S м, но не более 50 мм
Отметки верха фундаментов отдельно стоящих опор и станций при сумме значений смежных пролетов до 200 м	50 мм, на каждые дополнительные 100 м прибавляется 10 мм
Отметки верха фундаментов станций, примыкающих к сооружениям, с которыми они связаны	10 мм
Разность отметок отдельных фундаментов одной опоры, станции	10 мм
Отметки фундаментов сетевых канатов и якорей расчалок	100 мм
Непараллельность опорных поверхностей фундаментов относительно проектного положения	2 мм на 1 м
Угол заделки наклонных анкерных болтов, якорей, рам в любой из плоскостей	1° или 17 мм на 1 м
Расстояние между анкерными болтами в одном узле: <ul style="list-style-type: none"> – при частично залитых болтах – при полностью залитых болтах 	±10 мм ±5 мм
Длина выступающей части анкерного болта(с учетом последующей подливки)	+20 мм
Глубина колодцев для анкерных болтов	±50 мм

Отклонения отметок установки оборудования, конструкций, расположения

анкерных болтов для их крепления на станциях канатных дорог, входящих в состав железобетонных конструкций, не должны превышать значений, данных приведенных в таблице 11 [84].

Таблица 11 – Отклонения отметок установки оборудования, конструкций, расположения анкерных болтов для их крепления на станциях канатных дорог, выполненных в железобетоне от проектных

Замеряемые отклонения и величины	Значения допускаемых отклонений, мм
Железобетонные балки в местах крепления (отметка низа)	+10
Консоль колонны (отметка верха)	-10
Оси группы анкерных болтов (смещение в плане относительно разбивочных осей)	±5
Расстояние между анкерными болтами в одном узле	±2
Фундамент привода относительно привязочных осей (смещение в плане)	±20
Пол станции (отметка)	От минус 20 до +10
Закладные детали (отметка)	±10

Для установки механического оборудования допускаемые отклонения значений размеров и высотных отметок фундаментов указаны в таблице 12 [84].

Таблица 12 – Допустимые отклонения фактических значений от проектных высотных отметок и размеров фундаментов для установки механического оборудования

Замеряемые отклонения и величины	Значения допускаемых отклонений, мм
Привязочные размеры поперечных и продольных осей фундаментов и осей анкерных болтов, колодцев	±20
Основные размеры (плановое положение)	±30
Отметка верха поверхности фундамента (без учета высоты подливки)	-30
Размер уступов (плановое положение)	-20

Продолжение таблицы 12

Замеряемые отклонения и величины	Значения допускаемых отклонений, мм
Размеры колодцев для анкерных болтов (плановое положение)	+20
Отметки уступов в выемках и колодцах	-20
Плановое положение оси анкерных болтов	±5
Глубина анкерных болтов, колодцев	±50
Плановое положение оси закладных анкерных устройств	±10
Отметки верха торцов анкерных болтов	+20

Кроме железобетонных работ, при строительстве канатных дорог производят монтаж металлоконструкций. Как правило, это опоры канатных дорог. При этом монтируемые металлоконструкции должны соответствовать техническим требованиям, указанным в детализированных чертежах данных конструкций и их элементов, техническим условиям на их изготовление и требования [5].

Допустимые отклонения фактического расположения смонтированных металлоконструкций от проектных не должны превышать значений, приведенных в таблице 13 [7].

Таблица 13 – Допустимые отклонения смонтированных металлоконструкций от проектного положения

Замеряемые отклонения и величины	Допустимое отклонение
Продольное и поперечное отклонения оси поясов и ствола станции мачтового или башенного типов при высоте h над фундаментом проверяемой точки	$0,001 \text{ мм} \cdot h \text{ м}$, но не более 50 мм
Продольное и поперечное отклонение верха опоры канатной дороги	100 мм

Кроме монтажа металлоконструкций значительную роль играет и монтаж технологического оборудования канатных дорог, которые зависят от типа канатных дорог.

После монтажа технологического оборудования проводят испытания, при удачном завершении которых вводят канатную дорогу в эксплуатацию [84].

Кроме основных требований, описанных ранее, для канатных дорог выдвигаются дополнительные требования в зависимости от их типа.

Требования к ППКД.

Ось ППКД должна быть прямолинейна в плане. В плане разрешается отклонение каната на опоре не больше [7]:

- 17' для несущих канатов;
- 30' для несуще-тяговых канатов.

Расстояние между подвижным составом ППКД при его отклонении внутрь колеи на $11^{\circ}30'$:

– для одноканатных дорог с кольцевым движением неотцепляемого и отцепляемого подвижного состава:

- 1) 1 м в пролете длиной до 200 м;
- 2) $(1 + 0,2)$ м на каждые дополнительные (полные или неполные) 100 м в пролете длиной более 200 м;

– для двухканатных дорог с маятниковым движением и с кольцевым движением отцепляемого подвижного состава:

- 1) 1 м для пролетов длиной до 300 м;
- 2) $(1 + 0,2)$ м на каждые дополнительные (полные или неполные) 100 м в пролете длиной более 300 м [5].

Требования к буксировочным канатным дорогам (БКД) и ББКД.

Буксировочная дорожка должна быть смонтирована таким образом, чтобы в случае остановки канатной дороги или падения одного пассажира все остальные пассажиры могли быстро и самостоятельно покинуть БКД по линии подъема.

Длина ББКД в плане не должна быть более 300 м, а для самой дорожки должна быть обеспечена ее полная видимость с конечных станций.

Продольный уклон буксировочной дорожки не должен быть более следующих значений:

- для ББКД:

- 1) 14° у шкивов;
 - 2) 22° на линии;
- для БКД:
- 1) 30° с одноместными буксировочными устройствами;
 - 2) 26° с двухместными буксировочными устройствами [71].

С двухместными буксировочными устройствами продольный уклон БКД возможно увеличить до 30° на отдельных участках [71].

Для буксировочной дорожки поперечный уклон не допускается.

Ширина дорожки для буксировки не должна быть менее:

- 2,0 м у одноместных БКД;
- 2,5 м у двухместных БКД [7].

Данная ширина должна быть увеличена на 0,5 м во впадинах и на мостах.

При поперечном раскачивании буксировочных устройств по отношению к неподвижным частям дороги максимальное значение угла раскачивания не должно быть более $11^\circ 30'$ [7].

После окончания строительства и монтажа технологического оборудования производят ввод КД в эксплуатацию. Для этого владелец КД производит экспертизу промышленной безопасности КД проверяет наличие и комплектность документации, необходимой для ввода в эксплуатацию.

Эксплуатация КД должна осуществляться в соответствии с эксплуатационной документацией и требованиями документа [7]. Безопасность эксплуатации КД подтверждается регулярными регламентными работами, которые включают в себя:

- профилактическое обслуживание;
- проверку и ежегодные ревизии;
- текущий ремонт.

Кроме требований, предъявляемых к качеству строительства нормативно-техническими документами необходимо оценивать качество инженерно-геодезических работ во время строительства на всех этапах от изысканий до ввода в эксплуатацию [5, 110].

2.3 Разработка методики развития обоснования для обеспечения строительства канатных дорог

Для условий горной местности геодезическая разбивочная основа (ГРО) на строительной площадке или в непосредственной близости от объекта строительства необходимо создаваться в виде сети закрепленной знаками геодезических пунктов. Места их закладки должны обеспечивать их сохранность в течение всего периода строительства. При этом с помощью ГРО в любое время должна быть обеспечена возможность определения геометрических параметров (осей) положения здания (сооружения) на местности, а также, согласно требованиям, приведенным в нормативном документе [85], обеспечения выполнения дальнейших построений и измерений с необходимой точностью в течение всего периода строительства. Рассмотрим кратко эти требования.

Геодезическую разбивочную основу для обеспечения строительства необходимо создавать с ее привязкой к имеющимся в районе строительства пунктам ГГС или к пунктам сети, имеющей координаты и отметки в системе координат того субъекта Российской Федерации, в которой будет производиться строительство.

Геодезическую разбивочную основу для строительства также следует создавать с учетом:

- размещения инженерных сетей и зданий (сооружений) на строительной площадке как проектируемых, так и существующих;
- обеспечения последующей сохранности знаков ГРО;
- физико-географических, геологических процессов в районе строительства, оказывающих отрицательное влияние на стабильное положение и сохранность пунктов;
- использования создаваемой ГРО в процессе эксплуатации построенного объекта, его расширения и реконструкции.

Работы при развитии ГРО для целей строительства необходимо производить в соответствии с требованиями проекта производства геодезических работ

(ППГР), составленных на основе генерального плана и плана строительства инженерного сооружения [85].

В результате выполнения геодезических разбивочных работ должны быть оформлены каталоги координат и отметок исходных пунктов, разбивочные чертежи, проектных и фактических координат и отметок, пояснительная записка, чертежи геодезических знаков [34, 35].

Разработку проекта (чертежа) развития геодезической разбивочной основы с целью обеспечения строительства необходимо проводить в порядке и в соответствии со сроками, соответствующими принятым стадиям проектирования и очередям строительства конкретного инженерного сооружения.

Схему расположения пунктов ГРО необходимо составлять в том же масштабе, что и масштаб генерального плана строительной площадки.

Построение ГРО для строительства можно производить методом спутниковых определений координат в системах МСК-СРФ, триангуляции, линейно-угловыми построениями, путем решения обратной линейно-угловой засечки, полигонометрии и другими методами, обеспечивающими необходимую точность в соответствии с требованиями, приведенными в таблице 14 [13, 85].

Таблица 14 – Требования к точности построения геодезической разбивочной основы

Характеристики объектов строительства	Величина среднеквадратической ошибки построения разбивочной сети строительной площадки			Предельная ошибка взаимного положения смежных пунктов геодезической сети плоских прямоугольных координат в системе МСК-СРФ, X; Y, мм	Плотность пунктов опорной геодезической сети в незастроенной, застроенной территории, шт.
	Угловые измерения, "	Линейные измерения, мм	Определение превышения на 1 км хода (отметок смежных реперов), мм		
Группы зданий, сооружений, предприятия на участках площадью более 1 км ² ; отдельно стоящие сооружения, здания с площадью застройки более 100 тыс.м ² .	3"	$1/25\ 000$ или $(2 + 10 \cdot 10^{-6} \cdot S)$ мм	3 (10)	50	16 (4)
Группы зданий, сооружений, предприятия на участках площадью менее 1 км ² ; отдельно стоящие сооружения, здания с площадью застройки от 10 до 100 тыс.м ²	5"	$1/10\ 000$ или $(5 + 10 \cdot 10^{-6} \cdot S)$ мм	6 (5)	30	9
Отдельно стоящие сооружения и здания с площадью застройки менее 10 тыс м ² ; инженерные сети, дороги в пределах застраиваемых территорий.	10"	$1/5\ 000$ или $(10 + 10 \cdot 10^{-6} \cdot S)$ мм	10 (5)	20	4 (16); для сетей и дорог пункты располагать не реже чем через 100 м, параллельно осям трасс и в точках резкого излома трасс
Дороги, инженерные сети вне земляные сооружения, застраиваемых территорий; в том числе вертикальной планировки	30	$1/2\ 000$ или $(20 + 10 \cdot 10^{-6} \cdot S)$ мм	5 (10)	50	Для дорог и сетей – те же показатели, что и в п.3; для вертикальной планировки, земляных сооружений - согласно ППГР и картограмме земляных работ.

Разбивочная сеть на строительной площадке создается для целей выноса в натуру главных, основных разбивочных осей сооружений, зданий, для выполнения исполнительных съемок, а так же в последующем для наблюдения за осадками и деформациями.

Плановая разбивочная сеть на строительной площадке должна создаваться в виде:

- красных или других линий регулирования застройки;
- путем свободного размещения пунктов с решением обратной линейно-угловой засечки;
- строительной сетки (с размерами сторон 50; 100; 200 м и т. п.).

Внешняя разбивочную сеть здания (сооружения) должна быть создана в виде геодезической сети, пункты у которой служат для закрепления основных и главных разбивочных осей сооружения.

Для обеспечения строительства трасс дорог, коммуникаций и других линейных объектов, разбивочная сеть должна создаваться в виде линий, параллельных прокладываемым трассам, с закреплением в местах, обеспечивающих их долговременную сохранность [85].

Для строительной площадки, а так же внешней разбивочной сети нивелирные сети должны создаваться в виде нивелирных ходов, опирающихся как минимум на два репера исходной геодезической сети.

При этом пункты как нивелирных, так и плановых разбивочных сетей желательно совмещать [85].

При развитии разбивочной основы с использованием спутниковых навигационных приемников глобальной спутниковой навигационной системой (ГЛОНАСС) или глобальной системы позиционирования (GPS) базовые пункты сети желательно располагать в тех местах, где применение спутниковых технологий и методов измерений обеспечивает необходимую точность (таблица 15) [79, 85].

Разбивочные работы во время строительства сооружений, линейных объектов должны обеспечивать вынос в натуру их осей и отметок реперов с заданной

точностью, которая определена проектной документацией [5, 35, 85].

Все разбивочные работы для строительства следует проводить координатными методами с таким учетом, чтобы все выносимые точки имели координаты в осевой системе основного объекта строительства (здания, сооружения, трассы) и местной системе координат.

Точность разбивочных работ в процессе строительства должна приниматься согласно данным таблицы 15 [85].

Таблица 15 – Требования к точности разбивочных работ

Виды работ	Значения среднеквадратической ошибки при измерениях				Предельная погрешность взаимного положения габаритных осей, выносимых в натуру зданий и сооружений, участков трасс дорог и коммуникаций в пределах 1 км, мм (после уравнивания сетей и ходов).	
					Плановое положение, мм	Высотное положение, мм
1. Вынос в натуру габаритов сооружений, зданий, надземных и подземных коммуникаций, трасс дорог от пунктов ГГС, ходов и сетей, имеющих отметки и координаты в системах координат субъектов РФ (МСК-РФ)	Линейные измерения 1/5000 или $\pm(2+2 \cdot 10^{-6} \cdot S)$ мм	Измерение углов 10"	Определение отметок реперов, СКО на 1 км двойного хода, 2 мм или 5 мм		5	10
2. Определение превышений на станции нивелирования, взаимного положения смежных осей	2 мм				-	-
3. Перенос точек по вертикали на высоту Н шаговым методом *	15 м 1 мм	90 м 2 мм	150 м 3 мм	240 м 5 мм	-	-
4. Передача отметок на высоту Н* шаговым методом	15 м 3 мм	30 м 4 мм	90 м 7 мм	150 м 9 мм	240 м ** 11 мм	-
5. Разметка монтажных ориентиров при монтаже металлических конструкций, мм *	0,5				-	-
6. Разметка ориентирных рисков для монтажа сборных железобетонных конструкций на секциях сооружения, здания длиной до 30 м, мм *	1,0				-	-
7. Точность определения отметок на монтажном горизонте секции сооружения, здания длиной до 30 м, мм	2,0				-	-
* Если иная точность не указана в проектах [17].						
** При Н > 240 м точность определяется с помощью специальных расчетов.						

Продолжение таблицы 15

Виды работ	Значения среднеквадратической ошибки при измерениях	Предельная погрешность взаимного положения габаритных осей, выносимых в натуру зданий и сооружений, участков трасс дорог и коммуникаций в пределах 1 км, мм (после уравнивания сетей и ходов).	
		Плановое положение, мм	Высотное положение, мм
8. Точность планового определения положения осей дорог (ось дорог, откосы, кюветы, дренажные сооружения и др.) относительно проектного, мм	20	-	-
9. Точность определения фактических величин продольных, поперечных уклонов дорог от проектного значения, мм. То же, от проектного значения, %	5 10	-	-
10. Точность выноса в натуру знаков при вертикальной планировке, разработке земляных выемок, траншей, насыпей, дноуглубительных работах от проектных: – по высоте, мм; – в плане, мм-	20 50	-	-
Примечание – Точность измерений линий углов отметок, превышений, выноса в натуру осей (габаритов) зданий (сооружений), в том числе осей трасс коммуникаций и дорог указаны при выполнении работ в условиях городской застройки на пунктах внутренней геодезической основы. Точности измерений указываются в ППГР при работе на незастроенных территориях.			

Перед выполнением разбивочных работ необходимо проверить положение знаков внешней разбивочной сети здания (сооружения) и знаков, определяющих местоположения линейных объектов при помощи повторных измерений элементов сети. Особенно это актуально в районе с возможными оползневыми процессами и сейсмически-неустойчивых районах, как правило, это районы горной местности.

Согласно требованиям нормативного документа [85] предельные (максимально-допустимые) отклонения δ вычисляются по формуле (10)

$$\delta = t \cdot m, \quad (10)$$

где t – величина, равная 2,0; 2,5; 3,0 (указывается во время разработки ППГР)»;

m – СКО, принимается по таблице 14 [85].

Исходя из требований таблиц 14, 15 возможно рассчитать СКО для геодезических работ при развитии разбивочной сети, а затем и при разбивочных работах.

Так объекты строительства горнолыжного комплекса, расположенного на горе Псехако согласно таблице 14 относятся к предприятиям и группам зданий (сооружений) на участках площадью более 1 км². Соответственно, допустимое отклонение δ будет равно 50 мм. Тогда величина t , согласно ППГР, будет равна 2.

Исходя их формулы (10) среднеквадратическая ошибка взаимного положения пунктов не должна превышать значений, полученных по формуле (11)

$$m_{x, y} = \pm 50 / 2 = \pm 25 \text{ мм.} \quad (11)$$

Величина СКО определения высотного положения, согласно требований таблицы 14, не должна быть более чем 3,0 мм на 1 км хода.

Для разбивочных работ, согласно требованиям, приведенным в таблице 14, максимальное отклонение в плане не должно быть более 5,0 мм, а по высоте – не более 10,0 мм. Тогда СКО измерений в плане не должна превышать значения, полученного по формуле (12)

$$m_{x, y} = \pm 5 / 2 = \pm 2,5 \text{ мм,} \quad (12)$$

а по высоте СКО измерений не должна превышать значений, полученных из формулы (13)

$$m_H = \pm 10 / 2 = \pm 5,0 \text{ мм.} \quad (13)$$

2.4 Технологическая схема создания геодезического обоснования спутниковыми технологиями для строительства канатной дороги

Создание геодезического обоснования необходимо для строительства канатной дороги в районе горнолыжного курорта «Роза-Хутор» и оно разрабатывалась в соответствии с требованиями технического задания, предъявляемым к точности положения пунктов опорной сети и графика выполнения строительномонтажных работ (СМР) на объекте, а так же с учетом требований, изложенных в документах [5, 14, 83, 85]. Кроме того, на разработку технологической схемы создания геодезической строительной сети существенное влияние оказали следующие основные факторы:

- физико-географические условия района выполнения изысканий;
- потребность наличия пунктов ГРО в непосредственной близости к возводимым опорам канатных дорог;
- конфигурация расположения сохранившихся пунктов ГГС и пунктов сгущения;
- необходимость поэтапной выдачи результатов геодезических работ для обеспечения строительства.

В связи с тем, что застраиваемая территория расположена в горной местности со слабой геодезической изученностью района работ, возникла ситуация недостаточной плотности ГГС в районе строительства. В связи с этим необходимо было выполнить сгущение сети ГГС до необходимой плотности числа пунктов согласно требованию документов [83], [85]. С учетом опыта развития планово-высотной геодезической сети в горных условиях [42, 58, 59, 87, 100], результатов исследований [43, 64, 68, 74, 79], и требований, предъявляемых в [13] основным методом сгущения сети ГРО был принят метод спутниковых определений. Это связано с тем, что имел место достаточно большой перепад высот (разность отметок верхней и нижней станций канатной дороги достигала 2 000 м), а так же большая площадь залесенной территории площадки будущего строительства. В данных условиях был учтен опыт выполнения геодезических работ, приведенных

в работах [50, 75]. Все эти факторы предполагают наличия большого количества переходных точек при развитии полигонометрических ходов, что ведет за собой накопление систематических ошибок и случайных ошибок, а также личных ошибок, которые будут влиять на точность развития ОГС. Кроме методов спутниковых определений для сгущения ГРО и развития ОГС применялась методика полигонометрических ходов и геометрического нивелирования.

За исходные пункты ГГС были приняты шесть пунктов триангуляции III, IV классов, 1 разряда (см. приложение Б).

Спутниковые измерения, в зависимости от условий наблюдений, выполнялись сетевым методом в режиме «Статика» [13, 42] двумя приемами длительностью продолжительностью 2–6 ч (в зависимости от условий наблюдений). Наблюдения выполнялись в два приема с изменением высоты антенн между приемами. Принципиальная схема определения плановых координат пунктов ОГС представлена в приложении Б.

При выборе оборудования ГНСС для проведения наблюдений учитывались следующие факторы:

- для проведения наблюдений на базисах длиной свыше 56 км допустимо использовать только двухчастотные фазовые приемники геодезического класса, имеющих как минимум 12 каналов по каждой частоте, а так же внутреннее программное обеспечение, оптимизированное для проведения статических измерений, учета состояния ионосферы и позволяющее подавлять влияние многолучевости;

- СКО вектора в сети с помощью ГНСС должна быть не более 15 мм;

- СКО планового положения пункта в сети после уравнивания должно быть не более 10 мм;

- СКО определения векторов вертикальных смещений пунктов для расчета деформаций земной поверхности должна быть не более 15 мм;

- СКО определения векторов горизонтальных смещений относительно исходных пунктов должна быть не более 10 мм [42].

Предварительная оценка точности спутниковых измерений была выполнена двумя способами.

В первом способе согласно теории ошибок, а так же документов и литературы [2, 4, 8, 13, 15], ошибки планового положения отдельного пункта сети, координаты которого определялись ГНСС-технологиями, вычислялись по формуле (14)

$$M_i = \sqrt{R_i^2 \cdot M_{MES}^2 + M_{TR}^2 + M_C^2}, \quad (14)$$

где R – коэффициент, значение которого определяют исходя из условий радиовидимости (при идеальной радиовидимости $R=1$);

M_{MES} – ошибка измерений (инструментальная ошибка), мм;

M_C – ошибка центрирования спутникового приемника и измерения его высоты, мм;

M_{TR} – ошибка трансформирования, обусловленная ошибкой взаимного положения трансформационных пунктов, мм.

Так же по теории ошибок [4] значение M_{MES} будет вычислено из выражения (15)

$$M_{MES} = \sqrt{m_{xi}^2 + m_{yi}^2 + m_{zi}^2}, \quad (15)$$

где m_{xi}, m_{yi}, m_{zi} – ошибки определения геоцентрических координат пункта, мм.

По результатам теоретических работ и натурных исследований получим величины, представленные в формуле (16)

$$m_x \approx m_y \approx 0,5m_z \approx m_s, \quad (16)$$

где m_s – величина инструментальной ошибки измерения базовых линий, $\pm(5 + 0,5 \cdot D \cdot 10^{-6})$ мм, где D – измеренное расстояние, мм.

Тогда при условии принципа равных влияний по формуле (17) получим значение M_{MES}

$$M_{MESi} = \sqrt{m_{si}^2 + m_{si}^2 + 2m_{si}^2} = \sqrt{4m_{si}^2} = 2m_{si}. \quad (17)$$

Величины инструментальных ошибок для наших пунктов приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Величины инструментальных ошибок

Базовая линия		Длина, км	m_s - инструментальная ошибки в плане, мм
Направление			
Пункт триангуляции Черешня	ОП-100	35,67	22,8
	ОП-102	35,85	22,9
	ОП-104	35,45	22,7
Пункт триангуляции Богушовка	ОП-100	43,02	26,5
	ОП-102	44,16	27,1
	ОП-104	44,49	27,2
Пункт триангуляции Утес	ОП-100	38,37	24,2
	ОП-102	38,87	24,4
	ОП-104	38,68	24,3
Пункт полигонометрии № 5252	ОП-100	2,90	6,4
	ОП-102	4,61	7,3
	ОП-104	5,63	7,8
Пункт полигонометрии № 4815	ОП-100	8,79	9,4
	ОП-102	10,21	10,1
	ОП-104	10,90	10,4
пункт ГСС Б/Н	ОП-100	7,01	8,5
	ОП-102	8,66	9,3
	ОП-104	9,50	9,7

Для выполнения предрасчета точности определения планового положения пунктов опорного обоснования методом спутниковых наблюдений, было выбрано по одному пункту из каждой пары в связи с тем, что величина СКО плановых координат в пределах одной пары будет одинакова.

Исходя из теории ошибок СКО центрирования будет складываться из суммы квадратов ошибки центрирования прибора по круглому уровню и ошибки измерений высоты прибора. Тогда значение M_c^2 – ошибка центрирования, находится из выражения (18)

$$M_c^2 = \left(\frac{h\tau}{\rho}\right)^2 + (2)^2, \quad (18)$$

где h – высота установки инструмента, мм;

τ – цена деления круглого уровня, ';

ρ – число минут в радиане, ';

2 – ошибка измерения высоты инструмента, мм.

Подставим в формулу (18) следующие значения: $h = 1\ 500$ мм; $\tau = 6'$; $\rho = 3438'$. Тогда величина ошибки центрирования, будет определяться по формулам (19), (20)

$$M_c^2 = \left(\frac{1500 \cdot 6}{3438}\right)^2 + (2)^2 = 10,8 \text{ мм}^2, \quad (19)$$

$$M_c = 3 \text{ мм}. \quad (20)$$

Значение ошибки трансформирования M_{TR} для каждого пункта будет найдется из выражения (21)

$$M_{TRi} = \frac{M_{max}}{8} \cdot (8 - L_i), \quad (21)$$

где M_{max} – максимальная ошибка взаимного положения пары трансформационных пунктов,

L_i – расстояние по перпендикуляру от определяемого пункта до стороны с максимальной ошибкой взаимного положения исходных пунктов (при $L_i \geq 8$ км M_{TRi} будет равна нулю), км

M_{max} определяют как СКО взаимного положения исходных пунктов [107] $m_{в.п.}$ по формуле (22)

$$M_{max}^2 = m_{в.п.}^2 = m_S^2 + \frac{m_{\alpha}^2}{(\rho'')^2} \cdot S^2, \quad (22)$$

где S – расстояние между парой пунктов с максимальной ошибкой, м

В данном случае расстояние до стороны с максимальной ошибкой взаимного положения исходных пунктов (пункт триангуляции. Богушовка – пункт триангуляции Утес) составляет 35,4 км. Следовательно, $M_{TRi} = 0$.

Ошибки планового положения отдельных пунктов сети представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Ошибки планового положения отдельных пунктов

Базовая станция	Определяемые пункты	R	M_{MES} , мм	M_{TR} , мм	M_C , мм	M , мм
Пункт триангуляции Черешня	ОП-100	0,5	45,7	0,0	3	23,0
	ОП-102	0,5	45,8	0,0	3	23,1
	ОП-104	0,5	45,4	0,0	3	22,9
Пункт триангуляции Богушовка	ОП-100	0,5	53,0	0,0	3	26,7
	ОП-102	0,5	54,2	0,0	3	27,2
	ОП-104	0,5	54,5	0,0	3	27,4
Пункт триангуляции Утес	ОП-100	0,5	48,4	0,0	3	24,4
	ОП-102	0,5	48,9	0,0	3	24,6
	ОП-104	0,5	48,7	0,0	3	24,5

Продолжение таблицы 17

Базовая станция	Определяемые пункты	R	M_{MES} , мм	M_{TR} , мм	M_C , мм	M , мм
Пункт полигонометрии № 5252	ОП-100	0,5	12,9	0,0	3	7,1
	ОП-102	0,5	14,6	0,0	3	7,9
	ОП-104	0,5	15,6	0,0	3	8,4
Пункт полигонометрии № 4815	ОП-100	0,5	18,8	0,0	3	9,9
	ОП-102	0,5	20,2	0,0	3	10,5
	ОП-104	0,5	20,9	0,0	3	10,9
пункт ГСС Б/Н	ОП-100	0,5	17,0	0,0	3	9,0
	ОП-102	0,5	18,7	0,0	3	9,8
	ОП-104	0,5	19,5	0,0	3	10,2

По формуле (23) средне весового средне весового рассчитаем ошибку планового положения отдельного пункта опорной геодезической сети, определенного из двух сеансов, относительно шести пунктов ГГС

$$M = \frac{M_1 \cdot P_1 + M_2 \cdot P_2 + M_3 \cdot M_4 \cdot P_4 \cdot M_5 \cdot P_5 + M_6 \cdot P_6}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6}, \quad (23)$$

где P – вес измерений, вычисляется по формуле (24):

$$P = 100 / L. \quad (24)$$

Результаты вычислений представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Ошибка планового положения отдельного пункта, определенного из двух сеансов

Определяемые пункты	M_i , мм						M , мм
	Пункт три-ангуляции Черешня	Пункт три-ангуляции Богушовка	Пункт три-ангуляции Утес	Пункт ГСС № 5252	Пункт ГСС № 4815	Пункт ГСС Б/Н	
ОП-100	23,0	26,7	24,4	7,1	9,9	9,0	9,9
ОП-102	23,1	27,2	24,6	7,9	10,5	9,8	11,4
ОП-104	22,9	27,4	24,5	8,4	10,9	10,2	12,1

Следовательно, ошибка взаимного положения каждой пары пунктов i и j относительно друг друга, координаты которых определены спутниковым приемником, вычисляют из выражений (25)–(28):

$$M_{ij} = \sqrt{R_i^2 \cdot M_{MES}^2 + R_j^2 \cdot M_{MES}^2 + 2M_C^2 + M_{TRij}^2}, \quad (25)$$

$$M_{MES} = \frac{M_{MES_1} \cdot P_1 + M_{MES_2} \cdot P_1 + M_{MES_3} \cdot M_{MES_4} \cdot P_4 + M_{MES_5} \cdot P_5 + M_{MES_6} \cdot P_6}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6}, \quad (26)$$

$$M_{MESi} = 2M_i. \quad (27)$$

$$M_{TRj} = \frac{M_{max}}{8} [(S - L_i) - (S - L_j)] = \frac{M_{max}}{8} (L_j - L_i) = \frac{M_{max}}{8} S_{ij} \cdot \sin \gamma, \quad (28)$$

где S_{ij} – длина стороны между определяемыми пунктами;

L_i, L_j – длина стороны между определяемыми пунктами и исходным пунктом;

γ – разность дирекционных углов между определяемой и исходной стороной.

