

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика»

О. К. Абрамович

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

для студентов специальности

**1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений»
дневной и заочной форм обучения**

Гомель 2023

УДК 528.4(075.8)
ББК 26.1я73
А16

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 3 от 07.02.2022 г.)*

Рецензенты: начальник отд. поисков и разведки залежей нефти и газа
БелНИПИнефть РУП «ПО «Белоруснефть» *Т. В. Кравцов*;
ст. преподаватель каф. «Геология и география»
ГГУ им. Ф. Скорины *А. А. Абрамович*;
зав. каф. «Геология и география» ГГУ им. Ф. Скорины
канд. геол.-минерал. наук, доц. *А. И. Павловский*

Абрамович, О. К.

А16 Геодезическая практика : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» днев. и заоч. форм обучения / О. К. Абрамович. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – 167 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены организационные, методические и теоретические вопросы, необходимые для проведения геодезической практики. Изложены сведения о составе и методике проведения маркшейдерских работ в процессе разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений. Описаны приборная база и методы, применяемые для измерения углов и расстояний и превышений.

Для студентов специальности 1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» дневной и заочной форм обучения.

УДК 528.4(075.8)
ББК 26.1я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2023

Содержание

Введение.....	5
1 Методические вопросы организации и проведения геодезической практики.....	8
1.1 Способы проведения практики.....	8
1.2 Структура технического отчета о производственной практике.....	10
1.3 Аттестация по итогам практики.....	11
1.4 Обязанности студентов на практике.....	12
1.5 Техника безопасности и охрана труда на геодезическом производстве.....	13
2 Теоретические вопросы.....	23
2.1 Поверки, юстировка и исследования геодезических приборов и оборудования.....	23
2.1.1 Поверки, юстировка и исследования электронных теодолитов и тахеометров.....	23
2.1.2. Поверки и юстировки нивелиров.....	32
2.2 Сканирующие системы в маркшейдерском обеспечении объектов нефтегазоразработки.....	50
2.2.1 Описание сканирующей системы.....	50
2.2.2 Принцип работы сканирующей системы.....	51
2.2.3 Возможности сканирующей системы.....	52
2.2.4 Задачи, решаемые с помощью лазерного сканирования.....	55
2.2.5 Программное обеспечение Cyclone 6.0.....	56
2.3 Инженерно-геодезические изыскания при трассировании газо- и нефтепровода.....	59
2.3.1 Условия трассирования трубопровода.....	59
2.3.2 Выбор трассы трубопровода.....	65
2.3.3 Камеральное трассирование нефте- и газопровода.....	68
2.3.4 Полевое трассирование нефте- и газопровода.....	74
2.3.5 Описание технологии инженерно-геодезических изысканий строительства нового газопровода при использовании специализированная программа для создания документов CREDO.....	85
2.3.6 Маркшейдерские и топографо-геодезические работы при обследовании подводных трубопроводов.....	87
2.3.7 Особенности геодезических работ при обследовании подводных переходов газопроводов.....	94
2.4 Проект вертикальной планировки застраиваемой территории.....	95

2.4.1 Планировка рельефа.....	95
2.4.2 Интерполирование и проведение горизонталей.....	105
2.4.3 Подсчёт объёмов земляных работ.....	106
2.5 Обработка материалов инклинометрических замеров.....	106
2.5.1 Контроль проводки ствола скважины по проектному профилю....	106
2.5.2 Инклинометры.....	109
2.5.3 Определение пространственного положения оси ствола скважины.....	110
2.5.4 Контроль положения оси ствола скважины в пространстве.....	112
2.6 Маркшейдерские работы при монтаже буровой вышки.....	118
2.6.1 Процесс монтажа буровой вышки.....	118
2.6.2 Испытание буровых вышек всех типов.....	121
2.7 Наблюдение за движениями земной коры в процессе разработки нефтяных и газовых месторождений.....	124
2.8 Глазомерная съёмка.....	128
2.9 Камеральная обработка полевых инженерно-геодезических и маркшейдерских изысканий.....	130
Словарь терминов.....	135
Литература.....	165

ВВЕДЕНИЕ

Геодезия и маркшейдерское дело являются близкими науками, решающими вопросы, во многом схожие между собой; средства, при помощи которых выполняются задачи, по существу, одни и те же – маркшейдерско-геодезические приборы и инструменты. Исторически маркшейдерия явилась продолжением (развитием) геодезии применительно к горному и геологоразведочному делу. Маркшейдерское дело, как и геодезия, имеют важное значение при проведении поисковых и геологоразведочных работ, при строительстве и эксплуатации горных предприятий, где маркшейдерско-геодезическое обслуживание выполняется для различных видов работ и технологических процессов, требующих зачастую применения сложных методов измерений и инструментов и предъявляющих высокую профессиональную подготовленность у исполнителей работ.