Ошибки взаимного положения пунктов приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Ошибки взаимного положения пунктов

Определяемые пункты	R	M_{MESi} , мм						M_{MES} , мм	M_{TR} , мм	M_C , мм	M , мм
		Черешня	Богущовка	Утес	5252	4815	Пункт Б/Н				
ОП-100	0,5	46,0	53,4	48,8	14,2	19,8	18,0	19,9	0,00	3	14,7
ОП-101	0,5	46,0	53,4	48,8	14,2	19,8	18,0	19,9	0,00	3	
ОП-102	0,5	46,2	54,4	49,2	15,8	21,0	19,6	22,8	0,00	3	16,7
ОП-103	0,5	46,2	54,4	49,2	15,8	21,0	19,6	22,8	0,00	3	
ОП-104	0,5	45,8	54,8	49,0	16,8	21,8	20,4	24,2	0,00	3	17,6
ОП-105	0,5	45,8	54,8	49,0	16,8	21,8	20,4	24,2	0,00	3	

Ошибка дирекционного угла линии $i-j$ длиной S вычисляется по формуле (29)

$$M_{\alpha ij} = \frac{M_{ij} \rho}{S}. \quad (29)$$

Вычисленные ошибки дирекционных углов для пар линий и ошибки взаимного положения представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Результаты предварительного расчета спутниковых измерений

Определяемые пункты	M , мм	$M\alpha$	$M_{вз.пол.}$, мм
ОП-100	9,9	21,6"	14,7
ОП-101	9,9		
ОП-102	11,4	17,2"	16,7
ОП-103	11,4		
ОП-104	12,1	12,5"	17,6
ОП-105	12,1		

Во втором способе выбор схемы сети и уравнивание спутниковых измерений были выполнены в программном комплексе Credo Dat 4.1. Схема определения плановых координат пунктов планово-высотной сети методом спутниковых наблюдений представлена в приложении Б, а полученные результаты представлены в таблицах 21, 22.

Таблица 21 – Ведомость предварительной оценки точности планового положения пунктов по результатам уравнивания (с учетом ошибок исходных данных)

Пункт	M , м	M_x , м	M_y , м	a , м	b , м	α
Б/Н	0,033	0,024	0,023	0,026	0,021	143° 37' 51"
Богушовка	0,035	0,026	0,023	0,026	0,023	4° 30' 06"
Утес	0,034	0,024	0,024	0,026	0,022	135° 07' 35"
Черешня	0,035	0,023	0,026	0,027	0,023	107° 56' 17"
4815	0,032	0,023	0,022	0,024	0,021	145° 44' 56"
5252	0,035	0,027	0,022	0,028	0,020	152° 15' 28"
ОП-100	0,037	0,030	0,023	0,031	0,021	157° 58' 22"
ОП-101	0,037	0,030	0,023	0,031	0,021	158° 06' 07"
ОП-102	0,039	0,031	0,022	0,032	0,021	163° 04' 03"
ОП-103	0,039	0,032	0,022	0,032	0,021	163° 40' 16"
ОП-104	0,039	0,032	0,022	0,033	0,022	166° 59' 49"
ОП-105	0,039	0,032	0,022	0,033	0,022	167° 32' 16"

Таблица 22 – Ведомость предварительной оценки точности планового положения пунктов по результатам уравнивания (без учета ошибок исходных данных)

Пункт	M , м	M_x , м	M_y , м	a , м	b , м	α
ОП-100	0,010	0,007	0,008	0,008	0,007	108° 43' 20"
ОП-101	0,011	0,007	0,008	0,008	0,007	108° 32' 34"
ОП-102	0,014	0,011	0,009	0,011	0,009	171° 33' 57"

Продолжение таблицы 21

Пункт	M , м	M_x , м	M_y , м	a , м	b , м	α
ОП-103	0,014	0,011	0,009	0,011	0,009	173° 42' 05"
ОП-104	0,015	0,011	0,010	0,011	0,010	10° 10' 54"
ОП-105	0,015	0,011	0,010	0,011	0,010	11° 01' 50"

После анализа полученных данных о предварительном расчете спутниковых определений, который был выполнен двумя различными способами, можно сделать следующий вывод. При обработке измерений в местной системе координат города Сочи с учетом ошибок исходных данных, которые содержатся в координатах пунктов ГГС, ошибки планового положения определяемых пунктов опорного обоснования достигли 40,0 мм (таблица 20), что находится вне установленного допуска 20,0 мм (таблица 14).

После выполнения расчета спутниковых определений в программном комплексе Credo Dat 4.1 без учета ошибок исходных данных (см. таблицу 21) можно сделать вывод, что ошибка планового положения пунктов опорного ОГС значительно уменьшилась. Следовательно, работы по координированию пунктов ОГС необходимо выполнять по принципу обособленного полигона (без учета ошибок исходных данных).

2.5 Технологическая схема создания геодезического обоснования для строительства канатной дороги методом полигонометрии

Кроме применения методики спутникового определения координат пунктов ГРО применялись и метод проложения полигонометрических ходов.

При этом определение плановых координат пунктов ГРО методом полигонометрического хода 1 разряда, предусматривает привязку к пунктам планово-высотного обоснования, координаты которых получены из спутниковых измерений.

Выбор схемы сети, уравнивание линейных и угловых измерений изначально произвели в программном комплексе Credo Dat 4.1, уравнивание производилось

параметрическим способом по критерию минимизации суммы квадратов поправок в измерения.

Выбор оптимальной конфигурации геодезической сети с проложением полигонометрических ходов был выполнен в программе Credo Dat 4.1.

Для этой конфигурации сети был произведен предварительный расчет погрешностей положения пунктов в зависимости от величин СКО длин и углов полигонометрических ходов.

Рассмотрим схему проложения полигонометрического хода, представленного в приложении В, совместно с таблицей 23 расчетов точности положения пунктов ГРО.

Таблица 23 – Ведомость предварительной оценки точности положения пунктов ГРО по результатам уравнивания

Пункт	M , м	M_x , м	M_y , м	a , м	b , м	α	M_h , м
РП-109	0,011	0,006	0,008	0,009	0,006	73° 01' 52"	0,009
РП-110	0,011	0,007	0,009	0,009	0,007	77° 41' 18"	0,009
РП-114	0,011	0,008	0,007	0,008	0,007	140° 11' 48"	0,009
РП-115	0,010	0,008	0,007	0,008	0,007	152° 09' 46"	0,009
РП-116	0,012	0,009	0,008	0,009	0,008	21° 14' 07"	0,010
РП-117	0,012	0,009	0,008	0,009	0,008	22° 25' 16"	0,010
РП-118	0,012	0,009	0,008	0,009	0,008	11° 28' 00"	0,010
РП-119	0,010	0,008	0,007	0,008	0,007	175° 37' 21"	0,009
РП-120	0,011	0,008	0,007	0,008	0,007	170° 23' 11"	0,009
РП-121	0,010	0,008	0,007	0,008	0,007	166° 17' 37"	0,009
РП-122	0,012	0,008	0,008	0,009	0,008	27° 53' 24"	0,010
РП-123	0,012	0,009	0,009	0,009	0,008	61° 16' 37"	0,010
РП-124	0,013	0,009	0,010	0,010	0,009	77° 40' 07"	0,011
Примечания: M – СКО пункта, м; M_x – СКО положения пункта по оси X, м; M_y – СКО положения пункта по оси Y, м; M_h – СКО пункта по высоте, м a – малая полуось эллипса ошибок, м; b – большая полуось эллипса ошибок, м; α – дирекционный угол большой полуоси эллипса ошибок.							

Анализ выполненных вычислений показал, что получение требуемой СКО планового положения пунктов ОГС в ± 25 мм достигается при величине среднеквадратической ошибки измерения угла на одной станции, равной $5,0''$ и среднеквадратической ошибки измерения длины линии $5,0$ мм. Данные точностные характеристики соответствуют точности полигонометрии 1 разряда (согласно требованиям [14, 83]), и поэтому данная методика была принята для выполнения полевых работ.

После этого был выполнен расчет ошибок измерения горизонтального угла из одного приема измерений для прибора заданной точности. Для выполнения работ для развития ОГС при строительстве канатной дороги предполагается использовать тахеометр Leica Flex Line TS06 Power ($2''$) с СКО измерения горизонтальных углов не более $2,0''$.

Ошибка измерений горизонтального угла складывается из ошибок самих измерений, центрирования, редуцирования, внешних условий, инструментальных ошибок. В соответствии с принципом доминанты последними двумя ошибками можно пренебречь, так как они ничтожно малы по отношению к другим ошибкам. Поэтому СКО измеренного угла выразится формулой (30)

$$m_{\beta} = \sqrt{m_v^2 + m_{\text{ц}}^2 + m_p^2}, \quad (30)$$

где m_v – СКО визирования, $''$;

$m_{\text{ц}}$ – СКО центрирования прибора, мм;

m_p – СКО редуцирования, мм.

Величины средних квадратических ошибок могут быть рассчитаны по формуле (31), (32)

$$m_{\text{ц}} = \left(\frac{\rho}{d}\right) \cdot m_l, \quad (31)$$

$$m_p \approx m_{\text{ц}}, \quad (32)$$

где m_v – принимается равное 2,0" (точность прибора);

ρ – число секунд в радиане, ";

d – минимальная длина стороны угла, 80 м;

m_l – СКО центрирования прибора над точкой, равная 0,6 мм.

Подставив данные значения в формулы (31), (32) и получаем выражения (33), (34):

$$m_{\text{ц}} = \left(\frac{206\,265''}{80 \cdot 10^3 \text{ мм}} \right) \cdot 0,6 \text{ мм} = \pm 1,5'', \quad (33)$$

$$m_p \approx \pm 1,5 \text{ мм}. \quad (34)$$

Тогда величина ошибки измерения угла будет определяться по формуле (35)

$$m_{\beta} = \sqrt{2^2 + 1,5^2 + 1,5^2} = 2,9''. \quad (35)$$

Количество приёмов, необходимых для достижения заданной точности рассчитаем по формуле (36)

$$n = \frac{(m_{\beta})^2}{(2)^2} = \frac{(2,9)^2}{(5,0)^2} \approx 1. \quad (36)$$

Следовательно, для получения требуемой точности допустимо сделать один прием измерений на каждую цель наведения. Для контроля точности количество приёмов необходимо взять равным двум, что будет соответствовать полигонометрии 1 разряда [14, 83].

Рассчитаем точность линейных измерений в полигонометрическом ходе.

Средняя квадратическая ошибка измерения длин линий m_l складывается из ошибки собственного измерения прибора, ошибки центрирования прибора, ошибки центрирования отражателя и вычисляется по формуле (37)

$$m_l = \sqrt{m_{\Pi}^2 + m_{\text{цм}}^2 + m_{\text{цп}}^2}, \quad (37)$$

где m_{Π} – СКО собственного измерения прибора, мм;

$m_{\text{цм}}$ – СКО центрирования марки, мм;

$m_{\text{цп}}$ – СКО центрирования прибора, мм.

Приняв $m_{\text{цп}} = m_{\text{цм}} = 0,6$ мм, а $m_{\Pi} = \pm(2 + 2 \cdot D \cdot 10^{-6})$, где D – длина наибольшей стороны в мм, получим значения из формул (38), (39):

$$m_{\Pi} = \pm(2\text{мм} + 2\text{мм} \cdot 0,120) = \pm 2,2\text{мм}, \quad (38)$$

$$m_l = \pm\sqrt{2,2_{\text{мм}}^2 + 0,6_{\text{мм}}^2 + 0,6_{\text{мм}}^2} \approx \pm 2,4 \text{ мм}. \quad (39)$$

Количество приемов, необходимых для достижения требуемой точности рассчитывается по формуле (40)

$$n = \frac{(m_l)^2}{(2)^2} = \frac{(2,4)^2}{4} \approx 2. \quad (40)$$

Следовательно, для получения необходимой точности линейных измерений допустимо выполнить два приема на каждую цель наведения. Для повышения точности измерений было принято количество приемов увеличить до трех.

Следовательно, выбранный прибор и методика измерений длин и углов в полигонометрическом ходе 1 разряда могут быть использованы при проложении проектируемого хода в условиях горной местности.

Для повышения точности полигонометрических измерений углов и увеличения производительности работ предусмотрено использовать трехштативной системы измерения, основным достоинством которой является уменьшение центрирования центрирования над точкой установки тахеометра и визирных целей.

Кроме предрасчета точности планового обоснования необходимо рассчитать точность геометрического нивелирования [33].

Одной из основных технических характеристик нивелиров является СКО измерения превышения на станции ($m_{\text{нст}}$) и на 1 км хода в мм.

Согласно [83] для выполнения технического нивелирования на каждой станции геометрического нивелирования превышения определяют дважды: по черной и красной сторонам реек с учетом рекомендаций, описанных в [108], а за окончательное значение h принимают среднее арифметическое значение. Следовательно, при равноточности взятия отсчета СКО превышения на станции $m_{\text{нст}}$, будет определяться по формуле (41)

$$m_{h.\text{ст.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot m_{\text{вз.о.}}^2}{4}} = m_{\text{вз.о.}} \quad (41)$$

В горной местности при геометрическом нивелировании если число станций превышает количество 25, то СКО превышения на 1 км хода нормативными документами [14, 83] предусмотрено рассчитывать не через длину хода, а через число штативов в ходе, т. е. согласно формулы (42):

$$n_{h.\text{км}} = \pm m_{h.\text{ст.}} \sqrt{n}, \quad (42)$$

где n – число штативов в ходе.

Тогда получим выражение (43)

$$n_{h.\text{км}} = \pm 2,2 \sqrt{10} = \pm 6,9 \text{ мм.} \quad (43)$$

Предельная ошибка определения превышения на 1 км хода будет определяться по формулам (44), (45):

$$f_{\text{пред.км}} = \pm 2 \cdot m_{h.\text{км}}, \quad (44)$$

$$f_{\text{пред.км}} = \pm 2 \cdot 6,9 = \pm 13,8 \text{ мм,} \quad (45)$$

что меньше допустимой.

На основании анализа формул (30)–(45) для производства нивелирования IV класса было решено использовать нивелир Nikon AC-2S и двухсторонние шашечные рейки.

В условиях горной местности выполнять техническое нивелирование и нивелирование IV класса гораздо удобнее тригонометрическим способом. Однако, нормативными документами выполнять тригонометрическое нивелирование не разрешается. Для подтверждения возможности применения тригонометрического нивелирования выполним расчет его точности.

Для вычисления превышений на станции с учетом суммарной поправки за кривизну Земли и рефракцию применяется формула (46) [4, 89]

$$h_{\text{ст}} = d \cdot \operatorname{tg} \delta + 0,42 \cdot \frac{d^2}{R} + i - z, \quad (46)$$

где d – горизонтальное расстояние между пунктами, м;

δ – измеренный угол наклона, ";

i – высота инструмента, м;

R – средний радиус Земли ($R = 6\,370$ км);

z – высота наблюдаемого сигнала относительно центра пункта, м.

При расчете ошибки определения превышения на станции поправкой за рефракцию можно пренебречь, так как измерения производятся в прямом и обратном направлениях. Тогда СКО определения превышения можно выразить формулой (47) [4, 89]

$$m_{h.\text{ст}}^2 = m_d^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \delta + \frac{m_\delta^2 \cdot d^2}{\rho^2 \cdot \cos^4 \delta} + m_i^2 + m_z^2, \quad (47)$$

где m_d – СКО измерения расстояния между пунктами, мм;

m_δ – СКО измерения угла наклона, ";

δ – угол наклона, ";

ρ – число секунд в радиане, 206 265";

m_i – ошибка измерения высоты инструмента, мм;

m_z – ошибка измерения высоты визирной цели, мм.

При измерении угла наклона с использованием тахеометра Leica Flex Line TS06 power (2") одним приемом СКО согласно формулы (48) составит

$$m_{\delta}'' = \sqrt{m_v^2 + m_u^2} = \sqrt{2^2 + 2^2} \approx \pm 2,83'', \quad (48)$$

где m_v – ошибка визирования, равная 2,0";

m_u – инструментальная ошибка, в данном случае 2".

Так как измерения производятся тремя приемами, то получим формулу (49)

$$m_{\delta}'' = \pm \frac{m_{\delta}''}{\sqrt{n}} = \frac{2,83''}{3} = \pm 1,6. \quad (49)$$

Рассчитаем по формуле (50) величину СКО определения превышения на участке длиной 300 м (средняя длина линии полигонометрического хода). На ошибку определения превышения на станции влияет так же ошибка измерения высоты прибора ($m_i = 1,0$ мм) и ошибка измерения высоты визирной цели ($m_a = 1,0$ мм)

$$m_{h.ст} = \pm \sqrt{5^2 \cdot \operatorname{tg}^2 5 + \frac{1,6^2 \cdot 300000^2}{206265^2 \cdot \cos^4 5} + 1 + 1} = 2,7 \text{ мм}, \quad (50)$$

Тогда СКО превышения на 1 км хода будет определяться выражением (51)

$$m_{h.км} = \pm m_{h.ст} \sqrt{n} = \pm 2,7 \cdot \sqrt{3} = 4,6 \text{ мм} \quad (51)$$

где n – число станций в ходе длиной 1 км.

Предельная ошибка на 1 км хода согласно теории ошибок будет вычисляться по формуле (52)

$$f_{h,\text{доп}} = \pm 2 \cdot m_{h,\text{км}} \pm 2 \cdot 4,0 = 9,2 \text{ мм} \quad (52)$$

а для нивелирования IV класса допустимая невязка в ходе 20,0 мм.

Полученные данные о предварительных расчетах нивелирования в одну таблицу 24.

Таблица 24 – Результаты расчета точности нивелирования

Ошибки	Нивелирование	
	геометрическое, мм	тригонометрическое, мм
$m_{h,\text{см}}$	$\pm 2,2$	$\pm 2,3$
$m_{h,\text{км}}$	$\pm 6,9$	$\pm 4,6$
$f_{\text{пред}\cdot\text{км}}$	$\pm 13,8$	$\pm 9,2$

Из таблицы 24 следует, что в горных условиях взамен геометрического нивелирования можно применять тригонометрическое, точность которого будет удовлетворять точности нивелирования IV класса. При этом для создания геодезической разбивочной основы согласно таблице 14 [107] СКО на 1 км хода не должна быть более 3,0 мм. При тригонометрическом нивелировании СКО на 1 км хода составляет 4,6 мм (таблица 16).

Подтверждением возможности применения тригонометрического способа для выполнения нивелирования IV и даже III класса являются исследования, выполненные автором работы [97]. Этими исследованиями установлено, что при длине визирного луча до 250 м можно выполнять нивелирование III класса.

Важным фактором создания геодезической разбивочной основы является надежность закрепления пунктов сети.

Для закрепления пунктов ГРО с учетом влияния геологических, температурных и других видов воздействий на устойчивость пунктов строительной геоде-

зической сети в районе строительства канатных дорог, было предложено использовать центры тип 158 оп. знак (рисунок 2), тип 3 оп. (рисунок 3) и тип 9 оп. (рисунок 4) [72].

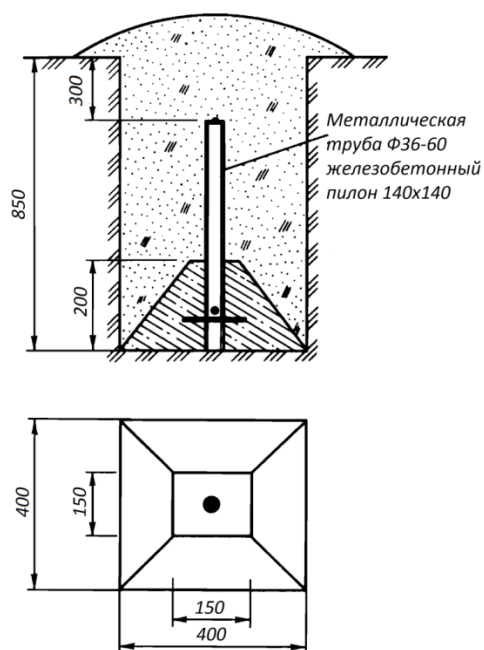


Рисунок 2 – Центр пункта ГГС 4 класса (полигонометрия), 1, 2 разрядов (триангуляции, полигонометрии и трилатерации) (тип 158 оп. знак) для области сезонного промерзания грунта

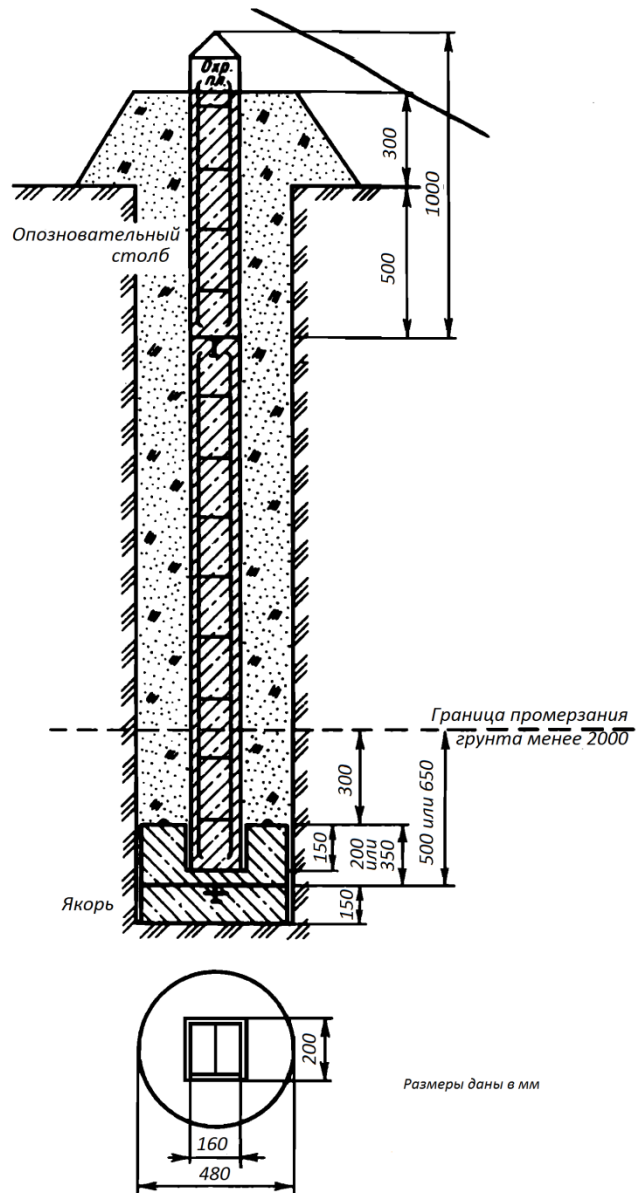


Рисунок 3 – Центр пункта ГГС 1–4 классов (тип 3 оп.) при глубине промерзания грунта менее 200 см

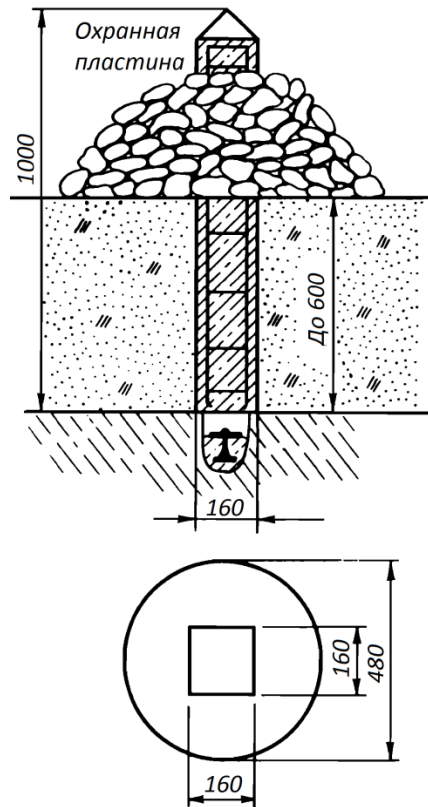


Рисунок 4 – Центр пункта ГГС 1–4 классов (тип 9 оп.), закладываемых в скальные грунты

Во время закрепления центры закладывались в шурфы, после чего бетонировались портландцементом и уплотнялись при помощи подручными материалами: скальные породы, щебень, песок, обрезки арматуры с близлежащих строящихся объектов. Сверху в трубу вставлялся центр из нержавеющей марки с шайбой, на которой заранее было выбито название пункта. Пункты закладывались в уровень с подстилающей поверхностью. Схема тригонометрического нивелирования представлена в приложении В. Местоположение и вид закрепления согласовывался на месте с представителями заказчика. Рядом с центром каждого пункта устанавливался опознавательный знак, окрашенный в желтый цвет с табличкой из нержавеющей стали, на которой выбито название пункта.

При наличии скальных пород пункты ГРО можно закреплять как стенные пункты, вследствие чего затраты на закрепление пунктов будут минимизированы. Для этого в скальной породе с помощью перфоратора, либо аналогичного ин-

струмента, пробивают отверстие глубиной до 5 см, в него бетонируют металлический дюбель. После застывания бетона можно проводить координатную и высотную привязку пункта относительно исходных. Пример закрепления пунктов ГРО на скале представлен на рисунке 5.

Закрепление пунктов ГРО в скальных породах может служить гарантией сохранности пунктов. Это связано с тем, что при производстве СМР зачастую пункты временного закрепления уничтожаются строительной техникой, либо оказываются закрытыми в результате возведения зданий и сооружений. При закреплении пунктов ГРО в скале уничтожение данных пунктов, как правило, будут сведены к нулю. Так же скальные породы практически не подвержены оползневым и эрозионным процессам, значит, и пункты ГРО будут иметь устойчивое положение на протяжении долгого времени, достаточного для проведения СМР.

Так же с помощью закрепления пунктов ГРО в скальных породах есть возможность создать сеть не только на отдельные объекты, но и на весь комплекс с учетом возможности восстановления утраченные пункты.

Схема ГРО созданная на горно-климатическом комплексе «Роза-Хутор» в городе Сочи представлена в приложении Г.



Рисунок 5 – Закрепление пункта ГРО на скале

2.6 Особенности производства инженерно-геодезических измерений в условиях горной местности

К геодезическим работам, согласно требований [85], выполняемым непосредственно на строительных площадках, относятся:

- создание ГРО для строительства (построение разбивочной сети строительной площадки);
- вынос в натуру внутривозрадных линейных сооружений, их частей, а так же зданий (сооружений) временного назначения;
- создание на исходном и монтажном горизонтах внутренней разбивочной сети зданий и сооружений, а так же для монтажа технологического оборудования;
- контроль точности геометрических параметров сооружений и зданий геодезическими методами, включая исполнительную съемку, составление исполнительной геодезической документации [53];
- наблюдение за деформациями различных конструктивных частей зданий (сооружений) [85].