Изучение геодезии и в профильных и непрофильных вузах непременно сопровождается учебными и производственными практиками.

Производственная геодезическая практика является частью образовательного процесса подготовки специалистов по специальности «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» и способствует формированию у студентов профессиональных навыков.

Цель практики многоплановая:

– путем непосредственного участия студента в деятельности производственной или научно-исследовательской организации закрепить теоретические знания, полученные во время аудиторных занятий;

– приобщение студента к социальной среде предприятия (организации) с целью приобретения социально-личностных компетенций, необходимых для работы в профессиональной сфере;

– формирование профессиональных компетенций в области теории и практики маркшейдерско-геодезических работ, выполняемых при разработке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений;

– приобретение навыков выполнения геодезических измерений и построений на малых участках;

– овладение техникой геодезических измерений и построений в процессе решения геодезических задач при проектировании обустройства нефтяных и газовых месторождений;

– сбор необходимого материала для написания отчёта.

Задачами производственной практики являются:

– ознакомление с программой и методикой работ той организации, в которой проводится практика;

- приобретение студентами навыков профессиональной деятельности на предприятиях или в отделах геодезической направленности;
- изучение методов создания планов и карт на основе полевых измерений;
- изучение геодезических приборов и методов геодезических измерений;
- проведение с заданной точностью геодезических работ для изысканий, обоснования, выноса в натуру элементов и осей основных видов инженерных сооружений;
- освоение камеральной обработки результатов геодезических измерений.

В соответствии с видами и задачами профессиональной деятельности, практика заключается в изучении технологии, методики выполнения работ, в участии в обработке и интерпретации информации, в приобретении навыков оценки эффективности деятельности предприятий на конкретных примерах решения профессиональных задач.

При прохождении практики могут быть намечены разделы самостоятельной творческой части работы и проведены специальные изыскания, обследования, исследования. Для написания отчёта можно использовать, кроме самостоятельно полученных данных, фондовые материалы организаций.

Основные задачи для студента:

- ознакомиться со структурой организации, содержанием работы и взаимосвязями всех ее подразделений, занимающихся выполнением геодезических и маркшейдерских работ;
- изучить нормативную и законодательную литературу, обеспечивающую деятельность предприятия;
- овладеть навыками выполнения, применения геодезических приборов и оборудования;
- изучить процессы подготовки, выполнения поверок, юстировок приборов и оборудования, применяемых при производстве топографо-геодезических работ;
- изучить вопросы организации и экономики производства;
- изучить системы менеджмента качества в организации;
- изучить программное обеспечение, применяемые в производстве по месту прохождения практики;
- изучить объект исследования, рекомендованный для отчёта по практике;
- проанализировать, собрать и представить на защиту практики производственный материал для написания отчёта.

Особенности изучения и сбора материала для отчета по практике

Виды и содержание геодезических работ в большой степени зависят от отраслевой принадлежности тех производств, которые обслуживают сторонние геодезические организации или внутренние ведомственные геодезические службы, в которых будут работать практиканты. Ясно, что объекты нефтегазовой и нефтеперерабатывающей отрасли сильно отличаются от объектов, например, электротехнической отрасли и эта специфика отражается на полноте, точности, технологии геодезических работ. Эти факторы необходимо учитывать при сборе материалов по практике.

При прохождении практики на промышленном предприятии необходимо получить следующие сведения о предмете исследования:

– о природных условиях строительства и эксплуатации объектов предприятия – климате, геологии грунтов. Эти сведения содержатся в задании на проектирование или техническом проекте;

– о технико-экономических показателях предприятия;

– о выпускаемой продукции и технологических схемах выпуска продукции, сооружениях, оборудовании, инженерных связях и т. п.

Эти сведения необходимы для правильного проектирования и выполнения геодезических работ. Они также содержатся в задании на проектирование или техническом проекте.

Также необходимы:

– сведения о проводимых ранее геодезических работах и имеющихся документах – каталогах координат и высот пунктов и реперов, съемках территории – планах и профилях линейных сооружений и площадок. Эти сведения имеются в архивных отделах геодезических и маркшейдерских организаций и служб;

– сведения о работах, проводимых вашей бригадой, отделом, организацией и т. п. Эти сведения вы можете получить от ваших руководителей;

– сведения по организации, экономике и безопасности геодезических работ. Эти сведения вы можете получить у своих руководителей, работников сметно-финансовых групп и отделов, инженеров по ТБ;

– сведения по нормативным документам, используемым в геодезическом производстве вашей организации – ГОСТы, СНиПы, Правовые документы, Ценники на работы и т. п.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

1.1 Способы проведения практики

Геодезическая практика проводится в организациях и учреждениях по профилю подготовки, в геодезических организациях и службах землеустройства, а также на кафедре «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика», используя лабораторное оборудование.

Разделом производственной практики может являться производственная и научно-исследовательская работа. В случае прохождения практики на базе университета при разработке программы научно-исследовательской работы необходимо учесть, что высшее учебное заведение должно предоставить возможность практикантам:

- изучать литературу, достижения отечественной и зарубежной науки и другую необходимую научную информацию;
- участвовать в проведении научных исследований по плану кафедры;
- осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научной информации по выбранной теме (заданию);
- регулярно выступать с докладами и сообщениями на конференциях, семинарах.

Место проведения практики:

– стационарная проводится в образовательной организации, в которой практиканты осваивают образовательную программу, или в иных организациях, расположенных на территории населенного пункта, в котором расположена образовательная организация;

– выездная проводится в том случае, если место ее проведения расположено вне населенного пункта, в котором расположена образовательная организация. Выездная практика может проводиться в полевой форме в случае необходимости создания специальных условий для ее проведения.

Перечень компетенций, формируемых у студента в результате прохождения практики

Планируемые результаты обучения при прохождении практики излагаются в форме перечня компетенций, формируемых у студента в результате прохождения практики, матрицы соотнесения планируемых результатов прохождения практики и планируемых результатов освоения образовательной программы.

В результате прохождения данной производственной практики обучающийся должен приобрести следующие практические навыки, умения, универсальные и профессиональные компетенции:

- способность работать в команде, толерантно воспринимая социальные и культурные различия;

- способность использовать нормативные правовые документы в своей деятельности;

- способность работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;

- способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять её в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий регионов и участков;

- способность к полевым и камеральным геодезическим работам по созданию, развитию и реконструкции опорных геодезических, нивелирных, гравиметрических сетей и сетей специального назначения;

- способность выполнять комплекс работ по дешифрированию видеоинформации, аэрокосмических и наземных снимков, по созданию и обновлению топографических карт по воздушным, космическим и наземным снимкам фотограмметрическими методами;

- готовность к выполнению специализированных инженерно-геодезических, аэрофотосъёмочных и фотограмметрических работ при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных объектов разного назначения (включая объекты транспортной инфраструктуры, нефте- и газодобычи и т. д.)

- способность применять средства вычислительной техники для математической обработки результатов полевых геодезических измерений, приближённых гравиметрических определений;

- способность к тестированию, исследованию, поверкам и юстировке, эксплуатации геодезических, фотограмметрических систем, приборов и инструментов, аэрофотосъёмочного оборудования;

- готовность к сбору, систематизации и анализу научно-технической информации по заданию (теме);

- способность к использованию нормативно-технической документации по выполнению топографо-геодезических, аэрофотосъёмочных работ и инженерно-геодезических изысканий, разработке технически обоснованных норм выработки;

- готовность осуществлять контроль полученных геодезических, спутниковых и фотограмметрических измерений, а также материалов дистанционного зондирования;

– способность к разработке мероприятий и организации контроля по обеспечению правил техники безопасности при производстве топографо-геодезических, аэрофотосъёмочных и маркшейдерских работ;

– способность к изучению динамики изменения поверхности Земли геодезическими методами и средствами дистанционного зондирования;

– способность к изучению физических полей Земли.