Геодезические работы необходимо выполнять по проекту и единому графику для текущей строительной площадки, непосредственно связанному со сроками выполнения общестроительных, монтажных и специальных работ.

Опираясь на данные требования, к геодезическим работам во время строительства в горной местности на территории горно-туристского комплекса Публичного Акционерного Общества «Газпром» были выявлены следующие особенности:

- отсутствие необходимой плотности пунктов ГГС из-за слабой геодезической изученности района производства работ;
- наличие густых лесных насаждений в зоне строительства;
- перепад высот от 500 до 2 000 м между верхней и нижней станциями КД;
- небольшой временной промежуток благоприятных условий для выполнения геодезических работ (изменение температурных показателей и давления в один и тот же момент времени на разных высотах во время наблюдений, наличие

вертикальной и горизонтальной рефракция, изменчивые погодные условия) [42].

Совместно с наличием естественных факторов (рельеф, погодные условия и т. п.) существовали трудности при выполнении подготовительных этапов строительства канатных дорог, в которые входят следующие виды работ:

- сведение леса в границах планируемых строительных работ;
- снятие плодородно-растительного слоя (ПРС);
- создание подъездных дорог временного использования.

Указанные подготовительные этапы исключали возможность заблаговременного создания ГРО во время подготовки к строительству, так как в результате проведения подготовительных работ была высока вероятность их утраты, что противоречит требованиям [85]. Так же, принадлежность большей части застраиваемой территории к Национальному парку и заповедникам согласно [25, 48] предполагает согласование проекта свода леса на объекте строительства с уполномоченными федеральными органами. Данный факт так же препятствовал проведению работ по предварительной подготовке геодезического обоснования для будущей площадки строительства, большей частью в виде прокладки тахеометрических ходов и вырубке визирок. Подготовительный этап к строительно-монтажным работам предполагает, что около 70 % заложенных геодезических пунктов по различным причинам будет уничтожена. Как следствие возникнет необходимость в повторном развитии ГРО, что приводит к недопустимыми экономическими и временными издержками.

Из практического опыта по развитию ГРО для обеспечения строительства ППКД в районе горно-туристского центра «Газпром» и с учетом ранее представленных факторов было установлено, что такие классические методы, как триангуляция, полигонометрия, геометрическое нивелирование не позволяют обеспечить необходимую точность в короткие сроки. Канатная дорога длиной 2–3 км с перепадом высот до 2000 м подразумевает создание большого количества переходных станций при проложении полигонометрического или тахеометрического ходов при недостаточном наличии пунктов ГГС, что является недопустимым. В данных условиях возможно применение технологии «Гибрид» [9]. Спутниковое нивели-

рование на момент строительства канатной дороги не могло было быть выполнено из-за отсутствия достоверной поверхности геоида для местности Северного Кавказа в месте производства работ. В результате чего было принято решение выполнять для закрепления и определения планового положения пунктов спутниковую навигационную аппаратуру, а для высотного обеспечения - тригонометрическое нивелирование. Данные методы определения позволяют обеспечить точность полигонометрии 4 класса, 1 разряда и нивелирования III класса.

Основные факторы, оказывающие негативное влияние на выполнение измерений при помощи спутниковых приемников:

- лесные массивы и пересеченная местность, оказывающие негативные воздействия на прохождение лучей;
- из-за географического положения облако спутников не было постоянным;
- горизонт спутников перекрыт горами, в связи с этим короткий благоприятный временной диапазон для обеспечения благоприятных условий наблюдений (всего 4–5 ч в сутки);
- наличие большого количества естественных отражающих поверхностей приводит к появлению многолучевости сигнала;
- угол возвышения препятствий более 25° .

В районе каждой опоры канатной дороги горно-туристического центра ОАО «Газпром» была применена схема закрепления пунктов ГРО в виде «кустов», а именно были закреплены по 3 пункта у каждой опоры. Это обусловлено тем, что при возможном смещении грунтов с равномерным характером наличие лишь двух пунктов ошибки dX , dY могут быть не выявлены, третий же пункт позволит данные процесс проконтролировать и выявить смещение, а так же исключить появление грубых ошибок при выносе осей в натуру. В дополнении к исходным пунктам строительной сети за границами производства работ (в 10–15 м от нее) закрепляют отражающие пленки. Данные мероприятия позволяют вести контроль за оползневыми и деформационными процессами в районе закрепления пунктов ГРО. Все рефлекторные марки необходимо разместить с таким учетом, чтобы обеспечить их долговременную сохранность (временные пункты грунтового за-

ложения, скальные породы и т. п.). По результатам произведенных работ было определено, что данный метод развития ГРО комбинированным способом позволяет обеспечить точность геометрических параметров, необходимых для возведения сооружений канатных дорог, заданную нормативно-технической документацией [7, 8], а так же проектом [42].

3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ И ИНЖЕНЕРНО-ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ

3.1 Разработка методики развития обоснования для создания крупномасштабных топографических планов масштаба 1 : 500 и 1 : 200 в горной местности

Согласно требованиям нормативного документа [83] в зависимости от площади (ее протяженности и конфигурации), а так же вида объекта строительства создаваемая опорная геодезическая сеть (ОГС) может состоять из пунктов:

- каркасной спутниковой геодезической сети (КСГС);
- регулярно действующей спутниковой сети базовых (референцных) станций;
- спутниковой геодезической сети сгущения (СГСС);
- триангуляции, полигонометрии 4 класса, 1 и 2 разрядов;
- нивелирования II, III и IV классов и технического.

При этом плановое положение пунктов ОГС относительно пунктов ГГС необходимо определять при помощи спутникового оборудования, методами триангуляции, линейно-угловых сетей, полигонометрии.

Плановая и высотная геодезическая основа создается для получения координат и высот геодезических пунктов с точностью, необходимой для выполнения геодезического обеспечения.

Уравнивание результатов измерений в опорной и съемочной геодезических сетях следует выполнять при помощи метода наименьших квадратов с оценкой точности результатов уравнивания.

Оценку точности создаваемой геодезической основы необходимо определять:

- для плановой опорной сети – по величине СКО взаимного положения смежных пунктов;
- для плановой съемочной сети – по величине СКО пунктов съемочной се-

ти относительно пунктов опорной сети или других исходных пунктов, если не создается опорная сеть;

– для плановой опорной и съемочной сетей, если это предусмотрено заданием – по выборочным определениям величины СКО взаимного положения несмежных пунктов в значимых для проектируемых зданий (сооружений) местах;

– для высотной опорной и съемочной сетей – по величине СКО высоты пунктов обозначенных сетей относительно пунктов более высоких классов (разрядов), в том числе невязкам в ходах, полигонах.

Использование невязок в ходах и полигонах создаваемой плановой геодезической основы служит исключительно для предварительной оценки точности [53].

При построении плановой опорной геодезической сети необходимо соблюдать основные требования, предъявляемые к точности измерений в сети, представленных в таблице 25 [83].

Таблица 25 – Основные требования, предъявляемые к точности измерений для плановых опорных геодезических сетях

Вид сети	СКО определения координат пунктов относительно исходных, мм, не более	Значения СКО взаимного планового положения смежных пунктов, мм, не более	Значения СКО взаимного положения по высоте смежных пунктов, мм, не более
КСГС и (или) сеть постоянно действующих базовых (референцных) станций ГНСС	20	15	20
СГСС и (или) сеть постоянно действующих базовых (референцных) станций ГНСС	20	20	25
Полигонометрия, трилатерация, триангуляция 4-го класса, сети, создаваемые с помощью спутниковых определений	20	25	-
Полигонометрия, трилатерация, триангуляция, 1-го разряда, сети сгущения, создаваемые с помощью спутниковых определений	50	30	-

Каркасная спутниковая геодезическая сеть (КСГС) должна включать в себя

как минимум три определяемых пункта. Положение пунктов КСГС определяется спутниковыми методами относительно пунктов более высоких по точности геодезических построений, принимаемых за исходные.

Спутниковая геодезическая сеть сгущения (СГСС) должна быть развита как система однородных по точности пространственных геодезических построений, опирающихся на пункты КСГС а так же (либо) выше по точности пункты ГГС.

Требования к точности измерений для плановых опорных геодезических сетей, создаваемых наземными методами (триангуляции, трилатерации, полигонометрии), приведены в таблице 26 [83].

Высотная опорная геодезическая сеть на территории выполнения инженерных изысканий создается методами геометрического нивелирования в виде сетей нивелирования II, III и IV классов в соответствии с площадью, протяженностью и видом объекта строительства [14, 33, 83].

Таблица 26 – Основные требования к точности измерений в плановых опорных геодезических сетях, создаваемых наземными методами (триангуляции, трилатерации, полигонометрии)

Плановая опорная геодезическая сеть (класс и разряды)	СКО измерения углов, вычисленная по невязкам, ", не более	Предельная погрешность угловых измерений (по невязкам в ходах, полигонах), "	Предельная погрешность линейных измерений (по невязкам в ходах, полигонах)	Относительная СКО, не более		
				базисная сторона в сети триангуляции	сторона сети триангуляции в наиболее слабом месте	измерение стороны (по внутренней схожимости) для сети трилатерации
4-й класс	2"	$5''\sqrt{n}$	1/25 000	1/200 000	1/70 000	1/100 000
1-й разряд	5"	$10''\sqrt{n}$	1/10 000	1/50 000	1/20 000	1/50 000
2-й разряд	10"	$20''\sqrt{n}$	1/5 000	1/20 000	1/10 000	1/20 000

Примечание – Сети полигонометрии, трилатерации, триангуляции 2-го разряда создают в виде исключения при необходимости создания геодезического обоснования на отдельных участках застроенных территорий..

При развитии высотной опорной геодезической сети исходными пунктами являются пункты государственной нивелирной сети, а так же другие пункты нивелирных сетей, определенные с более высокой точностью в системе высот, приведенной в задании.

Высотная привязка центров пунктов опорной геодезической сети должна выполняться нивелированием II, III или IV класса, а так же техническим нивелированием .

Нивелирную сеть необходимо создавать отдельными ходами, системами ходов (полигонов) и осуществлять привязку не менее чем к двум исходным нивелирным реперам (знакам), как правило, более высокого класса.

Допустимо (при соответствующем обосновании в программе выполнения работ) выполнять привязку линий нивелирования опорной геодезической сети IV класса к реперам государственной нивелирной сети IV класса.

Основные характеристики точности измерений для сетей нивелирования II, III, IV классов, а так же технического нивелирования представлены в таблице 27 [14, 33, 83].

Таблица 27 – Основные точностные характеристики измерений в высотных опорных геодезических сетях

Показатели	Точность измерений в ходах, сетях, полигонах нивелирования, мм			
	II класс	III класс	IV класс	Техническое (тригонометрическое, геометрическое)
Допустимые невязки по линиям нивелирования и в полигонах, f , мм	$5\sqrt{L}$	$10\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$	$50\sqrt{L}$ $10\sqrt{n}$ *
СКО измерения превышений на станции, мм, не более	0,30	0,65	3,00	8,00
СКО определения отметок пунктов нивелирной сети в слабом месте относительно исходных пунктов, мм	10	20	30	50
* – При числе станций более 25 на 1 км хода Примечание – L – длина хода в км, n – число станций в ходе на 1 км.				

Определение нормальных высот пунктов КСГС и СГСС рекомендуется производить методом нивелирования не ниже III класса. Определение высот классом ниже возможно в районах без населенных пунктов при соответствующем обосновании в программе производства работ.

Создание высотных опорных геодезических сетей с точностью нивелирования III, IV классов, технического нивелирования допустимо выполнять с применением спутниковых технологий [33].

При этом наблюдения выполняются с использованием двухчастотных приемников с применением методик наблюдений, обоснованных в программе работ. Во время постобработки должны быть использованы глобальные и региональные модели геоида, актуальные для данного периода измерений. Допустимые невязки, а так же требования к точности полученных результатов должны соответствовать требованиям [42]. При развитии высотной опорной сети с использованием спутниковых методов, количество исходных пунктов нивелирования не должно быть менее четырех.

Высоты исходных плановых пунктов (полигонометрии, триангуляции, трилатерации), не входящих в высотную опорную сеть нивелирования II, III и IV классов, определяют техническим (геометрическим или соответствующим ему по точности спутниковым или тригонометрическим) нивелированием. Проложение замкнутых нивелирных ходов, опирающихся обоими концами на один и тот же исходный репер, возможно лишь при обосновании в программе работ [33, 42].

Все геодезические работы при строительстве следует производить с точностью, необходимой для обеспечения размещений возводимых объектов, соблюдения геометрических параметров в соответствии с проектной документацией, а так же требований нормативно-технической документацией, принятой на территории Российской Федерации.

3.2 Разработка методики создания топографических планов масштаба 1 : 500 и 1 : 200 с элементами визуализации

Согласно требованиям нормативного документа [83] результаты инженерных изысканий должны удовлетворять следующим требованиям:

- быть достоверными и достаточными для обоснования конструктивных и объемно-планировочных решений;
- позволять устанавливать проектные значения и характеристики зданий или сооружений;
- устанавливать мероприятия инженерной защиты и мероприятия по охране окружающей среды.

Расчетные данные в составе результатов инженерных изысканий должны быть обоснованы исполнителем и содержать прогноз их изменений в процессе строительства и последующей эксплуатации зданий и сооружений.

Кроме этого, согласно нормативного документа [83] «в случае выявления в процессе инженерных изысканий непредвиденных сложных или опасных природных и техногенных условий, которые могут оказать неблагоприятное влияние на строительство и эксплуатацию сооружений и среду обитания, исполнитель инженерных изысканий должен поставить застройщика или технического заказчика в известность о необходимости дополнительного изучения и внесения изменений и дополнений в программу инженерных изысканий и в договор в части изменения объемов, видов и методов работ, увеличения продолжительности и (или) стоимости инженерных изысканий» [83, с. 15].

Так же согласно требованиями нормативного документа [83] в составе инженерно-геодезических изысканий могут быть выполнены следующие работы:

- анализ, сбор, систематизация материалов инженерных изысканий прошлых лет, а так же данные аэрофотосъемки, топографо-геодезические материалы, землеустроительные материалы и других фондовые (архивные) материалы;
- анализ, сбор, интерпретация материалов полученных методом дистанционного зондирования Земли;

- выполнение рекогносцировки заданного участка (территории, трассы) в рамках инженерных изысканий;
- наблюдения за существующими в настоящем времени горизонтальными и вертикальными движениями земной поверхности, геодинамические исследования, включающие в себя создание специальных геодезических сетей;
- при реконструкции и реставрации зданий и сооружений осуществление обмерных работ;
- перенос в натуру и привязка гонных выработок, геофизических и других точек наблюдений геодезическими методами.

Данные требования позволяют получить достаточно полную информативность результатов изысканий, что минимизирует возможность ошибочного принятия проектных решений. Однако, в некоторых случаях в условиях горной местности факторов из-за наличия ярко-выраженного горного рельефа, различных карстовых образований, откосов, наличия лесов, поросли леса, зарослей кустарников и тому подобное сложно достоверно отобразить местность в масштабе 1 : 500. Поэтому для таких участков местности автором диссертационной работы предлагается создавать топографические планы с элементами визуализации данных.

Под элементами визуализации данных будем понимать цифровые снимки местности, на которой предполагается производить выбор проектных решений.

Схема создания топографических планов с элементами визуализации представлена в рисунке 6.

На основе ранее выполненных инженерных изыскание необходимо определить границы производства работ для предварительного выбора проектных вариантов расположения объектов. Когда границы заданы, то необходимо провести рекогносцировку местности совместно с выполнением цифровых снимков местности с разных точек стояния.

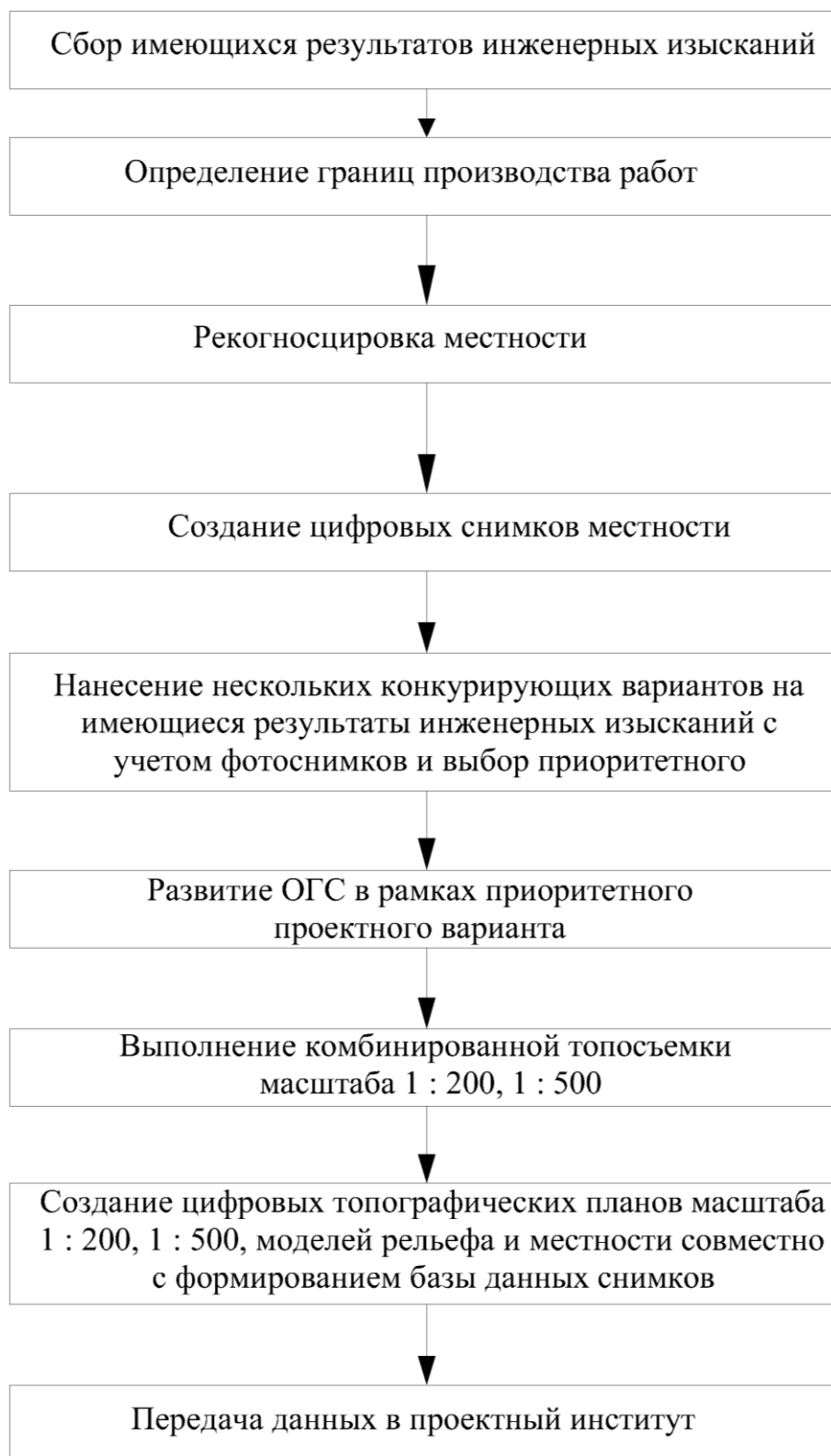


Рисунок 6 – Технологическая схема создания топографических планов масштаба 1 : 200, 1 : 500 с элементами визуализации

Целесообразность выполнять цифровые снимки на моменте рекогносцировки местности, а не во время топографической съемки заданного масштаба обу-

словлена тем, что топографическую съемку для проектирования необходимо выполнять в масштабе 1 : 500, 1 : 200. Однако, за счет условий рельефа в горной местности процесс топографической съемки является трудоемким и требующим значительного количества времени. Также, часто на стадии получения первичной топографо-геодезической информации на большую территорию выполняют аэрофотосъемку совместно с воздушным лазерным сканированием. По результатам аэрофотосъемки и лазерного сканирования, возможно, построить ЦММ и цифровой модели рельефа (ЦМР). При этом данные результаты можно применять лишь на стадии предварительного выбора расположения проектируемых объектов (горнолыжных спусков, кресельных, бугельных, гондольных канатных дорог, временных автодорог для строительства и т. п.). В случае выполнения аэрофотосъемки на территории горных склонов есть некоторые нюансы, которые могут привести к выбору экономически-невыгодных вариантов расположения объектов. К таким ошибочным вариантам построения ЦМР может привести залесенность горных склонов. В результате высоты деревьев, их густоты на территории лазерного сканирования высота будет определена с ошибкой, которую нельзя вычислить и учесть при построении ЦМР (расхождения между результатами аэрофотосъемки и наземной топографической съемки может составлять от 3 м до 5–7 м, в зависимости от характера рельефа и условий аэрофотосъемки). Кроме того, наличие густых лесов характер рельефа, наличие расщелин, ям, камней, обрывов и др. форм рельефа не всегда можно отследить по результатам аэрофотосъемки. Так же мелкие формы рельефа могут быть исключены как «шумовые» точки и не учтены в последующем при создании ЦМР [66].

Цифровые снимки рекогносцируемой местности желательно производить с мест обеспечивающих обзорность площадки будущего проектирования расположения инженерных сооружений. Кроме того, желательно на объектах не имеющих жестких контуров включать опознаки, используемые при аэрофотосъемке, либо принудительно создавать эти контура. Данные опознаки в дальнейшем будут служить привязкой цифровых снимков к местности.

В качестве альтернативного варианта привязки снимков возможно координировать точку съемки с помощью навигационного приемника, которые позволяют получить точность координирования на местности с ошибкой до 3–7 м. Данной точности будет достаточно для визуальной оценки местности по цифровым снимкам. При этом желательно вести абрис размещения снимков на обзорном плане.

С учетом исследований, выполненных в работе [37], рассмотрим возможность оценки местности на предмет выбора одного из проектируемых конкурирующих вариантов.

На рисунке 7 представлен снимок, созданный во время рекогносцировки местности в районе проектирования канатных дорог, на которую были получены результаты аэрофотосъемки. Так по цифровому снимку из двух представленных вариантов предпочтительным является вариант Б. Это обусловлено тем, что при строительстве варианта А необходимо срезать породы, что негативно скажется на устойчивости грунтов и может привести к оползневым процессам/осыпям. Кроме этого необходимо учитывать, что при строительстве и дальнейшей эксплуатации канатных дорог необходимо обеспечить подъездные пути к месту производства СМР. В связи с этим вариант Б оказался так же более предпочтителен.

При реализации варианта Б (рисунок 7) расстояние между опорами достаточно велико и оно составляет 472 м. Это усиливает нагрузку на несущие части конструкций, но не является критичной [82]. Однако, с целью увеличения эксплуатационного срока конструкций возможно уменьшить верхнее плечо и увеличить нижнее, сделав их приблизительно равными (на рисунке 7 альтернативный вариант размещения промежуточной опоры показан пунктирной линией). При этом необходимо рассчитать целесообразность переноса промежуточной опоры для обеспечения безопасности эксплуатации канатной дороги с минимальными трудозатратами при строительстве.

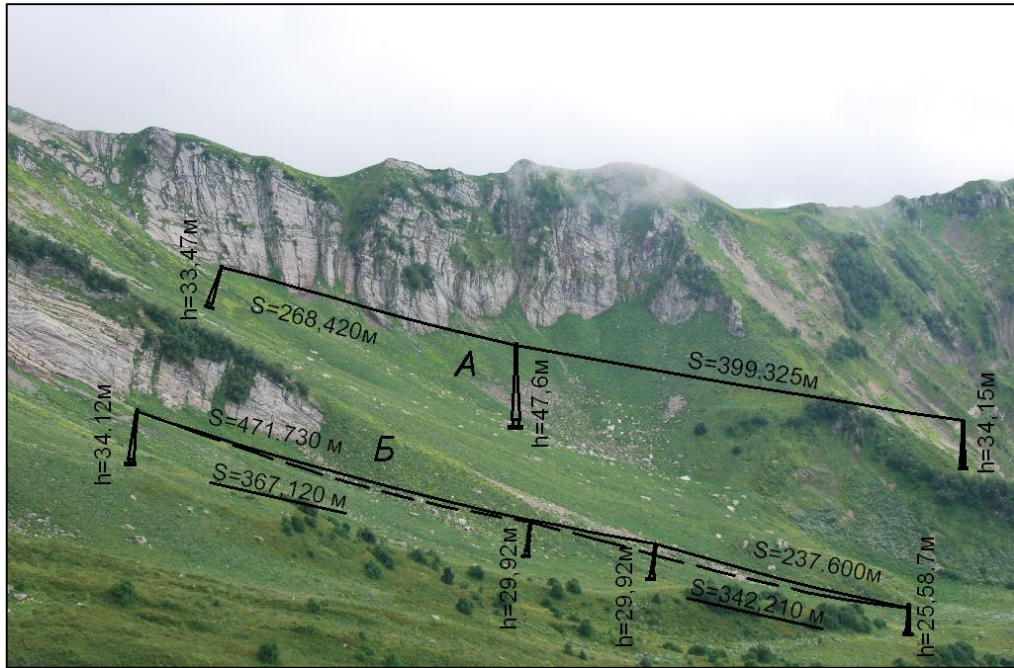


Рисунок 7 – Цифровой снимок местности с конкурирующими вариантами

После выбора предпочтительного варианта размещения объекта, можно уже создавать съемочное обоснование для выполнения топографической съемки в заданном масштабе. Съемочное обоснование в горной местности возможно развивать как с помощью проложения тахеометрических ходов, так и при помощи ГНСС-технологий.

На следующем этапе выполняется топографическая съемка масштаба 1 : 200, 1 : 500. На участках с очень сложным рельефом (наличия откосов, обрывов, промоин и небольших ручьев) масштаб топографической съемки необходимо увеличить. При этом совместно с топографической съемкой автором диссертационной работы [69] по аналогии с работами [9, 28, 57, 96] рекомендуется выполнять цифровую съемку местности неметричной камерой с точки установки тахеометра.

Во время создания цифровых снимков необходимо вести абрис, на котором будут отмечаться точки фотографирования с указанием направления съемки. При этом, на каждом снимке желательно размещать рейку, либо другой метрический предмет, который можно в дальнейшем использовать для определения размеров

объектов, находящихся на снимке и определения масштаба снимка относительно снимаемого участка.

Создание цифровых снимков обосновано еще и тем, что кроме непосредственного просмотра снимков, при последующей обработке и создании ЦММ и ЦМР, такие программные продукты, как AutoCad, а так же линейка продуктов, основанная на данной платформе, позволяют подгружать все полученные растровые изображения местности непосредственно на созданную ЦММ в виде гиперссылки и упрощать процесс дальнейшего проектирования [37, 49].

Для этого во вкладке «Вставка» необходимо выбрать команду «гиперссылка» (рисунок 8) и затем в командной строке будет предложено выбрать объекты, подлежащие вставке объекта через гиперссылку.

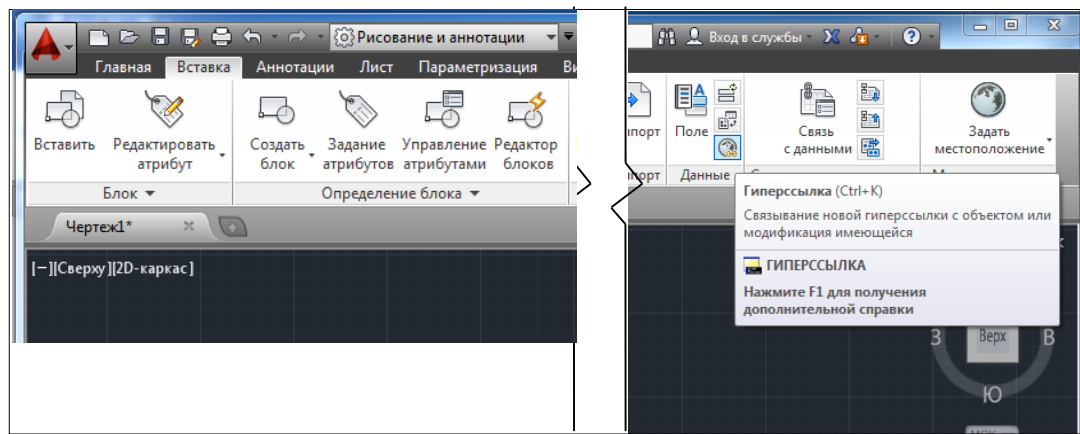


Рисунок 8 – Запуск функции «гиперссылка»

Рассмотрим последовательность данной операции.

Сначала выбираются необходимые объекты, в данном случае это будет стрелка с направлением съемки (рисунок 9) и подтверждаем клавишей «ввод», что все объекты выбраны.

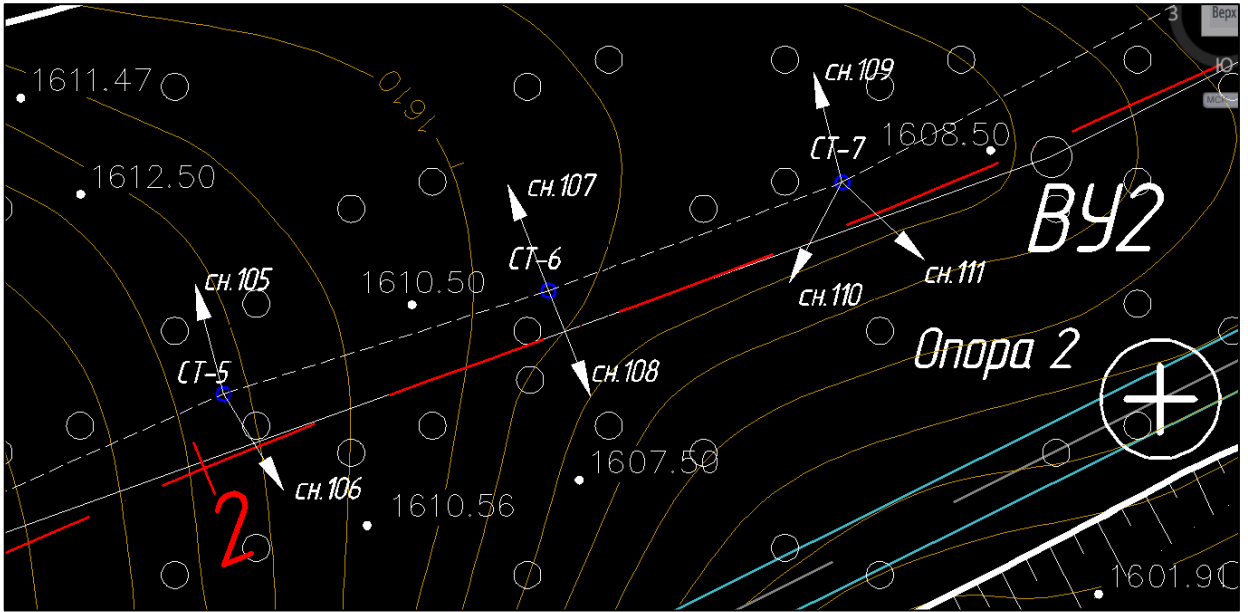


Рисунок 9 – Фрагмент ЦММ с абрисом съёмочных точек и направлений цифровой съёмки

После этого появляется окно «вставка гиперссылки» где предлагается выбрать путь к файлу, который необходимо «привязать» к объекту в цифровом чертеже (рисунок 10).

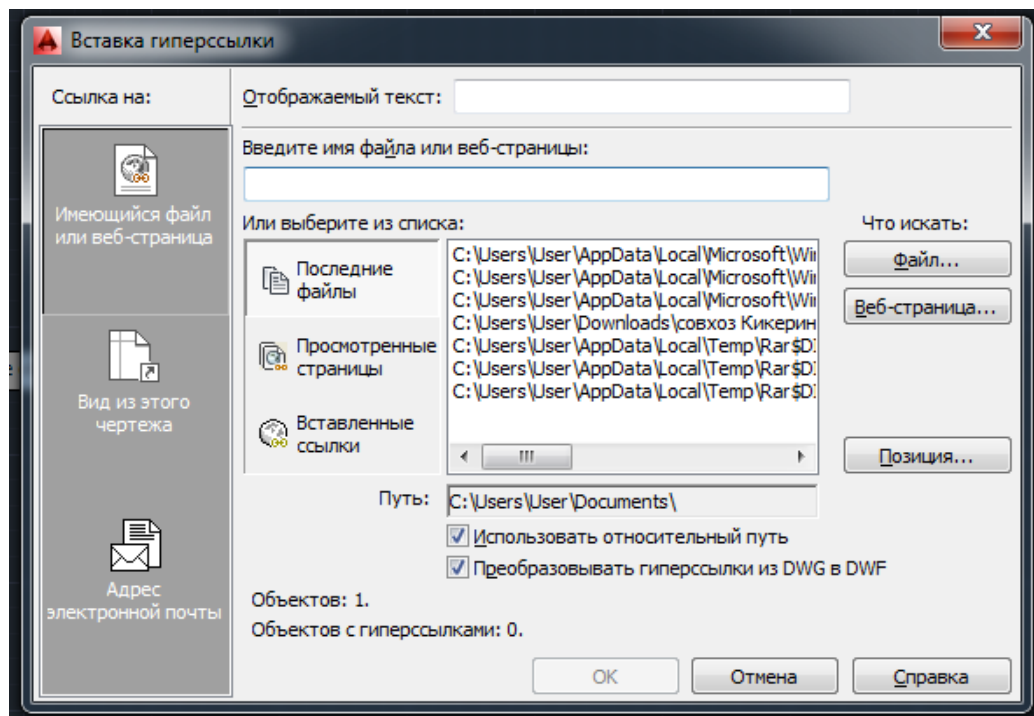


Рисунок 10 – Окно «Вставка гиперссылки»

Нажимая на кнопку «файл...» выбирается путь, к интересующему файлу, в данном случае, цифровому снимку (рисунки 11–13).



Рисунок 11 – Цифровой снимок сн.109



Рисунок 12 – Цифровой снимок сн.110



Рисунок 13 – Цифровой снимок сн.111

Так на рисунке 9 показана часть плана, где у каждой съемочной точки СТ-5, СТ-6, СТ-7, находящейся в отдельном слое, была произведена кроме тахеометрической и цифровая съемка. Результаты данной съемки приведены на рисунках 11–13. Стрелками, так же расположенными в отдельном слое, с подписями «сн.107» и т. д. показано направление цифровой съемки, к которой привязаны представленные снимки с помощью гиперссылки. Для того, чтобы открыть привязанный файл, необходимо навести курсор мыши на элемент (в данном случае стрелку), к которому данный снимок привязан, и нажать сочетание левой клавиши мыши и клавиши Ctrl.

Вся полученная информационная база в дальнейшем передается в проектный отдел. Избыточность информации, полученная в результате совмещения цифровых моделей местности и рельефа, совмещенных с цифровыми снимками позволяет минимизировать временные затраты, связанные с выездом проектировщиков на местность для уточнения информации и визуального осмотра территории, подлежащей проектированию.

3.3 Разработка методики создания крупномасштабных инженерно-топографических планов масштаба 1 : 200.

В большинстве случаев при разработке новых проектов строительства зданий, сооружений и инженерных сетей в основе лежат результаты выполненных геодезических изысканий. При этом, на генеральном плане все объекты наносятся на топографическую основу в виде общего контура сооружений (рисунок 14), а на генеральных планах, как правило, обозначаются только главные оси сооружения и расстояния между ними [98, 99].

В отличие от генерального плана на рабочих детализированных чертежах конструктив элементов привязан к основным осям сооружения без привязки к рельефу и местности.

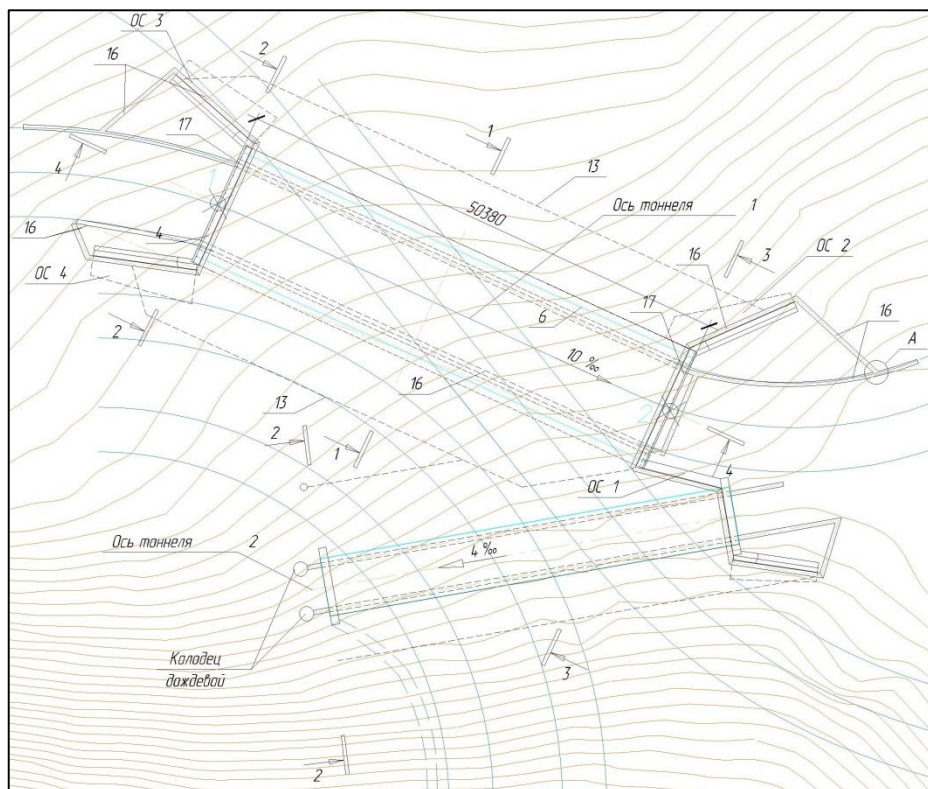


Рисунок 14 – Фрагмент генерального плана тоннельных переходов

На рисунке 14, который представляет фрагмент генерального плана, можно увидеть, что граница строительства нижнего туннеля располагается в непосредственной близости с достаточно крутой наклонной поверхностью рельефа. Одна-

ко, при наличии скальных пород отображения на схеме топографической информации не достаточно, так как разработка таких грунтов требует больших временных и финансовых затрат, а так же применение специальной техники. Кроме этого, подобный характер рельефа значительно ограничивает территориальное пространство, необходимое для размещения техники, строительных материалов, необходимых для организации строительно-монтажных работ. В подобных стесненных условиях необходимо учитывать буквально каждые десять сантиметров для «обхода» скальных пород, обрывов, откосов, сыпучих грунтов и т.п. форм рельефа для уменьшения объемов разрабатываемого грунта и для возможности оптимально вписать проектируемые сооружения в существующий рельеф.

Для достижения данных целей автором работы [98, 99] предлагается ввести новый вид топографической продукции – инженерно-топографический план.

Под инженерным топографическим планом автор работы предлагает принимать топографические планы масштабов 1 : 500, 1 : 200 и 1 : 100, с нанесенными объектами проектирования, а так же с указанными линейными размерами между главными осями сооружений, а так же размерами до основных конструктивных элементов проектируемых объектов, в том числе и до основных форм рельефа (обрывы, скалы, расщелины).

Отличительной особенностью инженерных топографических планов от топографических планов будет являться их содержание и наполнение. Под содержанием необходимо понимать все объекты, отображаемые на инженерном топографическом плане. Под наполнением инженерного топографического плана необходимо понимать дополнительную информацию по объектам в различных форматах представления.

В таблице 28 представлен сравнительный анализ характеристик топографических планов масштабов 1 : 5000–1 : 200 (1 : 100) с описанием назначения и их наполнения.

Таблица 28 – Характеристики назначения и наполнения топографических планов различных масштабов

Критерии	Масштаб плана				
	1 : 5000	1 : 2000	1 : 1000	1 : 500	1 : 200 (1 : 100)
Назначение	Разработка проектов размещения строительства средних, больших и крупных городов, генеральных планов	Разработка генеральных планов поселков городского типа, малых городов, сельских населенных пунктов	Составление рабочих чертежей и технических проектов для последующей застройки территорий не застроенных или с одноэтажной застройкой	Составление рабочих чертежей многоэтажной капитальной застройки с густой сетью подземных коммуникаций, генерального, исполнительного плана участка строительства и др.	Проектирование объектов в районах с густой городской застройкой, сложным рельефом, разработки рабочих чертежей, ведения исполнительного генерального плана участка
Наполнение	Топографический план			Топографический план, цифровые снимки объектов местности, присутствующих на топографических планах.	Топографические планы как горизонтальные, так и вертикальные, цифровые снимки объектов, склонов местности, цифровые снимки с метрическими показателями, строительные чертежи и т.п.

Рассмотрим более подробно наполнение планов масштаба 1 : 200 и 1 : 100.

Одним из видов наполнения можно принять цифровые снимки поверхностей склонов (рисунок 15).



Рисунок 15 – Снимок поверхности склона в районе выполнения проектирования тоннельных переходов

При проектировании строительства инженерного сооружения важным фактором является определение формы и структуры поверхности склонов или обрывов. В этом случае предлагаемый нами формат наполнения позволяет на этапе проектирования визуально оценить следующее состояние поверхности склона:

- показывать неоднородность поверхности;
- выявлять наличие большого количества выступов и трещин;
- предварительно оценить объем будущих земляных (скальных) работ.

Для возможности разработки данного откоса с целью строительства с помощью предлагаемого наполнения можно дать характеристику существующим трещинам на предмет возможного негативного влияния на безопасность проектируемых сооружений.

Одним из возможных способов получения информации о поверхности склона является выполнение снимков расщелин неметрической цифровой камерой с размещенной поверх них метрической шкалой (линейка/рейка с четко определяемыми на снимках метрическими делениями). Наличие метрической шкалы позволяет производить масштабирование снимков. В этом случае возможны следующие подходы к наполнению:

- при наличии мелких трещин и расщелин наиболее оптимальным будет съемка и промер трещин в наиболее широком месте;
- производить съемку и промер трещин с заранее определенной частотой при равномерной структуре откоса.

Для протяженных расщелин нами рекомендуется делать несколько снимков в нескольких местах с обязательным их координированием и зарисовкой абриса.

Для детального рассмотрения технологии создания инженерных топографических планов рассмотрим рисунок 16.

Грунты по своей классификации делятся на следующие виды [90]: суглинки, супеси, песчаные грунты, глинистые грунты, скальные грунты, глинистые грунты, грунты с органическими примесями, крупнообломочные грунты, насыпные грунты, лёсс.

Наиболее трудоемкими для разработки являются скальные и крупнообломочные грунты. Если в породах скального типа отсутствуют трещины и пустоты, то он может быть использован в качестве основания либо опорной части сооружений. В связи с этим в местах залегания скальных пород необходимо наиболее тщательно подходить к выполнению изыскательских работ.

Крупнообломочный тип грунтов при условии их плотного сложения может быть использован как основания при строительстве инженерных сооружений.

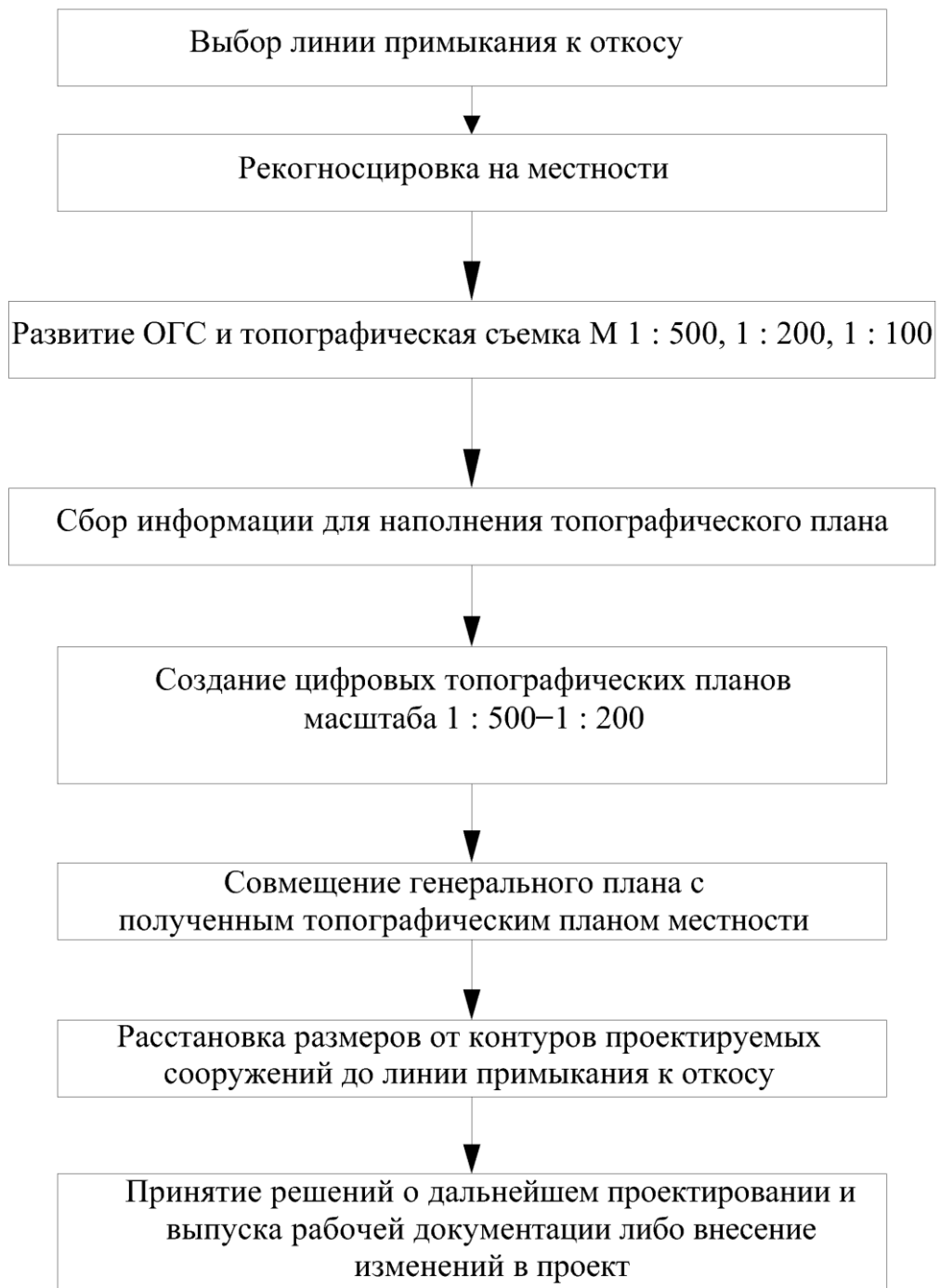


Рисунок 16 – Технологическая схема создания инженерно-топографических планов

Согласно требованиям [76] грунты с высокой трудностью разработки разрабатываются бульдозерами и экскаваторами после взрывного рыхления, или способом взрывов на выброс/сброс.

При рыхлении скальных грунтов взрывным способом рекомендуется применять скважинные или шнуровые заряды, котловые шпурсы.

Для бурения скважин, шпуров применяют бурильные молотки (пневматические перфораторы) и станки, работающие от компрессорной установки.

Взрывные работы можно производить тремя способами [76]:

- взрывание на рыхление грунта, т. е. рыхление скальной породы на куски определенных размеров с их последующей уборкой механизированным способом;
- путем полного или частичного удаления породы при помощи силы взрыва за пределы выемки -на выброс либо с образованием полувыемок – на сброс;
- массивные слаботрещиноватые и плотные породы горизонтального слоения и раздельности разрабатывают путем взрыванием контуров на блоки правильной формы.

В скальных породах разработки выемок осуществляется с наибольшим перебором во избежание последующей трудоемкой и дорогостоящей работы, заключающейся в снятии оставшегося тонкого слоя скальных грунтов.

При взрывных методах разработки и рыхлении породы не допускаются недоборы по основанию выемок. По поверхности откосов недоборы допускаются с теми условиями, что они не должны превышать 0,2 м и при этом должна быть обеспечена их устойчивость [76]. Величины переборов породы после окончательной зачистки откосов и дна выемок не должна быть более величин, указанных в таблице 29.

Таблица 29 – Допустимые значения величин переборов для разработки методом взрывных работах

Скальные грунты	Допустимые величины перебора, допускаемые при разработке, см	
	методом шпуровых зарядов, взрывными способами	При помощи отбойных молотков
Прочные трещиноватые, средней прочности, малопрочные	20	10
Очень прочные нетрещиноватые и прочные породы	10	5

Как видно из таблицы 29 допустимые минимальные величины переборов – 5 см, максимальные – 20 см. Соответственно при составлении инженерных топографических планов с нанесением размеров до миллиметров есть возможность учесть данные величины переборов и минимизировать работы.

Из таблицы 29 следует, что для наиболее достоверного подсчета объемов разработки скальных пород нужно увеличить масштаб съемки и отображения ситуации на топографических планах. Более того, при наличии отвесных скал необходимо показывать расстояния до границы выработки с ошибкой не более 1 см. Это связано с тем, что графическая точность планов выполненных в масштабе 1 : 500 в условиях предгорной и горной местности будет равняться 10 см, а планов масштаба 1 : 200, 1 : 100 4 см и 2 см, соответственно. Опираясь на требования нормативных документов [14, 83] средняя ошибка отображения рельефа для рельефа в условиях горной местности не должна быть более 0,7 мм в выбранном масштабе плана. В натурной величине она составляет 35 см для планов масштаба 1 : 500, 14 см для планов масштаба 1 : 200 и 7 см для планов масштаба 1 : 100. Из данных показателей следует, что ошибка определения высоты при создании топографического плана масштаба 1 : 500 в условиях предгорной и горной местности превышает допустимую величину переборов породы (таблица 27). Данные показатели позволяют сделать вывод о том, что определение объемов работ, а так же затрат по итогам окончательной подготовки скальной породы к дальнейшему выполнению строительных работ будут определены с существенными ошибками. Поэтому, для увеличения достоверности отображаемых горных форм рельефа автором диссертации рекомендуется создавать топографические планы более крупного масштаба, а именно 1 : 200 или 1 : 100.

Согласно требованиям [76] для расчета контурного взрыва исходные инженерно-геологические данные должны включать в себя характеристики:

- указание строительных групп грунта по трудности разработки;
- название горной породы;
- характеристику массивов пород их строение;

– выветривание (взаимное положение систем трещин, пластов относительно оси выемки, трещиноватость, мощность некоторых пластов).

В связи с этим требованием возникает необходимость в отображении условными знаками карстовые образований, расщелин, трещин на топографических планах [70]. С этой целью автором диссертации предлагается производить надпись самого наименования карстового образования, а так же добавить дробь, где в числителе будет указываться средняя ширина, а в знаменателе - средняя глубина карстового образования в метрах (рисунок 17).

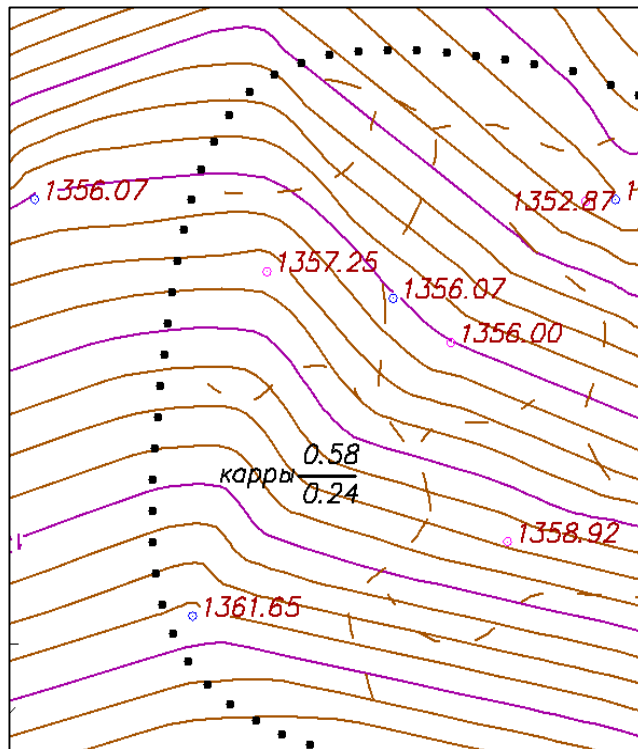


Рисунок 17 – Фрагмент топографического плана с условным обозначением карр

Для расщелин автор диссертационной работы предлагает применять условное обозначение по подобию обозначения вымоин. Если определить глубину расщелины невозможно, то в знаменателе дроби следует писать сокращенное слово «неопред.». Невозможность определения глубины расщелины может говорить о том, что они могут переходить в различные подземные карстовые образования, такие как пещеры. Данные образования могут стать причиной удорожания строи-

тельства, либо прекращении проектирования и строительства объекта. Слева от дробки для обозначения данного характера рельефа (для расщелин) автор диссертационной работы предлагает делать сокращенную подпись «*расщ.*».

С целью получения дополнительной топографической информации на топографическом плане в месте проектирования инженерного сооружения автор диссертационной работы предлагает наносить строительные чертежи. При проектировании инженерного сооружения появляется возможность оценить взаимное расположение скальных грунтов и фундаментов будущего инженерного сооружения и тем самым уменьшить объем работ при разработке скальных грунтов, так как скальные породы прочны могут выступать в качестве опорой части сооружения взамен железобетонных конструкций.

Помимо рекомендованных видов наполнения не менее важную роль играет мониторинг, включая и деформационный, скальных поверхностей в районе производства строительства. Если до начала выполнения строительно-монтажных работ скальные поверхности имели трещины, или же трещины образовались после разработки грунта, то существует вероятность проявления динамических процессов. Динамические процессы могут быть связаны с землетрясениями, техногенными воздействиями, выветриванием и прочими факторами. Поэтому автор диссертационной работы рекомендует перед началом выполнения строительно-монтажных работ в местах с большим количеством расщелин и трещин повторно выполнить обследование скальной породы.

После получения цифровой модели местности и рельефа для целей проектирования и дальнейшего строительства инженерных сооружений на нее наносят контур проектируемого сооружения, а также размеры от контуров элементов объекта до линии предполагаемого примыкания к откосу (рисунок 18). В результате совмещения топографического плана и проектируемого сооружения с размерами будет получен план, который автором диссертационной работы и предлагается называть инженерно- топографическим планом.

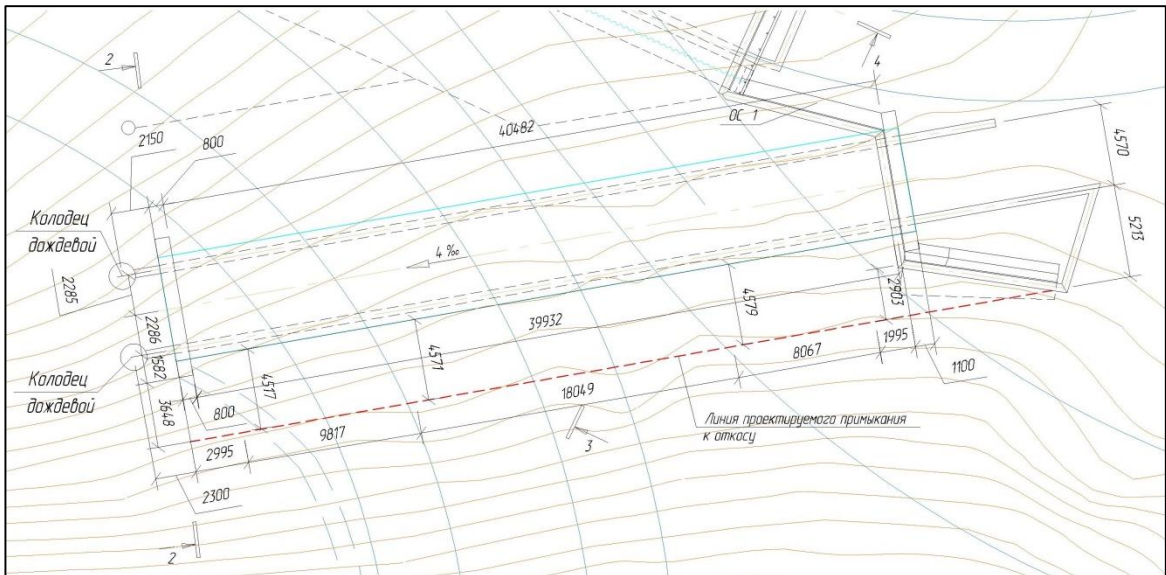


Рисунок 18 – Фрагмент инженерно-топографического плана

Так на рисунке 18 от контуров сооружения, в данном случае туннеля, нанесены размеры (в миллиметрах) до предполагаемой линии проектирования объекта к откосу (красная пунктирная линия). Данные размеры позволяют оценить следующие габариты:

- расстояние до основания откоса;
- оценить необходимость и величину разработки скальных пород относительно линии проектируемого примыкания сооружения к откосу, которые располагаются вблизи проектируемого объекта;
- возможность (или отсутствие данной возможности) применения техники и конкретных строительных материалов для производства строительномонтажных работ.

После составления инженерного топографического плана можно принять решение о выпуске рабочей документации либо вносить изменения в сторону оптимизации строительства.

Таким образом, применение инженерно-топографических планов дает возможность повысить достоверность инженерно-геодезических изысканий и проектной документации для районов горной местности, и, соответственно, осу-

ществлять проектирование с оптимальным расположением объектов будущего строительства на заданном участке.

3.4 Обоснование необходимости и технологическая схема создания вертикальных топографических планов масштаба 1 : 200 для условий горной местности

В соответствии с требованиями [71] к содержанию проекта на этапе проектирования канатных дорог необходимо выполнить инженерные изыскания и камеральную трассировку канатной дороги. При строительстве канатных дорог в качестве исходного топографического материала используются планы масштабов 1 : 500, 1 : 200.

Основными отличительными особенностями при создании топографических планов в горной местности являются:

- требования, предъявляемых к созданию ОГС;
- площади съемки;
- создание дополнительной информационной базы.

Одной из особенностей создания топографических планов в горных условиях является то, что канатные дороги относятся к сооружениям линейного типа с отдельно стоящими фундаментами, предназначенными для монтажа транспортного, приводного оборудования. При этом в зависимости от типа канатных дорог размер фундаментов может варьироваться от нескольких квадратных дециметров, до нескольких сот квадратных метров (например, канатные дороги типа 3S [41, 42], где размер фундаментов может достигать 50 x 50 м), а расстояния между фундаментами могут составлять от 100–200 м до нескольких километров. В связи с этим основной особенностью создания планов для проектирования канатных дорог служит локальность топографических планов масштаба 1 : 200 для проектирования фундаментов опор.

Так как канатные дороги располагаются преимущественно в горной местности, то характер рельефа, подлежащий топографической съемке, значительно вли-

яет на методы съемки и трудозатраты. Так при топографической съемке масштаба 1 : 200 возможно использовать пункты ГРО, развитую для выполнения СМР на объекте. Это обусловлено тем, что пункты ГРО сгущают с точностью, необходимой для обеспечения геометрических параметров при строительстве конструктивных частей КД. Данные характеристики удовлетворяют требованиям, предъявляемым к точности положения съемочных пикетов масштаба 1 : 200. Количество и метод закрепления пунктов ГРО обеспечивает необходимую плотность для выполнения топографической съемки заданного масштаба.

Непосредственно на территории размещения фундамента опоры, желательно выполнять съемку масштаба 1 : 200 с запасом по контуру до 5 м. Высоту сечения при этом принять 0,25 м. Это объясняется тем, что в условиях горной местности характер рельефа неравномерными и неоднородный. В связи с этим могут увеличиваться затраты на разработку грунта, количество бетона, используемого для устройства фундаментов, временные и трудозатраты. Топографический план масштаба 1 : 200 позволит с большей точностью рассчитать объем работ и предупредить риски по внесению изменений в проект.

По коридору канатной дороги необходимо выполнять съемку масштаба 1 : 500, т.к. для выполнения и подготовки работ необходимо организовывать подъездные пути и технологические площадки для размещения материала и техники. Данные работы так же должны быть учтены при расчете объемов работ и трудозатратах. В связи с тем, что подъездные дороги и технологические площадки в данном случае не относятся к ответственным сооружениям, то точности топографических планов масштаба 1 : 500 будет достаточно для проведения данных видов работ.

Кроме горизонтальных планов автором диссертационной работы предлагается создавать новый вид топографической продукции – вертикальные топографические планы (ВТП) масштаба 1 : 200 или 1 : 100 [101, 102, 114]. Такие планы являются новым способом получения информации о характере поверхности склонов или обрывов, а также о трещинах на них. Сущность таких вертикальных то-

пографических планов заключается в отображении с помощью горизонталей (или в цифровом виде) поверхности склонов или обрывов на вертикальной плоскости.

Необходимость создания вертикальных топографических планов обусловлена тем, что наличие сложным форм рельефа, таких как откосы, обрывы, пещеры, расщелины, трещины порою не могут быть отображены на горизонтальных топографических планах без увеличения графической нагрузки (рисунок 19).



Рисунок 19 – Цифровой снимок обрыва

Кроме того, развитие горнолыжной культур в России в сочетании с возрастающей активностью круглогодичного использования горноклиматических курортов требует быстрого и качественного формирования инфраструктуры, которая должна учитывать лучшие достижения мировой горно-туристической индустрии и отвечать всем стандартам технической укомплектованности, комфорта и безопасности. При этом обеспечение безопасности заключается в предотвращении

таких процессов, как оползни, лавины и камнепады, которые представляют угрозу для жизни и здоровья людей, а так же наносят разрушения материально-технической базы курортов [40].

Для защиты территорий от камнепадов используют два подхода [40]:

- улавливание подвижной массы камней;
- предотвращение падения массы камней.

Данные подходы осуществляются при помощи:

- устройства карманов из металлической сетки, крепящейся к склону;
- установки помощью камнеулавливающих барьеров;
- использование систем, в основе которых лежит высокопрочные металлические сетки, закрепленные на склоне с максимально плотным прилеганием к поверхности склона.

При этом вертикальный топографический план масштаба 1 : 200 также как и горизонтальный будет иметь локальный характер соответствующего масштаба.

Рассмотрим технологическую схему, представленную на рисунке 20, которая более детально представляет процесс создания вертикальных топографических планов.

В первую очередь перед созданием вертикальных топографических планов необходимо оценить, какие из ранее выполненных инженерных изысканий в районе проектирования имеются в наличии и когда они были выполнены. Как правило, результаты инженерных изысканий выполнены в масштабе 1 : 500 и мельче. Согласно требованиям [83] при инженерных изысканиях топографическая съемка для строительства предприятий, сооружений и зданий выполняется в масштабах 1 : 200–1 : 10 000, что для условий горной местности данного требования может оказаться недостаточно.

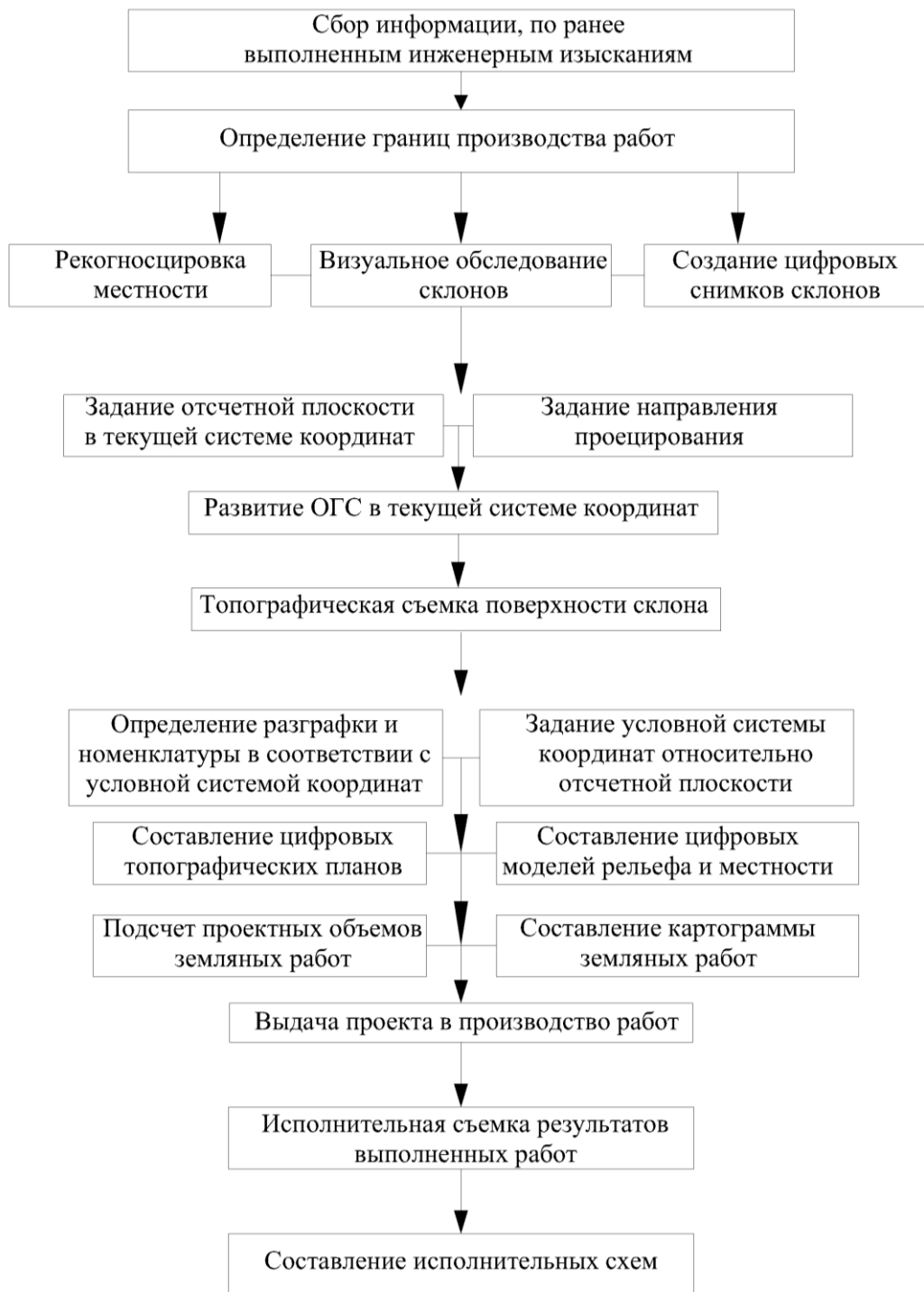


Рисунок 20 – Технологическая схема создания вертикальных топографических планов

Рассмотрим сказанное на примере рисунка 21, на котором представлена имеющая топографическая съемка в масштабе 1 : 200, выполненная перед началом проектирования, на котором нанесена линия проектируемого газопровода.

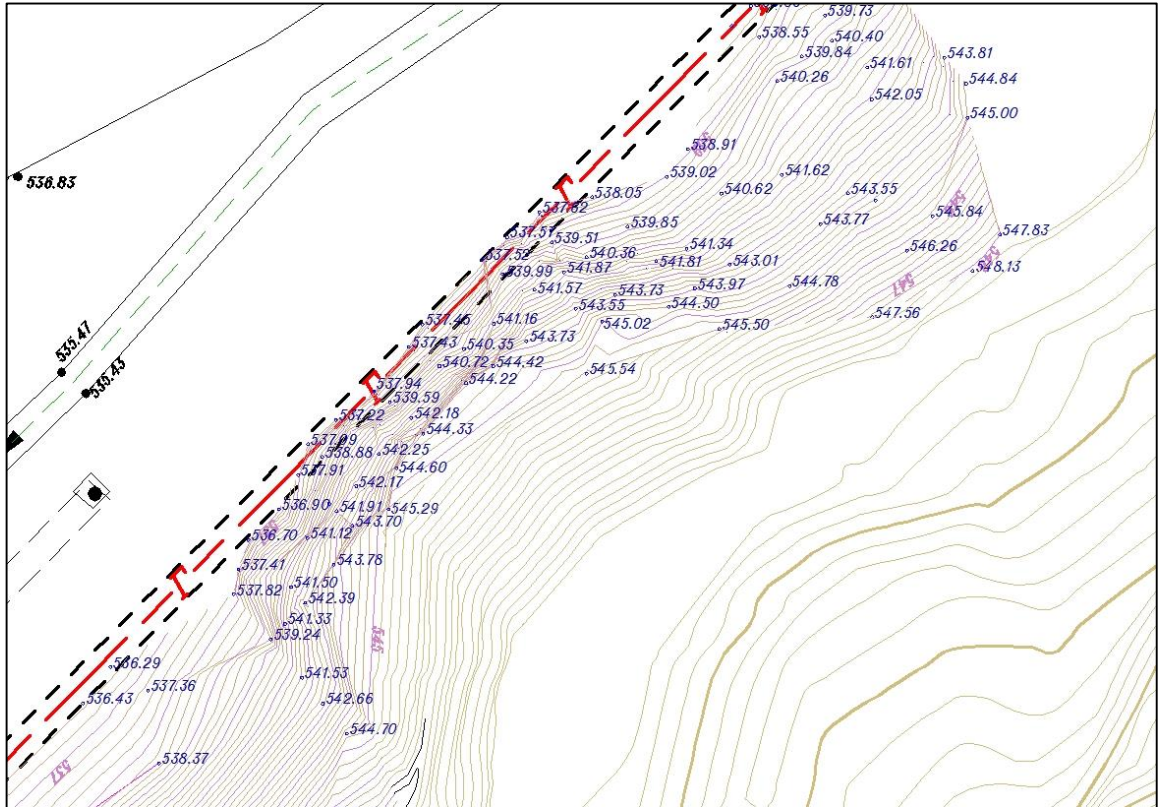


Рисунок 21 – Фрагмент топографического плана участка местности
масштаба 1 : 200

Из рисунка 21 следует, что характер рельефа в районе проектирования линии газопровода имеет достаточно большую кривизну. При этом высокая плотность высотных отметок и наличие горизонталей затрудняет чтение рельефа. Поэтому дополнительная информация в виде вертикального топографического плана будет способствовать принятию решений по выбору способа производства земляных (скальных) работ, а также определения их объема.

3.5 Методика задания плоскости и направления вертикального проецирования

Для того, чтобы создать вертикальный топографический план на основе данных, полученных из цифровой модели рельефа (3D-модель) необходимо опре-

делить, относительно чего будет производиться вертикальная съемка, а именно, необходимо задать плоскость вертикального проецирования.

Поэтому сначала определяется место для будущего проектирования расположения инженерного сооружения и в камеральных условиях (рисунок 22) задается предполагаемая линия примыкания объекта к характерным поверхностям (откосы, обрывы и т. д.).



Рисунок 22– Задание предполагаемой линии примыкания объекта к откосу

После камерального определения линии примыкания объекта в районе будущего производства работы выполняются детальная топографическая съемка местности масштаба 1 : 200. Для чего в районе работ необходимо производится развитие съемочного обоснования с тем расчетом, чтобы съемка охватывала весь участок проектирования. На следующем этапе выполняется топографическая съемка участка в заданном масштабе.

Наиболее логичным и целесообразным в случае с проектированием линейных объектов является выбор плоскости проецирования, которая совпадает с данной линией, либо проходит параллельно ей. Кроме этого необходимо задать направление проецирования. Так, в случае, представленном на рисунке 23, большая часть поверхности склона находится справа от линии газопровода и плоскости проецирования.

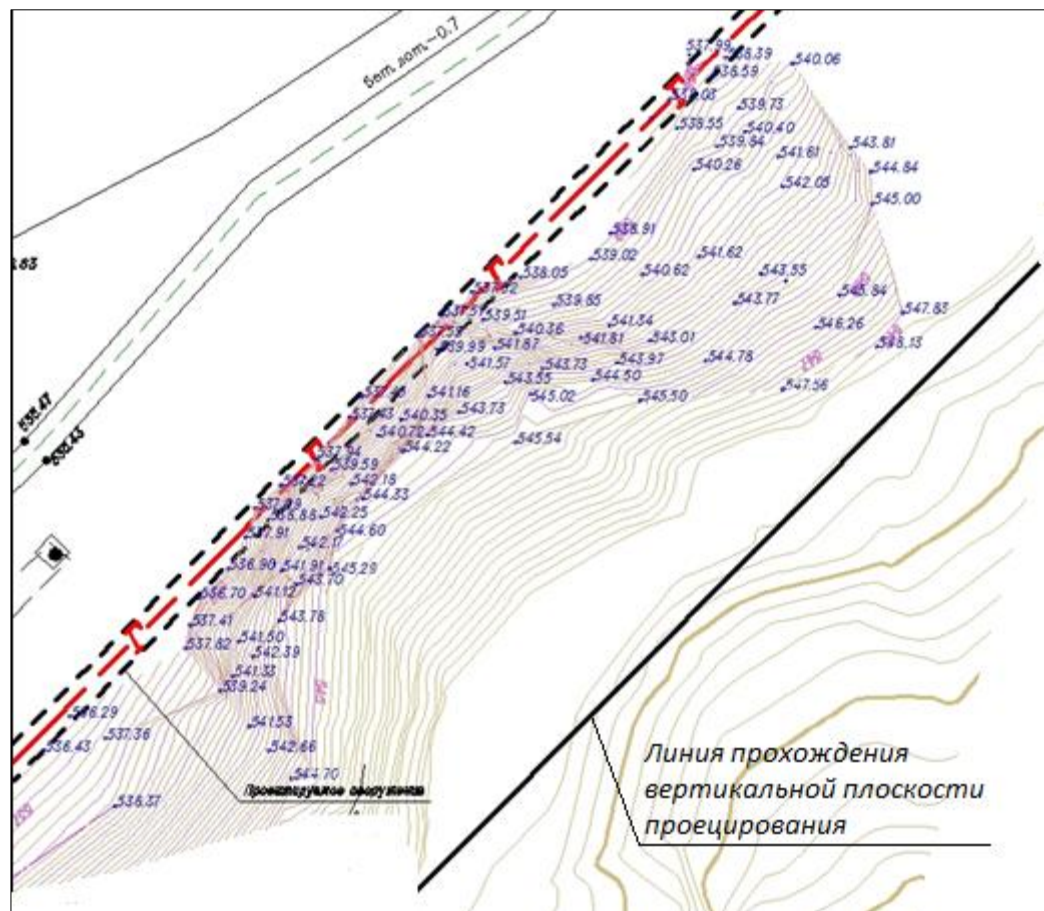


Рисунок 23 – Задание линии вертикального проецирования на горизонтальном топографическом плане

В этом случае плоскость проецирования необходимо сместить вправо от линии газопровода (дороги, тоннеля). Тогда вся поверхность склона, которая будет подвергаться земляным (скальным) работам во время строительства, будет располагаться с одной стороны от вертикальной плоскости (рисунок 23). Такое положение плоскости проецирования удобно в том случае, если мы предполагаем незначительную работу с поверхностью откоса, либо нам необходимо задать границу выполнения разработки скальной породы, при строительно-монтажных работах необходимо задать границу выполнения разработки скальной породы.

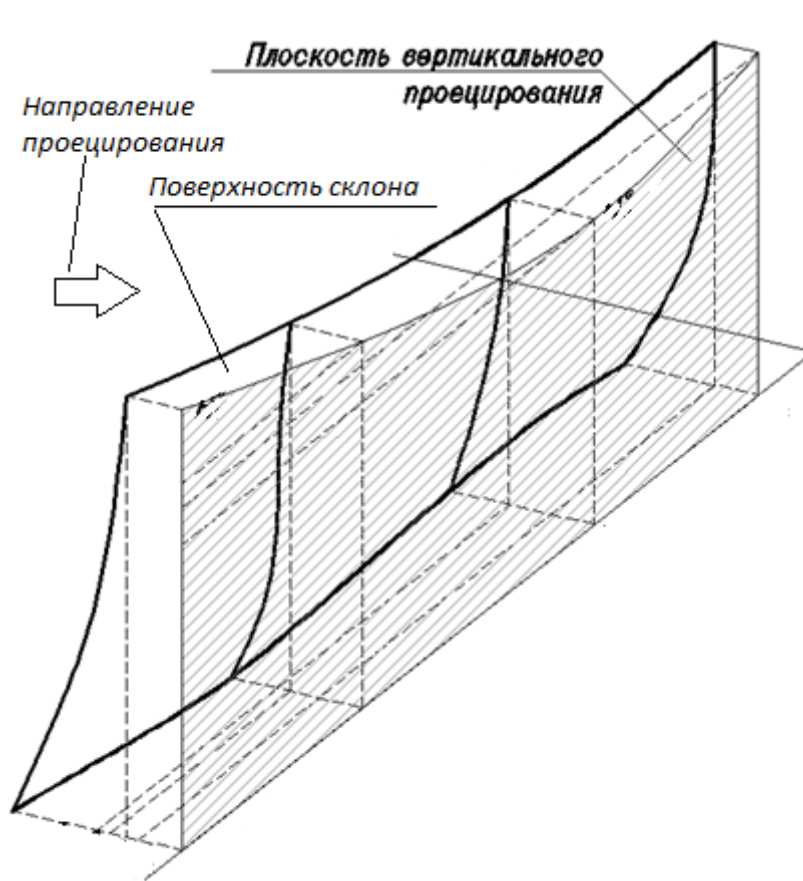


Рисунок 24 – Задание направления проецирования на вертикальную плоскость

После задания плоскости проецирования производится создание съемочного обоснования для производства полевых измерений.

3.6 Схема создания съемочного обоснования при создании вертикальных топографических планов

После того, как было задано положение вертикальной плоскости проецирования и направления проецирования можно приступать к развитию геодезического съемочного обоснования на местности.

Развитие планового положения пунктов съемочного обоснования предлагается развивать при помощи проложения тахеометрических ходов, спутниковых методов либо с помощью использования обратной линейно-угловой засечки. Для создания высотного обоснования предлагается использовать метод тригономет-

рического нивелирования. Данные методы развития съемочного обоснования обеспечивают точность полигонометрии 4 класса, 1 разряда и нивелирования III класса [42]. Создание пунктов съемочного обоснования происходит в то же системе координат, в которой происходил выбор плоскости проецирования.

Методику планового определения пунктов съемочной сети с помощью спутниковых технологий предлагается выполнять аналогично методике, описанной в [42], а именно в производить сведенные сеансы синхронизированных наблюдений с использованием трех приемников ГНСС. Продолжительность наблюдений должна длиться от 1 до 3 ч в режиме «статика». Для обеспечения точности планового положения пунктов в среднем не грубее 10 мм необходимо выполнять два цикла наблюдений с изменением высоты приемников.

Для развития высотного обоснования предлагается выполнять тригонометрическое нивелирование. С целью ослабления исключения влияния горизонтальной и вертикальной рефракции на разных высотах длина плеча при наблюдениях не должна превышать 60 м. Измерения необходимо выполнять в прямом и обратном направлении по линии нивелирования синхронными наблюдениями. При этом делать как минимум два приема измерений. После уравнивания невязка составила 10 мм [42]. Данная точность выполненных измерений сопоставима с точностью III класса геометрического нивелирования и удовлетворяет требованиям создания съемочного обоснования.

Пункты съемочного обоснования необходимо закреплять таким образом, чтобы с минимального количества точек можно было охватить максимально снимаемую поверхность. В рассматриваемом случае для обеспечения съемки склона с максимальной информативностью необходимо два пункта съемочного обоснования. При выборе количества точек съемочного обоснования следует учитывать протяженность снимаемого участка и его конфигурацию. Это обусловлено тем, что чем значительнее поверхность склона отлична от вертикальной плоскости, тем больше съемочных точек необходимо для охвата всех граней откоса. Одна из таких схем развития съемочного обоснования представлена на рисунке 25.

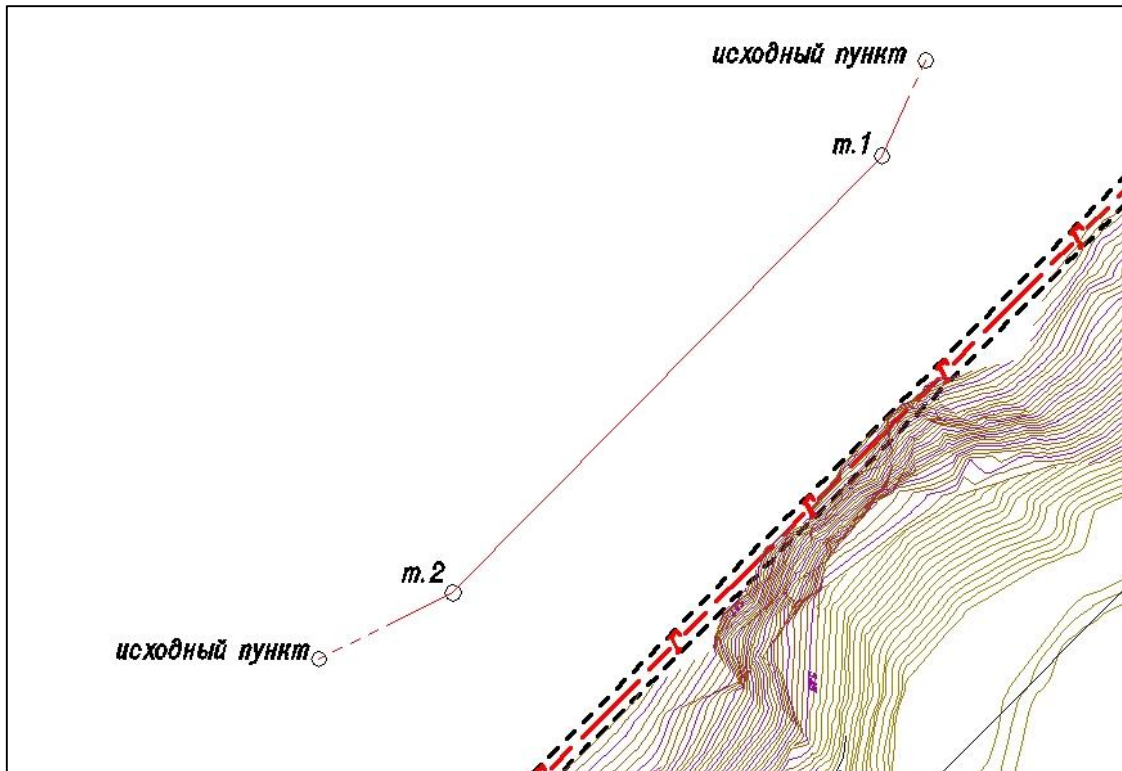


Рисунок 25 – Схема развития съемочного обоснования для создания ВТП

После того, как пункты съемочного обоснования будут закреплены на местности, можно приступать к съемке поверхности склона. При выполнении съемки необходимо снимать все характерные особенности склона (трещины, выступы и т. п.). Так как поверхность склона, в данном случае достаточно отвесная, то съемку можно производить безотражательным способом в тех местах, где на склоне отражающая поверхность позволяет это сделать.

Параллельно со съемкой склона в местах расположения расщелин и трещин необходимо закрепить светоотражающие пленки, для мониторинга данных форм поверхности склона. Так как в процессе выполнения строительно-монтажных работ возможно расширение трещин (это может привести к возникновению провалов и осыпей), то своевременный мониторинг позволит отследить и предупредить неблагоприятные процессы [44].

После создания обоснования производится топографическая съемка поверхности склонов или скал. Частота пикетов выбирается исходя из структуры склона или скалы, она может колебаться в пределах от 0,5 до 5,0 м. Измерения могут выполняться с применением отражателей или в безотражательном режиме.

3.7 Задание условной системы координат

После того, как на всей поверхности склона будет проведена съемка, то необходимо определиться, в какой системе координат создавать цифровой вертикальный план. Для этого целесообразно ввести условную систему координат. Ввод условной системы координат обусловлен тем, что вертикальная плоскость проецирования располагается под углом относительно северного направления топографического плана, что позволяет упростить обработку полученных результатов.

Оси координат системы ВТП необходимо задавать с таким учетом, чтобы при вычислениях не получить отрицательные значения (для удобства дальнейшего использования результатов). Так же направление осей необходимо выбрать таким образом, чтобы была возможным отобразить максимально-возможную поверхность склона с помощью на фронтальной проекции.

Так, на рисунке 26 основным элементом проектирования является ось газопровода высокого давления. Следовательно, для адекватного расчета и отображения поверхности склона необходимо плоскость проецирования задать параллельно данной оси. При этом ось Y^B , будет так же, параллельна проектируемой оси газопровода. Следующим шагом будет выбор начала системы координат $X_o^B Y_o^B$, и направление осей Y^B и X^B . Их необходимо задать с таким образом, чтобы во избежание отрицательных координат точки съемки лежали в первой четверти (рисунок 26). Затем для всех осей необходимо добавить верхний апостроф «в», относящий систему координат к вертикальным топографическим планам.

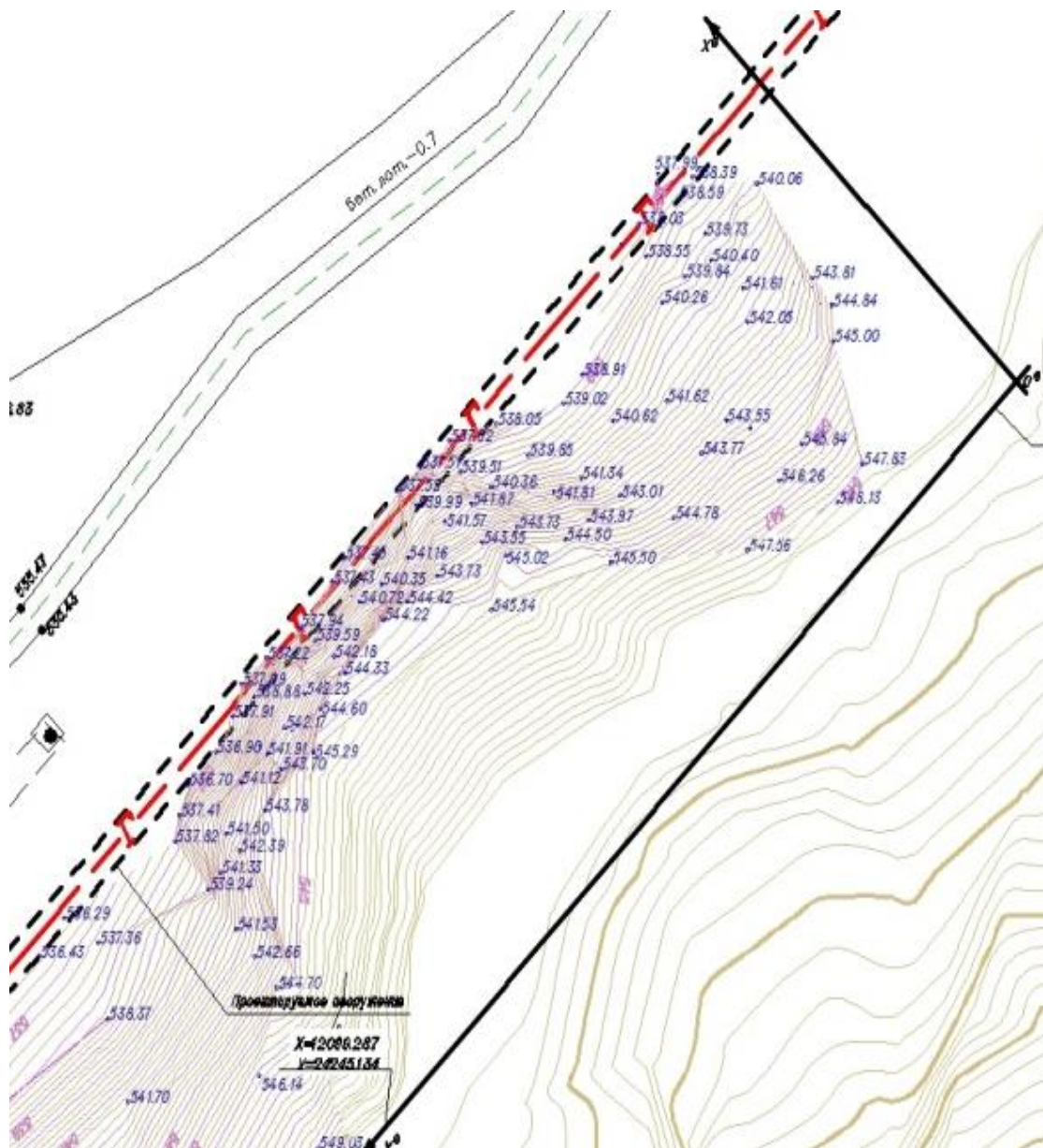


Рисунок 26 – Задание осей условной системы координат при создании вертикальных топографических планов

Ось H^B задается таким образом, чтобы она дополняла систему координат до правой и совпадала с осью H исходной системы координат. Тогда система отсчета высот будет совпадать с исходной и будет производиться в абсолютных высотах, что позволит исключить дополнительные пересчеты высотных отметок, а так же появление сопутствующих ошибок.

В нашем случае схема проецирования поверхности откоса относительно вертикальной плоскости проецирования в условной системе координат отображена на рисунке 27.

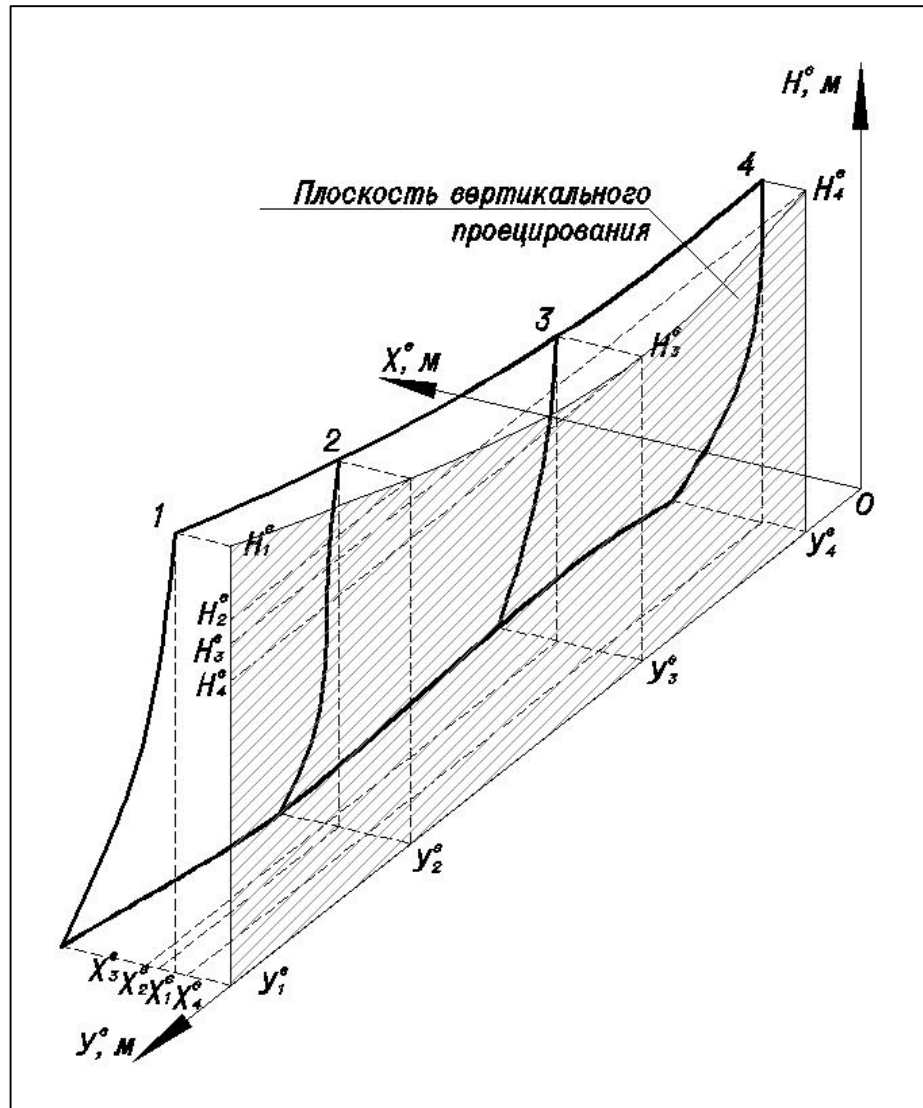


Рисунок 27 – Принципиальная схема проецирования поверхности откоса на вертикальную плоскость в условной системе координат

Для преобразования координат необходимо перейти из местной системы прямоугольных координат в условную систему координат ВТП. Данное преобразование состоит из двух этапов: переноса начала координат и поворота системы координат.

Так согласно [1] для переноса необходимо к компонентам вектора $r_{СК_{исх}}$ добавить вектор $T = (T_x, T_y, T_z)^T$ начала координат системы $СК^B$ в исходной системе координат по формуле (53)

$$r_{СК^B} = r_{СК_{исх}} + T \quad (53)$$

После перемещение производит операцию поворота по формуле (54)

$$r_{CK}^{\beta} = R \cdot r_{CK_{исх}} \quad (54)$$

где R – матрица поворота размером 3×3 .

Каждый элемент матрицы представляет собой косинус углов между осями до и после поворота [1], который записывается в виде выражения (55)

$$R = \begin{bmatrix} \cos(X^B, X_{исх}) & \cos(X^B, Y_{исх}) & \cos(X^B, Z_{исх}) \\ \cos(Y^B, X_{исх}) & \cos(Y^B, Y_{исх}) & \cos(Y^B, Z_{исх}) \\ \cos(Z^B, X_{исх}) & \cos(Z^B, Y_{исх}) & \cos(Z^B, Z_{исх}) \end{bmatrix}. \quad (55)$$

Так как ось H^B сохраняет свое направление с осью H , то матрица примет вид формулы (56)

$$R = \begin{bmatrix} \cos(X^B, X_{исх}) & \cos(X^B, Y_{исх}) & 0 \\ \cos(Y^B, X_{исх}) & \cos(Y^B, Y_{исх}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (56)$$

Затем по результатам выполненной топографической съемки в выбранной системе координат составляется топографический план масштаба $1 : 200$. На данном вертикальном топографическом плане отображаются все снятые трещины и расщелины, находящиеся на поверхности склона. По результатам построения инженерно-топографического плана масштаба $1 : 200$, а так же исходя из вида грунтов, определяется способ проведения земляных (скальных) работ.

При этом, согласно требованиям [83] при составлении специализированных топографических планов существует возможность отображать не всю ситуацию местности, а применять нестандартную высоту сечения рельефа, уменьшать или повышать точность отображения контуров и рельефа местности.

При создании ВТП возникает ряд вопросов, которые необходимо регламентировать для единообразия при их создании, а в последующем, возможно и утвердить официальные нормативные требования.

Также с целью повышения информативности вертикальных топографических планов на этапе рекогносцировки и проектирования в данном районе согласно нашим рекомендациям [69, 95] было выполнено визуальное обследование склона с созданием цифровых снимков местности (рисунок 28).



Рисунок 28 – Фотография поверхности откоса

После анализа снимка (рисунок 28) можно сделать вывод, что практически отвесная скальная поверхность имеет неоднородную физическую структуру, заметны трещины и небольшие углубления у подножья откоса. При этом на топографическом плане подобные данные, в силу требования нормативной документации [93], не отображаются. Соответственно при проектировании и расчете работ эти особенности поверхности откоса не могут быть учтены и использованы для подсчета объемов работ и выборе места проектирования газопровода. При существенном расхождении фактически выполненных работ от проектных необходимо будет вносить изменения в проект, что влечет за собой удорожание и временные задержки при строительстве.

Таким образом, наполнение в виде снимков трещин и вертикальных топографических планов позволят получить более достоверную и полную информацию о склоне.

Необходимо также отметить, что цифровые снимки помогают визуально оценить характер поверхности, однако отсутствие каких-либо метрических данных не позволяют сделать привязку снимка к топографическому плану. В связи с этим, нами рекомендуется выполнить трехмерную цифровую модель склона (ЦМС). Данная цифровая модель будет являться одной из разновидностей ВТП.

3.8 Методика отображения поверхности склона на отсчетной плоскости

Как уже было сказано ранее, в качестве отсчетной плоскости в данном случае будет являться плоскость, проходящая через оси Y^B и H^B (рисунок 27). Все отклонение поверхности склона будут отсчитываться вдоль оси X^B , что позволит разместить объект в плане относительно данного склона с минимизацией земляных работ.

Способы отображения отклонения поверхности от плоскости проецирования представлены на рисунках 29, 30.

За один из способов отображения отклонения поверхности склона от плоскости, можно принять способ изолиний, аналогично отображению горизонталями рельефа на горизонтальных топографических планах. Только в данном случае у съемочного пикета аналогично отметке высот будет являться величина, отсчитываемая по оси X^B . Величина X^B показывает расстояние пикета до вертикальной плоскости проецирования (рисунок 28). Интерполяция изолиний между данными отметками производится согласно заданной величине сечения высот.

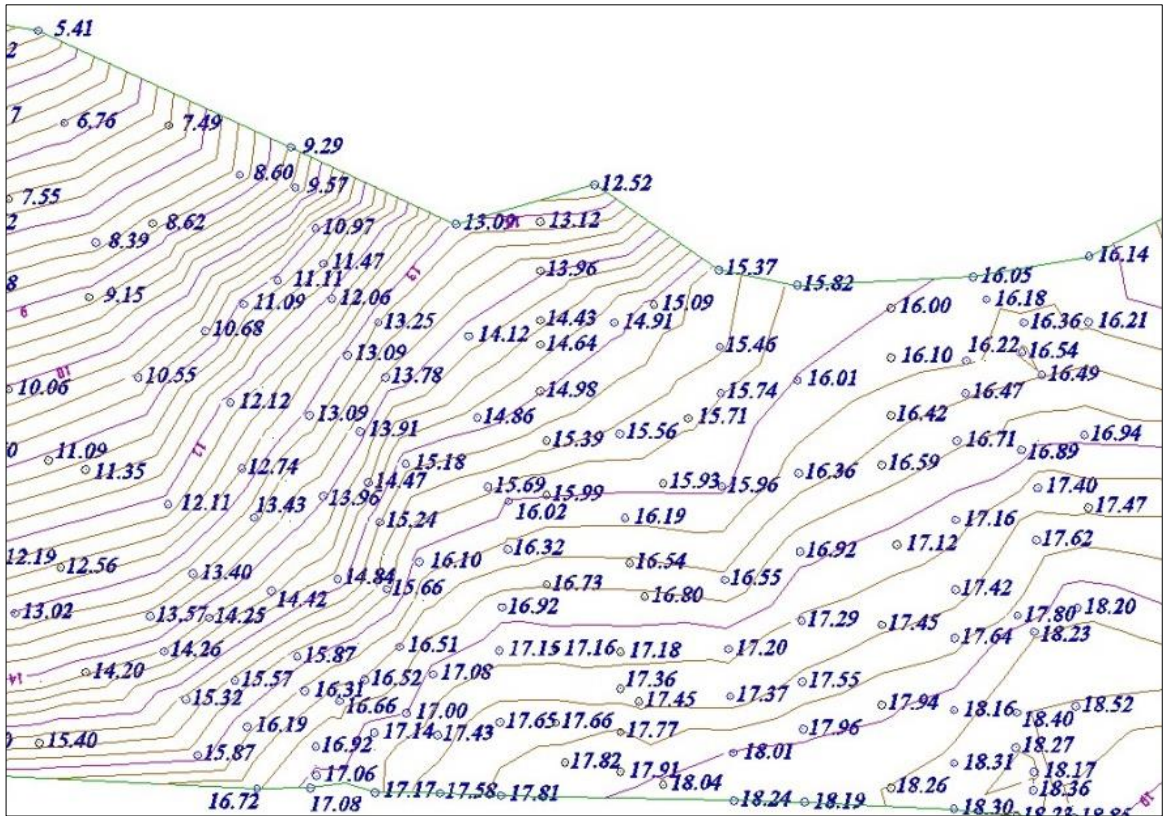


Рисунок 29 – Способ отображения поверхности склона при помощи
изолиний

Для уменьшения загрузки ВТП автором диссертационной работы рекомендуется использовать построение изолиний в совокупности с сеткой квадратов. При этом в совокупности с отображением изолиний в центре каждого квадрата указывается среднее отклонение от плоскости отчета участка поверхности данного квадрата. Шаг сетки квадратов в таком случае задается в соответствии с характером поверхности склона (рисунок 29). Так, если поверхность склона имеет ярко-выраженные выступы, впадины, расщелины, и их число более 70 %, то сетку квадратов рекомендуется принимать с расчетом 2 x 2 м.

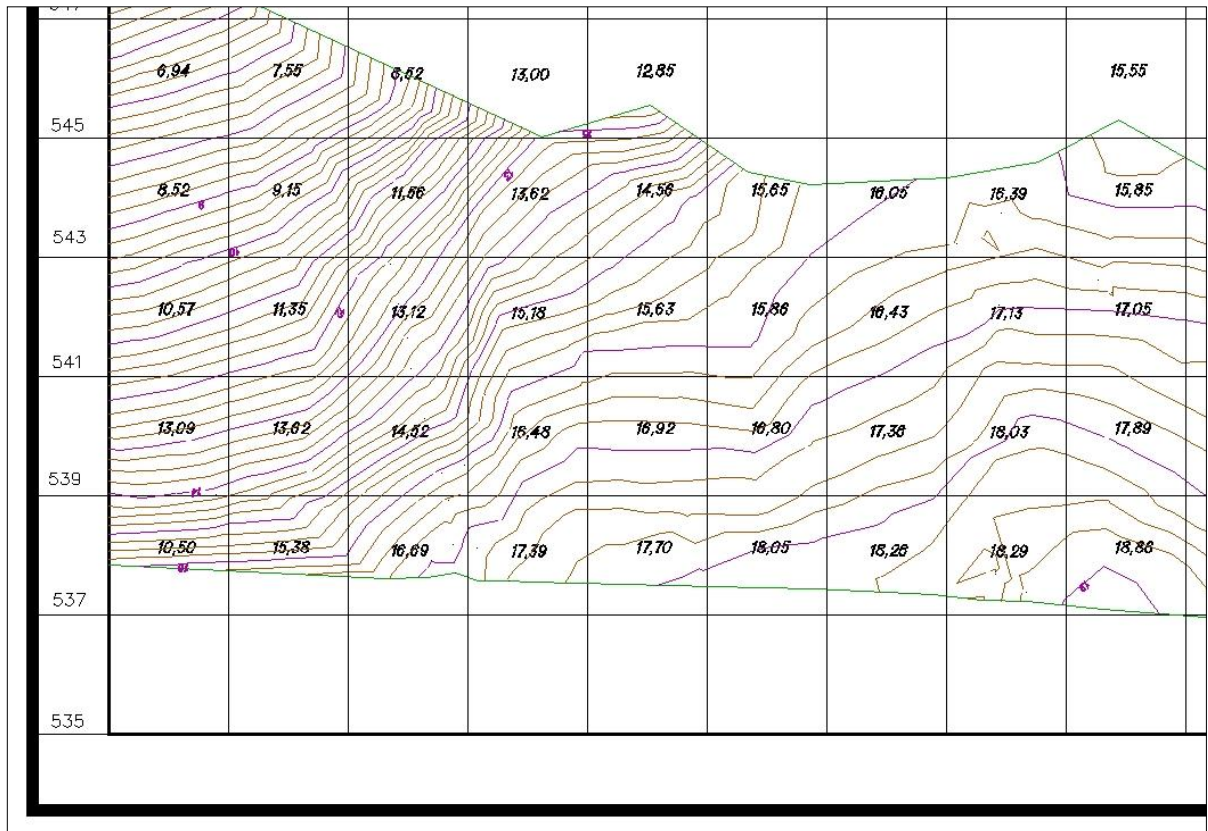


Рисунок 30 – Фрагмент вертикального топографического плана масштаба 1 : 200 изображенный с помощью изолиний и сетки квадратов

При наличии характерных особенностей склона (около 50 %) сетку рекомендуется задавать с шагом 4 x 4 м, при меньшем процентном соотношении сетку квадратов можно принимать 5 x 5 м [101].

Вертикальные топографические планы нами рекомендуется составлять по аналогии с горизонтальными топографическими планами, применяя условные знаки в соответствии с требованиями нормативного документа [93], а так же рекомендациями, предложенными в работе [70].

Зарамочное оформление ВТП автором диссертационной работы предлагается выполнять по аналогии с зарамочным оформлением топографических планов за тем исключением, что сетку координат заменить на сетку высот. Под сеткой высот необходимо понимать горизонтальные линии, соответствующие отметкам, кратные целым числам [101]. Шаг сетки высот будет зависеть от масштаба ВТП. Так как ВТП предполагается создавать в крупных масштабах 1 : 500–1 : 100, то шаг сетки высот для масштаба 1 : 500 предлагается проводить через 4–5 см. Дан-

ная величина шага не будет создавать излишней нагрузки на содержание вертикального топографического плана, обеспечит кратность высотных отметок целым числам, а так же позволит создавать удобную систему отсчета.

Для сетки высот за начальную отсчетную отметку предлагается принимать ближайшее меньшее целое число для данного участка ВТП.

После того, как была получена трехмерная цифровая модель вертикальной поверхности склона можно приступить к подсчету планируемых объемов земляных работ. Объемы работ автором диссертационной работы рекомендуется отображать в виде сетки квадратов [103], в которых будут нанесены проектные, фактические отметки, величина срезки или насыпи породы и, непосредственно, объем работ.

Как один из вариантов отображения объемов возможно применение штриховки: для «отрицательных» объемов (разработка грунта) – горизонтальная штриховка синего цвета. Для «положительных» (заполнение раствором, насыпной грунт) можно применять вертикальную штриховку красного цвета в виде сетки (рисунок 31).

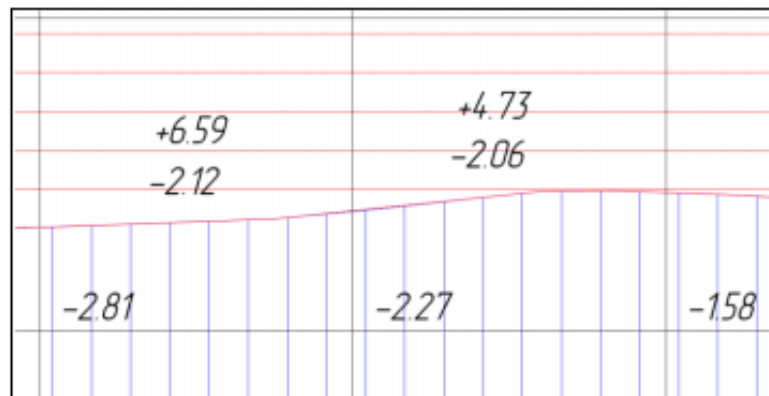


Рисунок 31 – Обозначение объемов работы при помощи штриховки

Полученная картограмма позволит оценить объемы предстоящих земляных работ и при необходимости произвести корректировку этих работ.

Кроме подсчета объемов земляных работ проектный отдел по полученному трехмерной цифровой модели склона полностью разрабатывают проект производства работ.

По завершении каждого этапа производства земляных (скальных) работ необходимо выполнять исполнительную съемку. Эта исполнительная съемка также должна сопровождаться созданием вертикальных топографических планов с подсчетом фактически выполненных работ и с последующей передачей заказчику для подтверждения выполненных объемов работ.

Рассмотрим на примере выбора проектного размещения станции КД (рисунок 31) необходимость создания ВТП. Основываясь на разработанных методиках создания ВТП по результатам трехмерной ЦМР, было установлено, что при смещении станции в северную часть склона необходимо выполнять насыпь и инженерную защиту территории для исключения оползневых процессов под действием веса сооружения. При смещении станции ближе к южной стороне склона необходимо было производить взрывные работы скального массива, располагающегося в данном месте. Съемка массива и составление ВТП показала, что взрывным работам подвергался большой объем скальных пород (около 1,5 тыс.м³). Данные работы достаточно трудоемки и требуют больших финансовых затрат. В связи данными обстоятельствами и расчетами станцию канатной дороги было решено разместить согласно рисунку 32 и сориентировать ее по северо-западному направлению. Данное расположение является оптимальным как точки зрения строительно-монтажных работ, так и с точки зрения последующего мониторинга и эксплуатации объекта.

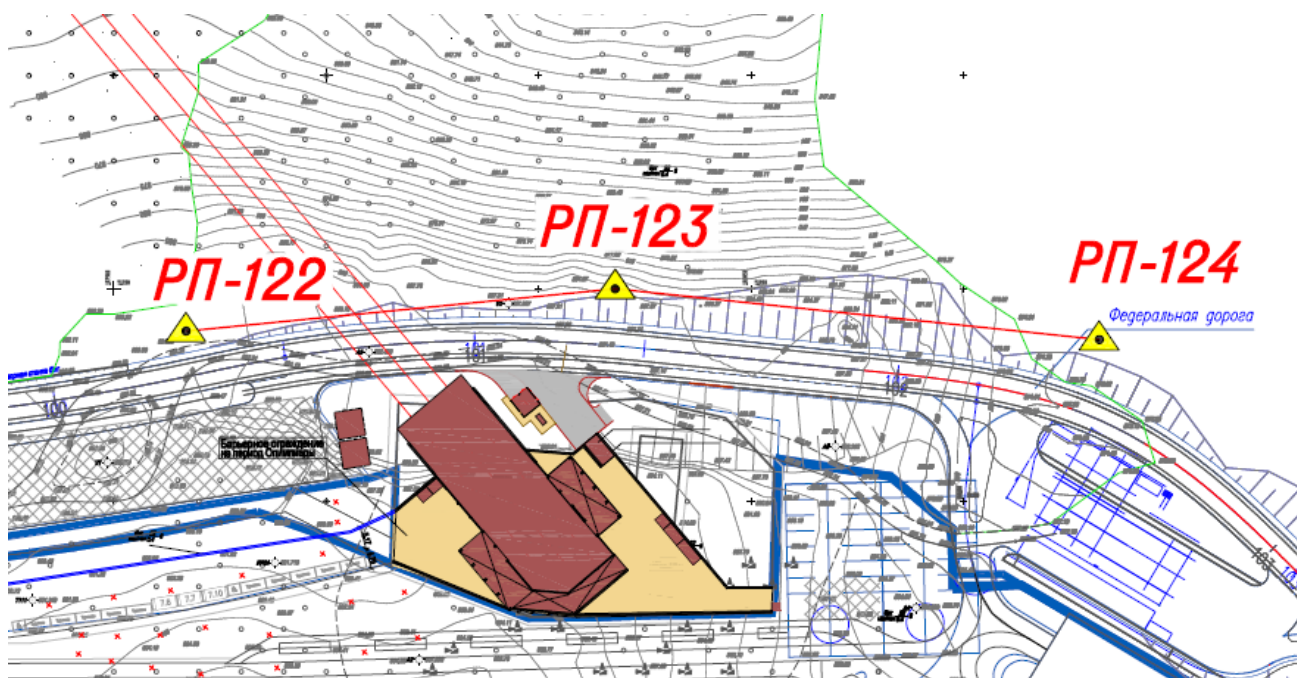


Рисунок 32 – Расположение станции КД по результатам составления ВТП

Для адекватного интерпретирования ВТП должна быть разработана разграфка и номенклатура и она также должна быть привязана к исходной системе координат. Для вертикальных топографических планов масштабов 1 : 250–1 : 100, введение номенклатуры предлагается использовать аналогично принципу, предложенному авторами работы [37] для крупномасштабных топографических планов 1 : 250–1 : 100. Для идентификации номенклатуры листа, как номенклатуры вертикального топографического плана, нами предлагается ввести верхний апостроф «в» к номенклатуре листа, к которому относится участок ВТП, например 7-B-12-25^в[37].

В связи с тем, что ВТП является проекцией на фронтальную плоскость, то данной номенклатуры не достаточно для однозначного определения плоскости ВТП на местности. Это обусловлено тем, что на данном листе существует бесконечное множество различных вариантов расположения вертикальных плоскостей.

Поэтому, для конкретизации положения координирования ВТП на листе необходимо помещать обзорный план, на котором будет обозначена привязка крайних точек линии, образованной пересечением двух плоскостей: вертикальной плоскости проецирования и поверхности земли. Данную задачу можно решить

несколькими способами. Одним из них является указание координат точек заданной линии (в заданной системе) непосредственно на обзорном плане (рисунок 33). Так же можно указывать промеры относительно жестких контуров местности с известными координатами до заданной плоскости проецирования. Третьим способом является указание координат линии пересечения плоскости ВТП и горизонтального плана за номенклатурой листа в скобках. При этом предлагается в качестве разделителя координат разных точек использовать знак «;», а в качестве разделителя координаты одной точки знаком «/».

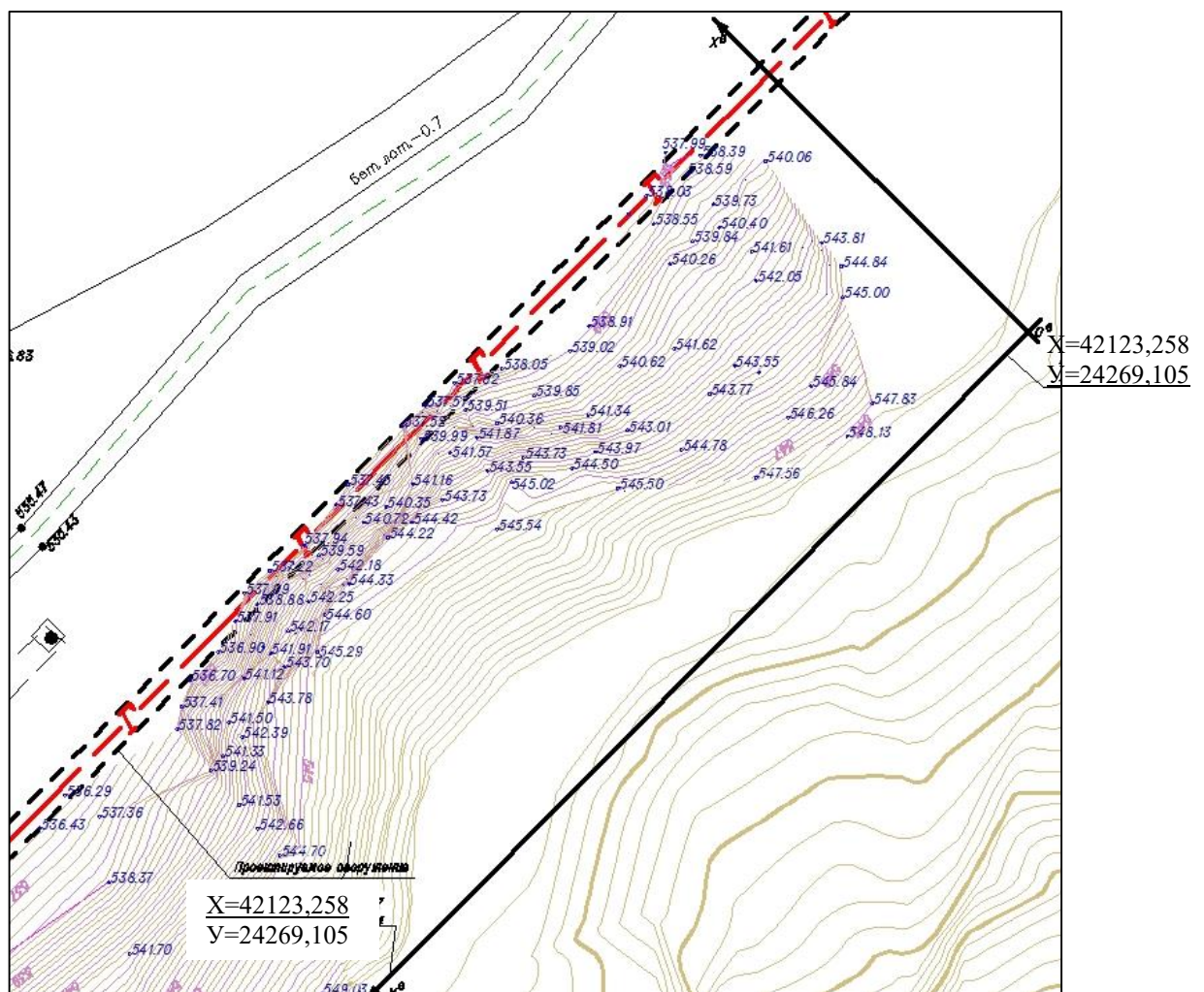


Рисунок 33 – Привязка ВТП к местности

В этом случае первой указывается координата X, второй – координата Y (например: 12123,268/24269,105; 12099,287/24245,134). Необходимо отметить, что данные координаты указываются для плоскости проецирования ВТП в исходной

системе координат, то есть в системе координат горизонтального плана. Это способствует однозначному определению расположения плоскости проецирования ВТП на местности.

3.9 Разработка условных знаков для топографических планов масштаба 1 : 200

При создании топографических планов крупных масштабов 1 : 200 уже существующие условные знаки необходимо дополнить новыми условными знаками. Кроме того, в связи с увеличением детализации отображаемых объектов, уже существующие условные знаки также необходимо адаптировать под более крупный масштаб. Как показала практика, данный вопрос особенно актуален при создании планов масштаба 1 : 200 для горных районов.

В нашем случае на южных склонах Главного Кавказского хребта характер рельефа достаточно неоднороден и на небольшом участке может встречаться как достаточно простой участок с равномерным уклоном, так и вертикальные обрывы, навесы с отрицательным уклоном, карстовые образования, и т.п. Рассмотрим более подробно карстовые образования.

К карстовым образованиям относятся [10]:

– карры (рисунок 34) или шрамы – это небольшие углубления которые представлены в виде рытвин или борозд. Их глубина может варьироваться от нескольких сантиметров до 1–2 м;

– поноры – это вертикально или наклонно расположенные отверстия, уходящие в глубину породы, которые поглощают поверхностные воды;

– карстовые воронки, имеющие наибольшее распространение, как в горных районах, так и на равнинах. Кроме того, карстовые воронки подразделяются по условиям развития наследующие образования:

1) воронки поверхностного выщелачивания (образуются в результате растворяющей деятельности метеорных вод);

2) провальные воронки (образуются в результате обрушения свода подземных карстовых полостей);

– крупные карстовые котловины, на дне которых могут развиваться карстовые воронки;

– поля – это крупные карстовые формы наибольшего размера;

– карстовые шахты и карстовые колодцы – это карстовые образования, которые могут достигать глубины свыше 1 000 м, они являются переходным образованием к подземным карстовым формам;

– различные каналы и пещеры.



Рисунок 34 – Карстовое образование – карры

Наличие всех карстовых образований необходимо обязательно учитывать при составлении топографических планов в районах проектирования, строительства и реконструкции объектов. Это связано с тем, что из поверхностных образований они могут переходить в подземные, а также образовывать карстовые провалы. При этом бурением и геофизическими исследованиями, карстовые полости в соответствии с небольшим диаметром карстового провала, как правило, не выявляются [67], если не считать трещины и пустоты незначительных размеров. В свою очередь наличие полости в карстующихся породах создает условия карстового провала [67], а наличие свода над отверстием в полости характеризует перераспределение напряжений в массиве над полостью в усилия в оболочке свода и условия формирования предельного состояния на контакте с карстующимися по-

родами, но не куполом, образуемым при обрушении грунтов. Согласно работам [54, 67], в зависимости от пород, образующих склон, характеристик трещиноватостей породы в месте наличия трещин, радиуса кривизны границы карстовой чаши, мощности толщи породы над карстовой полостью, а так же средним значением удельного веса грунтов возможно рассчитать предельное состояние карстообразующего массива перед образованием провала и приблизительные размеры предельных диаметров возможных провалов. Соответственно детальное обследование трещиноватости склона позволит спрогнозировать возможные провалы и обрушения, а так же рассчитать их размеры. В свою очередь данные расчеты напрямую повлияют на принятие проектных данных, вплоть до отмены строительства в данном районе. Кроме этого, как указывают авторы работ [57, 67] необходимо не только выявлять, но и в последующем наблюдать за трещинами, имеющимися в породах, расположенных в зоне проектирования и строительства.

Из всех характерных для горной местности рельефных образований (обрыв, карстовые образования, селевые и оползневые сходы и др.) в нормативном документе [93] приведены описания и принципы отображения для обрывов, промоин, карстовых воронок и эрозионных расщелин. Наличие же остальных форм карстовых образований в этом документе не учитывается, что существенно может повлиять на информативность топографических планов, и, как следствие этого, и на принятие проектных решений.

С целью исключения этого недостатка нами [70] для отображения карстовых образований разработаны условные обозначения.

Так как карры представляют собой углубления и борозды на некоторой территории, то исходя из требований к эрозионным расщелинам [93] отображать и подписывать характеристики каждой из борозд не целесообразно. В связи с этим нами предлагается ввести условный знак [70], границы которого, согласно таблице 84 условных знаков [93], обозначают условным знаком 366 для топографических планов масштаба 1 : 500 (контуры растительности, сельскохозяйственных угодий, грунтов и др.). Для самого обозначения площади заполнения карр основной характер рельефа предлагается отображать горизонталями, построенными по

поверхности образований. Сами же карстовые образования предлагается отображать штрихпунктирной линией с равными размерами штрихов и разрывов коричневым цветом.

В качестве характеристики карр также предлагается подписывать наименование карстового образования и указывать в виде дроби среднюю ширину и глубину карстовых образований в метрах, в числителе и знаменателе соответственно (рисунок 17). При наличии каких-либо дополнительных объектов на территории расположения карр их также наносят на топографический план, в соответствии с существующими условными знаками [93].

Кроме отображения карр, существует необходимость отображать и трещины. В документе [93] имеется условный знак для обозначения эрозионных борозд и промоин. Вместе с тем, трещины могут возникать в результате тектонических и технологических процессов. Поэтому авторами работы [70] предлагается адаптировать условный знак 349 «Овраги и промоины» для отображения трещин. Данный тип карстовых образований рекомендуется обозначать по подобию отображения промоин и эрозионных борозд: узкие трещины шириной от 1,5 до 0,5 мм в масштабе плана показывать двойной линией; а если ширина трещины меньше 0,5 мм в масштабе плана, то ее показывать одинарной утолщенной линией [70, 93]. При этом характеристика карстовых образований подписывается в виде дроби, где в числителе указывается ширина по верху трещины, в знаменателе - глубина с наибольшим значением на данном участке, с точностью до сантиметров, через каждые 5–8 см плана при их большой протяженности. Если глубину трещины определить невозможно, то в знаменателе дроби необходимо указывать сокращенное *неопред.* Для однозначного определения данной формы рельефа перед дробью необходимо делать подпись *трещ* [70, 93].

На выбор положения трассы в горной местности особое влияние оказывают и такие формы рельефа, как откос/обрыв. Данные формы рельефа могут быть с нулевым, положительным или отрицательным уклоном (рисунок 19). На сегодняшний день существующие условные обозначения [93] не дают в полной мере понимания характера откоса или обрыва. В связи с этим авторами работы [70]

предлагается внести некоторые поправки в уже существующие условные обозначения [93]. Рассмотрим каждый вид условных изображений более подробно.

В настоящее время согласно требованиям [93] нависающие склоны отображаются в соответствии с рисунком 34.

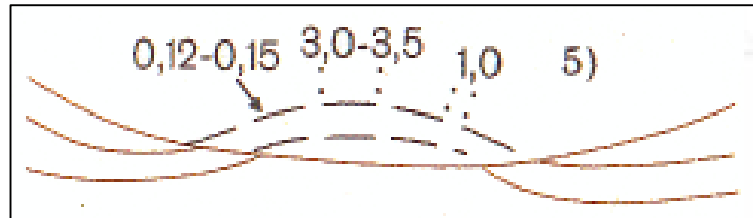


Рисунок 34 – Условное обозначение нависающих склонов

Однако, данный условный знак отображения склона не позволяет в полном мере отразить следующие характеристики:

- место прохождения – основание склона;
- вид рельефа по поверхности склона;
- ширину и высоту склона или обрыва.

В связи с этим, с помощью дроби на данном участке нами предлагается указывать в числителе максимальную ширину обрыва/навеса в метрах, а в знаменателе – высоту обрыва до сантиметров. При наличии протяженных участков характеристику обрыва навеса необходимо указывать через 5–8 см плана. Перед дробью рекомендуется писать сокращение *отр.*, что будет говорить о том, что склон является нависающим и имеет отрицательный уклон. С помощью штриховой линии с равными размерами штриха и пробела 2–2,5 мм черным цветом предлагается обозначать основание склона. Так же необходимо указывать горизонтالي, проходящие по верхней площадке нависающего склона. Пример условного обозначения нависающего склона представлен на рисунке 35.

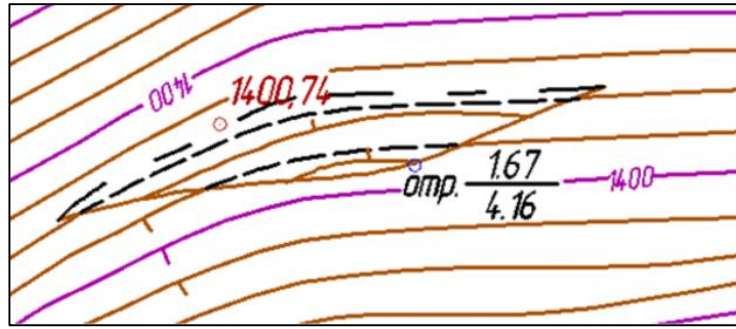


Рисунок 35 – Обозначение обрыва с отрицательным уклоном

Необходимо отметить, что на боковой поверхности навесов/откосов могут находиться трещины. В этом случае на топографическом плане автором диссертационной работы также рекомендуется отображать данные образования. Тогда на стадии проектирования можно будет принять во внимание этот факт.

Также одним из вариантов возможного планового отображения положения трещин на вертикальной поверхности нависающих склонах/откосах с отрицательным уклоном может быть нанесение утолщенной штриховой линии коричневого цвета с размером штриха 1,5 мм и разрывом 1 мм. Рядом с данной линией указываются характеристики в виде дроби: слева от дроби – отметка низа трещины, в числителе – протяженность трещины, в знаменателе – глубина трещины, справа от дроби – средняя ширина трещины до сантиметров.

Предлагаемые автором диссертационной работы варианты отображения трещин на нависающих склонах и откосах с отрицательным уклоном приведены на рисунках 36–39.

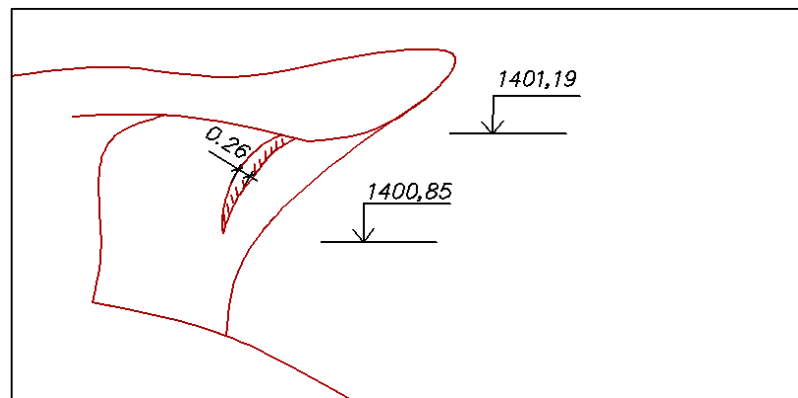


Рисунок 36 –Изображение расщелины на откосе с отрицательным уклоном

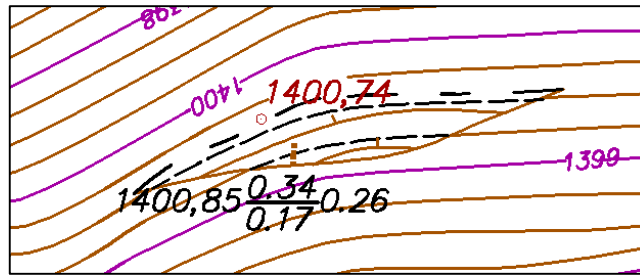


Рисунок 37 – Условное обозначение вертикальных расщелин для откосов с отрицательным уклоном на топографическом плане

Условные обозначения на рисунке 38 свидетельствуют о том, что трещина начинается на отметке 1400,85, имеет протяженность в 34 см, среднюю глубину 17 см и 26 см – среднюю ширину.

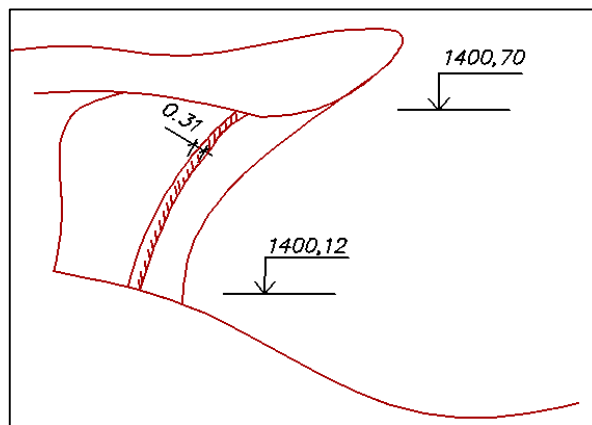


Рисунок 38 – Изображение расщелины на протяжении всего откоса с отрицательным уклоном

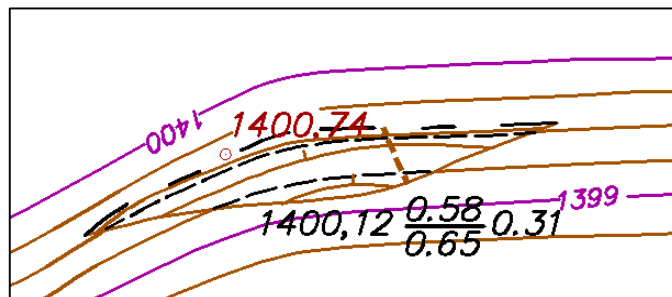


Рисунок 39 – Условное обозначение вертикальных расщелин на протяжении всего откоса с отрицательным уклоном на топографическом плане

Из рисунка 40 можно сделать заключение, что трещина проходит по всей поверхности откоса, и она начинается на отметке 1400,12, имеет протяженность в 58 см, среднюю глубину 65 см и среднюю ширину 31 см.

Для склонов с положительным уклоном рекомендуется аналогичное условное обозначение, но с тем отличием, что линия является сплошной и утолщенной. Пример изображения трещины на склоне с положительным уклоном представлен на рисунках 40, 41.

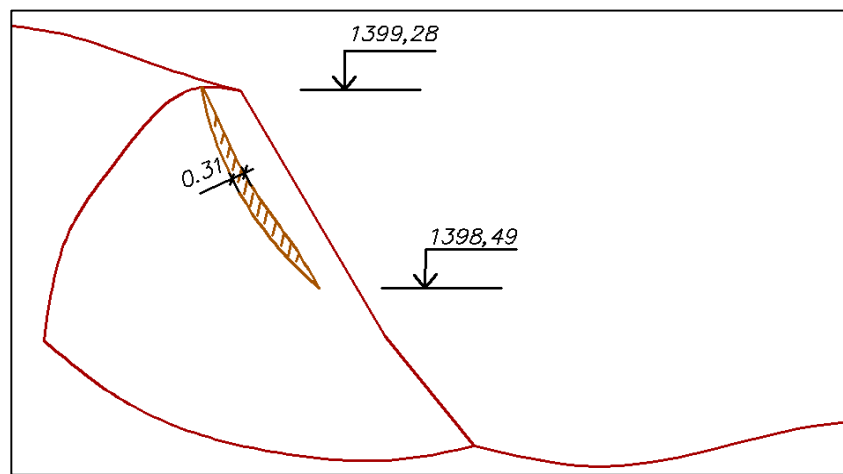


Рисунок 40 – Изображение расщелины на откосе с положительным уклоном

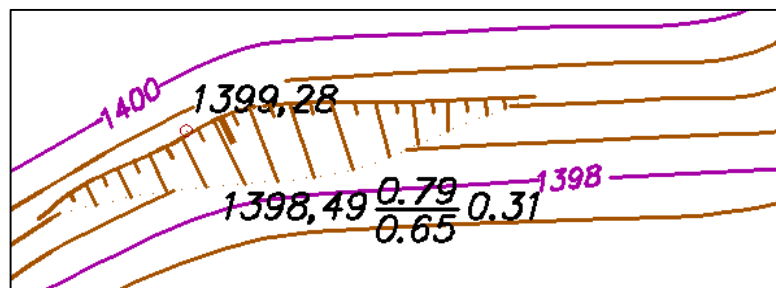


Рисунок 41 – Условное обозначение вертикальных расщелин на откосе с положительным уклоном на топографическом плане

Из рисунка 42 видно, что начало трещина берет на отметке 1398,49 м, в длину данная трещина составляет 79 см, ее средняя глубина на всем протяжении – 65 см, а средняя ширина – 31 см.

Предлагаемые нами условные знаки могут применяться при создании ВТП.

Из практического опыта установлено, что малая информативность топографических планов и цифровых моделей рельефа в горных районах при проектировании довольно часто приводит к ошибочному выбору местоположения объектов строительства. Это, в свою очередь, приводит к необходимости вносить корректировки в проект уже на стадии строительства. Автором работы [3] указывается, что ошибка определения высот в 5 см, а также отсутствие информации о карстовых образованиях, приводят к значительным ошибкам при проектных расчетах объемов работ с целью вертикальной планировки рельефа. В свою очередь, некорректный расчет проектных объемов работ приводит к изменению баланса земляных масс при непосредственном производстве земляных работ. В итоге увеличивает трудозатраты и стоимость выполняемых работ, а также возникает необходимость изменения проекта, что нецелесообразно и экономически невыгодно.

Таким образом, введение новых условных знаков для горной местности с использованием информационной системы позволит не только сократить сроки проектирования, но и повысить качество строительного-монтажных работ в условиях горной местности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В итоге выполнения диссертационного исследования получены следующие основные научные и практические результаты, которые состоят в следующем:

– в результате анализа существующих методик создания крупномасштабных карт и планов, а также исполнительных съемок установлено, что для условий проектирования инженерных сооружений в горной местности информативность картографической продукции является недостаточной;

– для детального изображения рельефа обоснована необходимость и разработана технологическая схема создания крупномасштабных планов масштабов 1 : 500 и 1 : 200 с элементами визуализации (с использованием неметрических цифровых камер), специальными условными знаками и проекцией изображения на вертикальную поверхность. Предложенные технологические решения существенным образом повышают информативность топографических планов, что позволяет оптимизировать ресурсные затраты при изысканиях, проектировании и строительстве инженерных сооружений в горной местности;

– разработана технологическая схема создания нового вида топографической продукции – инженерно-топографических планов масштаба 1 : 200, предназначенных для целей проектирования, строительства, а также проведения исполнительных съемок, что позволяет оптимизировать расположение конструктивных элементов строительных конструкций при их проектировании и строительстве в условиях горной местности;

– для условий горной местности разработана методика создания нового вида топографической продукции – вертикальных топографических планов масштаба 1 : 200, позволяющая детально отображать поверхность скал и обрывов для целей проектирования расположения основных осей инженерного сооружения, а также увеличить точность подсчета объема работ при разработке скальных пород в период строительства;

– усовершенствована методика создания опорной геодезической сети в условиях горной местности, позволяющая создать исходную основу для выполне-

ния крупномасштабного картографирования, которая необходима для оптимального размещения инженерного сооружения.

Результаты выполненных исследований и разработок были внедрены при проектировании и строительстве олимпийских горнолыжных комплексов в городе Сочи.

Таким образом, цель диссертационной работы достигнута, поставленные научно-технические задачи решены.

Перспективы дальнейших исследований должны быть направлены на повышение информативности топографических планов масштаба 1 : 500 и 1 : 200 в условиях горной местности с целью детального отображения на них расщелин и трещин путем указания их глубины, что позволит учитывать данный параметр при проектировании расположения основных осей инженерного сооружения.

В перспективе результаты исследований целесообразно рекомендовать к использованию в существующих нормативных документах, регламентирующих создание цифровых топографических планов и карт, необходимых для картографического обеспечения строительства инженерных сооружений.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ББКД – бугельная буксировочная канатная дорога

БКД – буксировочная канатная дорога

ВГС – высокоточная геодезическая сеть

ВТП – вертикальный топографический план

ГГС – государственная геодезическая сеть

ГНСС – глобальные навигационные спутниковые системы

ГРО – геодезическая разбивочная основа

ИЦММ – цифровых моделей местности

КД – канатная дорога

КСГС – каркасная спутниковая геодезическая сеть

ОГС – опорная геодезическая сеть

ППГР – проект производства геодезических работ

ППКД – пассажирская подвесная канатная дорога

ППР – проект производства работ

СГС-1 – спутниковая геодезическая сеть 1 класса

СГСС – спутниковых геодезических сетей сгущения

СКО – средняя квадратическая ошибка

СМР – строительно-монтажные работы

ЦК – цифровые карты

ЦММ – цифровая модель местности

ЦМР – цифровая модель рельефа

ЦТК – цифровые топографические карты

ЦТП – цифровые топографические планы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Антонович, К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст] : монография : в 2 т. / ГОУ ВПО Сиб. гос. геодез. акад. – М. : Картгеоцентр, 2005. – 334 с. : ил. – 1 т.
- 2 Антонович, К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии [Текст] : монография : в 2 т. / ГОУ ВПО Сиб. гос. геодез. акад. – М. : Картгеоцентр, 2005. – 359 с. : ил. – 2 т.
- 3 Богданова, В. М. Особенности расчета объёмов земляных работ с применением ПК CREDO [Текст] / В. М. Богданова // Актуальные проблемы современного строительства : 63 Междунар. научно-практ. конф. молодых ученых, Санкт-Петербург, 2010. – СПб., 2010. – Ч. 3. – С. 110–113.
- 4 Большаков, В. Д. Справочник геодезиста [Текст] : в 2 кн. / В. Д. Большаков, Г. П. Левчук, Г. В. Багратуни. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Недра, 1975. – 1056 с.: ил.
- 5 Буракова, М. Н. Организация геодезических работ на строительных площадках [Текст] / М. Н. Буракова // Актуальные проблемы современного строительства : 63 Междунар. научно-практ. конф. молодых ученых, Санкт-Петербург, 2010. – СПб.: СПбГАСУ. – 2010. – Ч. 2. – С. 220–222.
- 6 Волкович, Е. В. Разработка технологии получения электронных крупномасштабных планов сложных инженерных сооружений по результатам наземной лазерной съемки [Текст] : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 25.00.35 / Волкович Егор Валерьевич. – М., 2007. – 24 с.
- 7 ВСН 413-80. Инструкция по монтажу подъемно-транспортного оборудования [Электронный ресурс]. – Введ. 01.07.1981. – М. : ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1981 // КонсультантПлюс.
- 8 Генике, А. А. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии [Текст] / А. А. Генике, Г. Г. Побединский. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Картгеоцентр, 2004. – 355 с. : ил.

9 Геодезический контроль исполнительных схем с применением неметрических цифровых фотокамер [Текст] / С. Г. Аглиулин, В. Г. Дёмин, П. П. Сальникова, В. Г. Сальников // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 12. – С. 84–86.

10 Геология [Текст] : учеб. пособие по курсу «Науки о Земле» для студентов, обучающихся по специальности 28020265 «Инженерная защита окружающей среды» / сост. В. А. Михеев. – Ульяновск : УЛГТУ, 2009. – 109 с.

11 ГеоСтройИзыскания. Лазерный сканер Topcon GLS-1500 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gsi.ru/good.php?Id=1953/>. – Загл. с экрана.

12 ГеоСтройИзыскания. Лазерный сканер Z+F IMAGER 5006EX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gsi.ru/good.php?Id=2122/>. – Загл. с экрана.

13 ГКИНП (ОНТА)-01-271-03. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS [Электронный ресурс]. – Введ. 13.05.2003. – М. : ЦНИИГАиК, 2003 // Консультант Плюс.

14 ГКИНП-02-033-82. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 [Электронный ресурс]. – Введ. 01.01.1983. – М. : Недра, 1982 // КонсультантПлюс.

15 ГКИНП-06-233-90. Руководство по математической обработке геодезических сетей и составлению каталогов координат и высот пунктов в городах и поселках городского типа [Текст] / Утв. ГУГК при Совмине СССР 03.07.1990. – М., 1990. – 376 с.

16 Горькавый, И. Н. Разработка и исследование методики обработки и классификации трехмерных данных лазерного сканирования [Текст] : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 25.00.32 / Горькавый Илья Николаевич. – М., 2011. – 24 с.

17 ГОСТ 21778-81. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения [Электронный ресурс]. – Введ. 30.06.1981. – М., 1981 // КонсультантПлюс.

18 ГОСТ Р 50828-95. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования [Электронный ресурс]. – Введ. 01.07.1996. – М. : Изд-во стандартов, 1996 // КонсультантПлюс.

19 ГОСТ Р 51605. Карты цифровые топографические. Общие данные. [Электронный ресурс]. – Введ. 01.01.2001. – М. : Изд-во стандартов, 2000 // КонсультантПлюс.

20 ГОСТ Р 51606-2000. Система классификации и кодирования цифровой картографической информации. Общие требования [Электронный ресурс]. – Введ. 01.01.2001. – М. : Изд-во стандартов, 2000 // КонсультантПлюс.

21 ГОСТ Р 51607-2000. Правила цифрового описания картографической информации. Карты цифровые топографические [Электронный ресурс]. – Введ. 01.01.2001. – М. : Изд-во стандартов, 2000 // КонсультантПлюс.

22 ГОСТ Р 51608. Карты цифровые топографические. Требования к качеству [Электронный ресурс]. – Введ. 01.01.2001. – М. : Изд-во стандартов, 2000 // КонсультантПлюс.

23 ГОСТ Р 52439-2005. Национальный стандарт Российской Федерации. Модели местности цифровые каталог объектов местности требования к составу [Электронный ресурс]. – Введ. 01.07.2006. – М. : Стандартиформ, 2006 // КонсультантПлюс.

24 ГОСТ Р 52440-2005. Национальный стандарт Российской Федерации модели местности цифровые общие требования [Электронный ресурс]. – Введ. 01.07.2006. – М. : Стандартиформ, 2006 // КонсультантПлюс.

25 Градостроительный кодекс Российской Федерации (с изм. на 30 дек. 2015 г.) (ред., действующая с 10 янв. 2016 г.) [Электронный ресурс]. – Введ. 24.12.2004. – М., 2004 // КонсультантПлюс.

26 Гусев, В. Н. Применение лазерно-сканирующих систем при крупномасштабной топографической съемке в городских условиях [Текст] / В. Н. Гусев, Шахин Али фуад, В. К. Носов // Маркшейдерский вестник. – 2011. – № 4. – С. 32–35.

27 Дербенев, А. Г. Создание модели местности по аэрофотоснимкам [Текст] / А. Г. Дербенев // Городские ведомости. – 2014. – № 9. – С. 66–73.

28 Джарроуш, Д. Бытовая цифровая камера как инструмент для точных геодезических измерений [Текст] / Д. Джарроуш // Геопрофи. – 2014. – № 4. – С. 46–49.

29 Дружинин, М. Ю. Изыскательская съемка с помощью трехмерного лазерного сканирования [Текст] / М. Ю. Дружинин // Инженерные изыскания. – 2010. – № 33. – С. 58–59.

30 Заболотский, А. А. Использование открытого программного обеспечения для составления цифровых топографических карт и планов масштабов 1:500-1:10 000 на примере создания ГИС «Саблино» [Текст] / А. А. Заболотский // Вестник СПб. ун-та. Сер.7. – 2014. – № 4. – С. 205–210.

31 Зверев, Л. А. Методика выполнения полевого и камерального контролей при современной технологии крупномасштабной съемки [Текст] / Л. А. Зверев // ГЕО-Сибирь-2010 : IV Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 19-29 апр., 2010 г. : сб. материалов : Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. – Новосибирск : СГГА., 2010. – Т. 1, ч. 1. – С. 97–100.

32 Иванова, О. В. Современные GPS-приемники и контроллеры, их характеристики и область применения [Текст] / О. В. Иванова, Д. Р. Донской, Д. И. Дубиков // Маркшейдерско-геодезическое обеспечение рационального использования, охраны недр и строительства сооружений : межвуз. сб. науч. тр. / ЮРГТУ (НПИ). – Новочеркасск, 2013. – С. 116–119.

33 Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов ГКИНП (ГНТА)-03-010-02 [Электронный ресурс]. – М. : ЦНИИГАиК, 2003 // КонсультантПлюс.

34 Калугин, Ю. В. Оптимизация разбивочных работ [Текст] / Ю. В. Калугин // Вопросы инженерной геодезии в строительстве : межвуз. сб. науч. тр. – Самара, 2012. – С. 14–16.

35 Калугин, Ю. В. Разбивочные работы [Текст] / Ю. В. Калугин // Вопросы инженерной геодезии в строительстве : межвуз. сб. науч. тр. – Самара, 2012. – С. 17–19.

36 Канашин, Н. В. Оценка возможности применения современных наземных лазерных сканеров для топографической съемки [Текст] / Н. В. Канашин, К. П. Виноградов, Д. И. Степанов // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 1. – С. 34–37.

37 Комбинированный способ создания инженерно-топографических планов масштаба 1:500 промышленных территорий и отдельных промплощадок [Текст] / Г. А. Уставич, В. А. Середович, Я. Г. Пошивайло, А. В. Середович, А. В. Иванов // Геодезия и картография. – 2009. – № 1. – С. 31–37.

38 Комиссаров, А. В. Методика совместного получения и обработки данных наземного лазерного сканирования и цифровой съемки [Текст] / А. В. Комиссаров, М. С. Калинина // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 4. – С. 39–42

39 Комиссаров, А. В. Системное представление лазерного сканирования [Текст] / А. В. Комиссаров // Геодезия и картография – 2015. – № 7. – С.18–23.

40 Коновалов, Е. Системы защиты от камнепадов [Текст] / Е. Коновалов // Инженерная защита. – 2014. – № 04(04). – С. 58–63.

41 Кошелев, В. А. Инженерно-геодезическое сопровождение строительства канатных дорог [Текст] / В. А. Кошелев, К. С. Карлин, А. П. Чахлова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014 : X Междунар. науч. конгр., 8–18 апр. 2014 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. – Новосибирск : СГГА, 2014. – Т. 1. – С. 110–115.

42 Кошелев, В. А. Особенности развития геодезической разбивочной основы в условиях горной местности [Текст] / В. А. Кошелев, К. С. Карлин, А. П. Чахлова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013 : IX Междунар. науч. конгр., 15–26 апр. 2013 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. Материалов в 3 т. – Новосибирск : СГГА, 2013. – Т. 1. – С. 87–92.

43 Кравцова, К. А. Сравнение результатов методов полигонометрии и GPS-измерений для целей мониторинга [Текст] / К. А. Кравцова, И. В. Сушкина //

Наука и молодец XXI века : материалы 6 научно-техн. конф. студентов и аспирантов, посвящ. 75-летию СГУПС, Новосибирск, 29 окт.–2 нояб. 2007 г. – Новосибирск, 2008. – С. 66–69.

44 Кузьмин, В. С. Применение компьютерных технологий для решения задач, связанных с изучением трещиноватости скальных массивов [Текст] / В. С. Кузьмин, А. С. Копытин // Вестник Рос. ун-та дружбы народов. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 3. – С. 83–91.

45 Кукушкин, Д. А. Проведение работ по наземному лазерному сканированию [Текст] / Д. А. Кукушкин // Геопрофи. – 2005. – № 2. – С. 21–22.

46 Кулага, И. И. О необходимости создания текущих дежурных планов площадки строительства в условиях горной местности [Текст] / И. И. Кулага, А. П. Чахлова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015 : XI Междунар. науч. конгр., 13–25 апр. 2015 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – Т. 1. – С. 60–63.

47 Кяндарян, А. А. Особенности применения современных тахеометров при выполнении геодезических изысканий в строительстве [Текст] / А. А. Кяндарян, К. В. Яблонский, Ю. П. Дьяконов // Актуальные проблемы строительства : 63 Междунар. научно-практ. конф. молодых ученых, Санкт-Петербург, 2010. – СПб. : СПбГАСУ, 2010. – Ч. 2. – С. 227–229.

48 Лесной кодекс Российской Федерации (с изм. на 28 июля 2012 г). Лесной кодекс Российской Федерации от 4 дек. 2006 г. № 200-ФЗ (в ред., актуальной с 22 июля 2014 г), [Электронный ресурс] : принят Гос. Думой 8 нояб. 2006 года, одобрен Советом Федерации 24 нояб. 2006 г. Введ. 01.01.2007. – М., 2007 // КонсультантПлюс.

49 Макаров, Н. К. Применение ПК GoniCS при проектировании олимпийских горнолыжных трасс [Текст] / Н. К. Макаров, К. Н. Макаров // Геопрофи. – 2014. – № 1. – С. 17–19.

50 Мирхайдаров, И. Д. Комплексный подход к выполнению топогеодезических работ в залесенной местности [Текст] / И. Д. Мирхайдаров // Разведочная

геофизика в 21 веке : 2 Междунар. научно-практ. конф., Уфа, 26 мая, 2010 : сб. докл. – Уфа : Геофизика, 2010. – Вып. 2. – С. 107–109.

51 Михелев, Д. Ш. Анализ современных методов создания крупномасштабных топографических планов застроенной территории [Текст] / Д. Ш. Михелев, А. А. Лобанов // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2002. – № 6. – С. 3–12.

52 Михелев, Ю. Д. О точности топографической съемки в масштабе 1:200 [Текст] / Ю. Д. Михелев, А. А. Лобанов // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2004. – № 2. – С. 21–28.

53 Мищенко, Ю. Оптимизация цифровой модели рельефа по данным воздушного лазерного сканирования [Текст] / Ю. Мищенко // OilandGasJ. Russia. – 2008. – № 9. – С. 97–100.

54 Молоков, Л. А. Взаимодействие инженерных сооружений с геологической средой [Текст] / Л. А. Молоков. – М. : Недра, 1988. – 222 с.

55 Науменко, А. И. Теория и практика программной обработки данных лазерного сканирования [Текст] / А. И. Науменко // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения : сб. материалов Междунар. научно-практ. конф., Санкт-Петербург, 11–13 нояб., 2015 г. – СПб., 2015. – С. 30–31.

56 Неволин, А. Г. Обработка результатов наземного лазерного сканирования с учетом коэффициента отражения сигнала [Текст] / А. Г. Неволин, Т. И. Медведская // Вестник СГГА. – 2014. – № 1. – С. 47–53.

57 Нейштадт, Л. И. Методы инженерно-геологического изучения трещиноватости горных пород [Текст] / Л. И. Нейштадт, А. А. Пирогов. – М. : Энергия, 1969.

58 Новоселов, Д. Б. Проектирование и создание линейно-угловой сети на горнолыжном комплексе г. Зеленая [Текст] / Д. Б. Новоселов // Геодезия и картография. – 2011. – № 6. – С. 11–17.

59 Новоселов, Д. Б. Создание местной планово-высотной геодезической сети на горнолыжном курорте Шерегеш [Текст] / Д. Б. Новоселов, Б. А. Новоселов // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2010. – № 3. – С. 36–40.

60 Нурпеисова, М. Б. Методика обработки геопространственных данных съемки трещин на компьютере [Текст] / М. Б. Нурпеисова, А. Ш. Бек, А. А. Жебитаева // Инновационные технологии для сбора и обработки геопространственных данных для управления природными ресурсами : материалы междунар. конф., 18–19 сент. 2012 г. – Алматы : КазНТУ им. К. И. Сатпаева. – 2012. – С. 33–38.

61 ОСТ 68-3.4-98. Карты цифровые топографические. Требования к качеству цифровых топографических карт [Электронный ресурс]. – Введ. 09.04.98. – М. : ЦНИИГАиК, 2000 // Консультант Плюс.

62 ОСТ 68-3.4.1-03. Карты цифровые. Оценка качества данных. Основные положения [Электронный ресурс]. – Введ. 31.03.03. – М. : ЦНИИГАиК, 2003 // КонсультантПлюс.

63 ОСТ 68-3.4.2-03. Карты цифровые. Методы оценки качества данных. Общие требования [Электронный ресурс]. – Введ. 01.06.2003. – М. : ЦНИИГАиК, 2003 // КонсультантПлюс.

64 Остапин, О. В. Опыт использования геодезического GPS в высокогорьях Алтая [Текст] / О. В. Остапин, А. Р. Черенков, Р. А. Кобялко // География и природопользование Сибири : сб. ст. – Барнаул : Алт. гос. ун-т. – 2009. – С. 197–200.

65 Оценка точности плотной цифровой модели поверхности и ортофотопланов, полученных по материалам аэрофотосъемки с БЛА серии Supercam [Текст] / М. В. Шинкевич, Н. Г. Воробьева, М. А. Алтынцев, Р. А. Попов, С. А. Арбузов, А. В. Флоров // Обработка данных ДЗЗ GEOMATICS. – 2015. – № 4. – С. 37–41.

66 Поздеев, И. П. Цифровые модели рельефа и их построение [Текст] / И. П. Поздеев, А. Ю. Кортенок // Роль технических наук в развитии общества : сб. ст. Междунар. научно-практ. конф., Уфа, 10 дек., 2014. – 2014. – С. 36–38.

67 Постоев, Г. Оползневые риски при строительстве. Обоснование защитных мероприятий [Текст] / Г. Постоев, Б. Лапочкин, А. Казеев // Инженерная защита. – 2015. – № 01(06). – С. 18–23.

68 Потюхляев, В. Г. Расчет точности построения разбивочной сети с использованием спутниковых навигационных систем [Текст] / В. Г. Потюхляев // Записки Горного института. – 2012. – Т. 199. – С. 325–328.

69 Пошивайло, Я. Г. Повышение информативности топографических планов путем применения растровых баз данных [Текст] / Я. Г. Пошивайло, А. В. Радченко, А. П. Чахлова // Гео-Сибирь-2010 : VI Междунар. науч. конгр., 19–29 апр. 2010 г., Новосибирск : сб. материалов : Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. – Новосибирск : СГГА. – 2010. – Т. 1, ч. 1. – С. 63–68.

70 Пошивайло, Я. Г. Создание топографо-информационной системы для целей проектирования инженерных сооружений в горных условиях [Текст] / Я. Г. Пошивайло, А. П. Чахлова, Г. А. Уставич // Геодезия и картография. – 2013. – № 3. – С. 17–21.

71 Правила безопасности пассажирских канатных дорог и фуникулеров [Электронный ресурс] : федер. служба по эколог., технолог. и атомному надзору. Приказ от 6 февр. 2014 г. N 42 Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Введ. 21.05.2015. – М., 2015 // Консультант-Плюс.

72 Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей [Электронный ресурс] : утв. приказом ГУГК СССР от 14 янв. 1991 г. N 6. Введены в действие с 1 янв. 1992 г. Введ. 01.01.1992. – М. : Картгеоцентр ; Геодезиздат, 1993 // Консультант Плюс.

73 Радченко, А. В. Создание растровой базы данных для пояснения и уточнения содержания топопланов [Текст] / А. В. Радченко, А. П. Чахлова // Сборник науч. тр. аспирантов и молодых ученых Сиб. гос. геодез. акад. / под общ. ред. Т. А. Широковой. – Новосибирск : СГГА, 2010. – Вып. 7. – С. 105–109.

74 Реконструкция городской полигонометрии на территории студенческого городка ЮГЗУ с использованием GPS-технологий [Текст] / А. П. Дубяг, В. К. Капустин, В. К. Глущенко, Д. А. Чуян, А. А. Солодилова // Молодёжи XXI век – 2012 : материалы 4 Междунар. молодежной науч. конф., Курск, 23–25 апр., 2012. – Курск, 2012. – Т. 2. – С. 145–147.

75 Роменская, А. С. Особенности инженерно-геодезических изысканий дорожной сети в лесопарковых насаждениях Волгоградской агломерации [Текст] / А. С. Роменская, Г. В. Коротков // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России : материалы 4 научно-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Волгоград, 11–14 мая, 2010 г. – Волгоград : ВолгГАСу, 2010. – С. 236–237.

76 Руководство по сооружению земляного полотна автомобильных дорог [Текст] / М-во транспорт. стр-ва ; гос. всесоюз. дорож. научно-исследоват. ин-т (СОЮЗДОРНИИ). – М. : Транспорт, 1982. – 130 с.

77 Селиванов, П. Ю. Цифровая модель местности на основе данных лазерной съемки [Текст] / П. Ю. Селиванов // Вестник Воронежского гос. техн. унта, 2011. – № 6. – С. 202–208.

78 Смирнов, М. Н. Современное оборудование для инженерно-геодезических изысканий [Текст]. Ч.1 : Электронные тахеометры / М. Н. Смирнов // Инженерные изыскания. – 2012. – № 5. – С. 14–25.

79 Снитовский, С. Б. Развитие съемочного обоснования и схема ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS на застроенной территории [Текст] / С. Б. Снитовский, С. А. Курдюков // Маркшейдерское обеспечение рационального использования и охраны недр : сб. науч. тр. – Новочеркасск : ЮРГТУ (НПИ). – 2010. – С. 74–75.

80 Соломатин, А. В. Оценка точности наземных лазерных сканеров [Текст] / В. А. Соломатин // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 5. – С. 110–114.

81 СП 14.13330.2014. Свод правил. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* [Электронный ресурс]. – Введ. 01.06.2014. – М., 2014 // КонсультантПлюс.

82 СП 20.13330.2011. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85 [Электронный ресурс]. – Введ. 20.05.2011. – М., 2011 // КонсультантПлюс.

83 СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 [Электронный ресурс]. – Введ. 01.07.2013. – М. : Минрегион России, 2013 // КонсультантПлюс.

84 СП 70.13330.2012. Свод правил. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 [Электронный ресурс]. – Введ. 01.06.2013. – М., 2013 // Консультант Плюс.

85 СП 126.13330.2012. Свод правил. Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 [Электронный ресурс]. – Введ. 01.01.2013. – М., 2012 // Консультант Плюс.

86 СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* [Электронный ресурс]. – Введ. 01.01.2013. – М., 2012 // КонсультантПлюс.

87 Степанов, Г. С. Опыт проектирования опорной сети для полосных съемок в горных условиях [Текст] / Г. С. Новоселов // Геодезия и картография. – 2005. – № 7. – С. 15–20.

88 СтройЭнергоТехника. Лазерный сканер LeicaScanstation 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.geo-spektr.ru/product_301.html/. – Загл. с экрана.

89 Сухова, Ю. С. К вопросу о тригонометрическом нивелировании при изысканиях линейных сооружений [Текст] / Ю. С. Сухова, И. В. Придаткин, С. И. Симоненко // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России : материалы 4 научно-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Волгоград, 11–14 мая, 2010. – Волгоград : ВолгГАСу. – 2010. – С. 229–231.

90 Типы исследуемых грунтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // http://buroviki.ru/typy_issleduemyh_gruntov.html. – Загл. с экрана.

91 Трефилова, Н. В. О возможности применения GPS-приемников для крупномасштабных топографических съемок [Текст] / Н. В. Трефилова, О. В. Евстафьева // Геодезия и картография. – 2002. – № 3. – С. 23–24.

92 ТСН 22-302-2000. Строительство в сейсмических районах Краснодарского края [Электронный ресурс]. – Введ. 15.04.2001. – Краснодар : КГУ ; Типография администрации Краснодарского края, 2001 // КонсультантПлюс.

93 Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 [Текст] / Гл. упр. геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – М. : Недра, 1989. – 286 с. : ил.

94 Уставич, Г. А. Комбинированный способ создания виртуальных карт и планов инфраструктуры населенных пунктов [Текст] / Г. А. Уставич, И. П. Каретина, А. А. Кутубаева // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2. – С. 80–84.

95 Уставич, Г. А. О необходимости создания топографических планов масштабов 1:250, 1:200 и 1:100 [Текст] / Г. А. Уставич, Я. Г. Пошивайло // Геодезия и картография. – 2006. – № 3. – С. 25–28.

96 Уставич, Г. А. О применении неметрических цифровых камер для инженерно-геодезических измерений [Текст] / Г. А. Уставич, Я. Г. Пошивайло // Геодезия и картография. – 2005. – № 8. – С. 19–24.

97 Уставич, Г. А. Разработка и совершенствование технологии инженерно-геодезического нивелирования тригонометрическим способом [Текст] / Г. А. Уставич, М. Е. Рахымбержина, А. В. Никонов, С. А. Бабасов // Геодезия и картография. – 2013. – № 6. – С. 17–22.

98 Уставич, Г. А. Создание инженерных топографических планов для проектирования объектов в горной местности [Текст] / Г. А. Уставич, А. П. Чахлова, Я. Г. Пошивайло // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5/С. – С. 183–188.

99 Уставич, Г. А. Создание инженерных топографических планов для проектирования объектов в горной местности [Текст] / Г. А. Уставич, А. П. Чахлова, Я. Г. Пошивайло // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015 : XI Междунар. науч. конгр., 13–25 апр. 2015 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – Т. 1. – С. 52–59.

100 Чан Куанг Хок. Разработка методики создания опорных сетей при строительстве мостов большой протяженности в горных районах [Текст] : авто-

реф. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 25.00.32 / Чан Куанг Хок. – М., 2012. – 24 с. : ил.

101 Чахлова, А. П. Вертикальные топографические планы [Текст] / А. П. Чахлова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014 : X Междунар. науч. конгр., 8–18 апр. 2014 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. – Новосибирск : СГГА, 2014. – Т. 1. – С. 116–120.

102 Чахлова, А. П. Методика создания вертикальных топографических планов для горной местности [Текст] / А. П. Чахлова // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 1. – С. 29–33.

103 Чахлова, А. П. Применение цифровых вертикальных топографических планов для определения объемов работ в условиях горной местности [Текст] / А. П. Чахлова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016 : XII Междунар. науч. конгр., 18–22 апр. 2016 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. – Новосибирск : СГГА, 2016. – Т. 1. – С. 59–64.

104 Чахлова, А. П. Создание вертикальных топографических планов с целью обеспечения инженерной защиты склонов [Текст] / А. П. Чахлова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017 : X Междунар. науч. конгр., 17–21 апр. 2017 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. – Новосибирск : СГГА, 2017. – Т. 1. – С. 105–108.

105 Чугреев, И. Г. Некоторые особенности получения и обработки полевой информации [Текст] / И. Г. Чугреев, Ф. С. Бахарев // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 3. – С. 21–23.

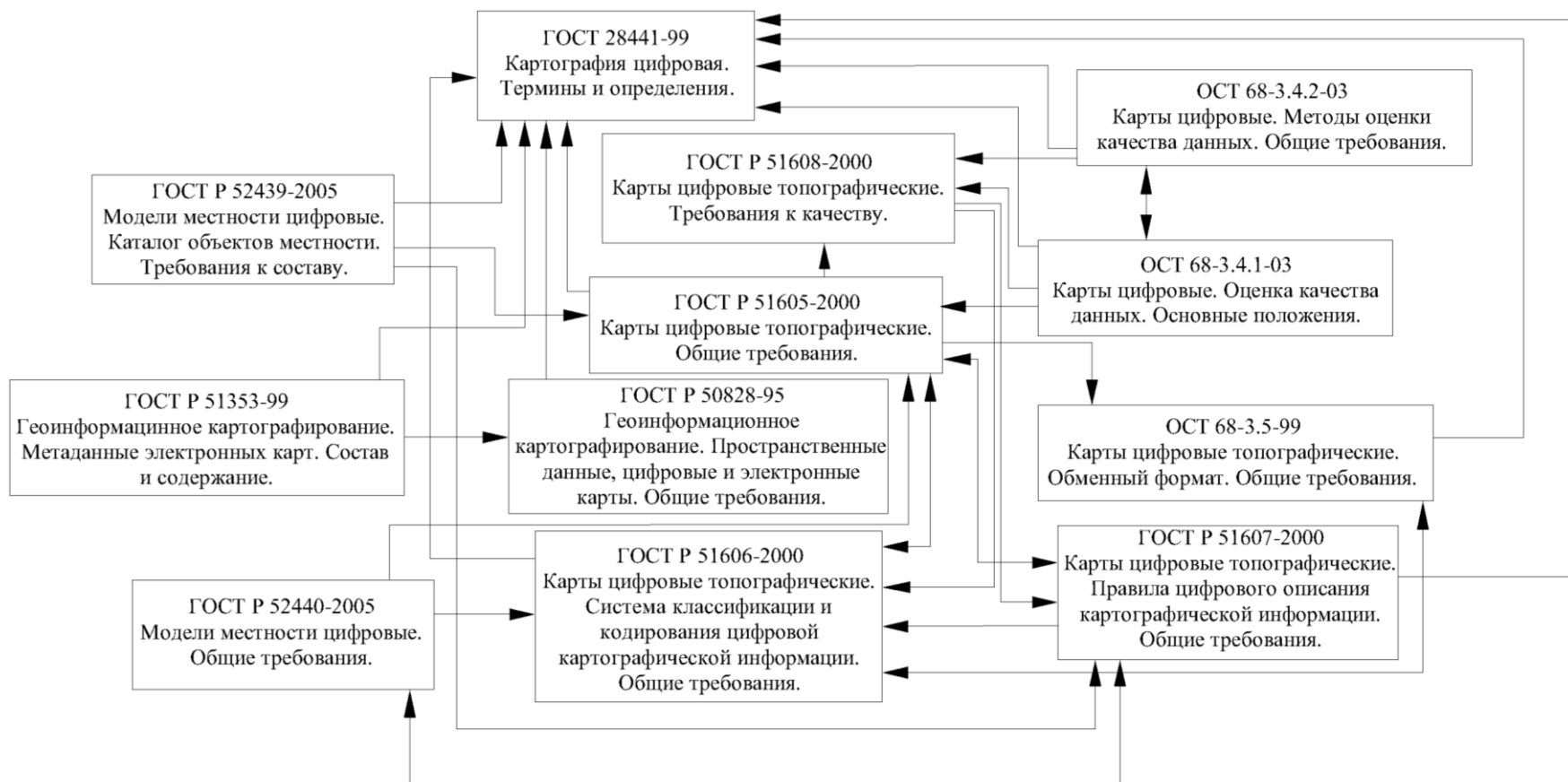
106 Шевченко, Д. А. Создание топографических планов с использованием геоинформационных технологий и российской орбитальной группировки ГЛОНАСС [Текст] / Д. А. Шевченко, А. Ю. Перов, В. В. Чекин // В мире научных открытий. – 2011. – № 9. – С. 1826–1833.

- 107 Яковлев, Н. В. Высшая геодезия [Текст] : учеб. для вузов / Н. В. Яковлев. – М. : Недра, 1989. – 454 с.
- 108 Atmospheric effects in geodetic leveling [Текст] / BreznicařAleš, AksamitauskasČeslovas // Geodesy and Cartography. – 2012. – № 4. – P. 130–133.
- 109 Cehui xinxi yu gongcheng [Текст] / Kan Xiaoyun, Sun Jingzhen // JOURNAL OF GEOMATICS. – 2014. – № 3. – P. 43–46.
- 110 Detection of gullies in roughly textured terrain using airborne laser scanning data [Текст] / Baruch Amit, FilinSagi // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2011. – № 5. – P. 564–578.
- 111 Quality assessment of geodetic works in construction [Текст] / Schwieger Volker, Zhang Li, Schweitzer Jürgen // Вестник СГГА. – 2011. – № 3. – С. 25–44.
- 112 Terrestrial laser scan error in the presence of dense group vegetation [Текст] / Coveny S., Fotheringham A. Stewart // Photogrammetric Record. – 2011. – № 135. – P. 307–324.
- 113 Topographic mapping using terrestrial 3D laser scanning technology [Текст] / Guo Linna, Zhan Jiping, Liu Yongquan, Li Hui et al // Zhongguo keji lenwen = China Sciencepap. – 2015. – № 9 – P. 1014–1018
- 114 Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen kartographischen Modellen [Текст] / Rase Wolf-Dieter // Visualisierung des Raumes: Kartenmachen – die Macht der Karten: Die Tagung, Leipzig, 23-24. Juni, 2006. Leipzig,. 2007. – P . 215–228.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

СХЕМА ВЗАИМОСВЯЗИ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ ЦИФРОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)


СХЕМА ИСХОДНЫХ ПУНКТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ В РАЙОНЕ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ





Условные обозначения:

п.т.Черешня  - пункт триангуляции

5252  - пункт полигонометрии и ГСС

ОП-100  - определяемый пункт

 - базовая линия

 - линия привязки к исходным пунктам

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)
СХЕМА ИСХОДНЫХ ПУНКТОВ ГГС В РАЙОНЕ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