Состав отчета.

Отчет о производственной практике является основным документом, по которому выставляется зачет. В состав технического отчета входят следующие обязательные разделы:

– общие сведения об организации;

– краткая характеристика района и объекта работ;

– задачи и состав геодезических работ на объекте;

– средства, методы и результаты геодезических измерений;

– организационно-экономическая часть со сведениями о работе транспорта, бытовых условиях;

– заключение;

– текстовые и графические приложения.

Стиль изложения отчета должен соответствовать нормативным требованиям, предъявляемым к оформлению технических документов (по типу курсовых или дипломных работ).

При написании отчёта необходимо использовать нормативную литературу. Отчет иллюстрируется рисунками, чертежами, графиками, фотографиями. Ориентировочный объем отчета от 25 до 50 страниц текста через 1; 1,5 интервала и 14 номера шрифта.

Отчет подписывается у руководителя практики от производства, который должен дать студенту характеристику с оценкой о прохождении производственной практики, заверенную руководителем организации и печатью. Отчет сдается на проверку, на кафедру руководителю практики от высшего учебного заведения. Составленные отчёты студенты защищают на кафедре. По результатам защиты выставляется оценка, с учётом отзыва от руководителя практики с производства.

1.2 Структура технического отчета о производственной практике

Структура «технического отчета о производственной практике»:

– **ВВЕДЕНИЕ;**

– **1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ (ОРГАНИЗАЦИИ):**

- место нахождения предприятия и общие сведения о нём;
- структура предприятия;
- перечень и виды работ, выполняемых предприятием;
- проблемы, возникающие при организации деятельности предприятия, в том числе и экономические.

– *2 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ПРАКТИКАНТА:*

– дается подробное описание всех выполненных студентом работ с указанием применяемых методик и оценка их эффективности;

– можно привести выдержки из производственных инструкций, наставлений, указаний и т. п., которыми студент пользовался при выполнении заданий;

– технологии, которые были освоены в процессе прохождения практики, с оценкой руководителя от производства в дневнике производственной практики;

– обязательно следует указать компьютерные программы, с помощью которых выполняется камеральная обработка результатов полевых измерений;

– отчет должен сопровождаться иллюстративным материалом;

– в раздел самостоятельной работы включают индивидуальное задание, определённое в соответствии с профилем предприятия, а также предложенное руководителем от университета по вариантам. Для написания этого раздела возможно использовать теоретический материал, представленный в пособии;

– *ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА
НА ГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ;*

– *ЗАКЛЮЧЕНИЕ:*

- перечень выполненных работ;
- заключение студента о качестве пройденной практики, достоинствах и недостатках, пожелания по оптимизации её проведения;

– СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.

1.3 Аттестация по итогам практики

Аттестация по итогам практики предусматривает наличие:

- плана практики;
- дневника прохождения практики;
- характеристики с места прохождения практики;
- отзыва руководителя практики от университета;
- письменный отчет практиканта.

Критерии оценки результатов по учебной практике:

- систематичность работы в период практики;
- ответственное отношение к выполнению заданий, поручений;
- качество и полнота выполнения заданий, предусмотренных программой практики;
- качество оформления отчётных документов по практике.

Критерии оценки отчётной документации:

- своевременная сдача отчётной документации;
- качество оформления документации (все графы и страницы заполнены, подробно описано содержание работ и т. п.);
- орфографическая и компоновочная грамотность;
- профессионально сделанные выводы.

1.4 Обязанности студентов на практике

Обязанности студентов на практике (при прохождении практики на базе университета):

– чёткая организация и слаженность работы в бригаде являются непременным условием успешного прохождения студентами учебной геодезической практики. При этом важная роль отводится бригадиру, который организует работу с учётом равномерного участия членов бригады во всех видах работ, ведёт рабочий дневник и табель выходов членов бригады на работу, поддерживает учебную и производственную дисциплину в бригаде.

– после проведения руководителем инструктажа по технике безопасности бригадир получает в геокамере под расписку необходимые приборы и принадлежности. В дальнейшем в его обязанности входит обеспечение правильного их хранения и использования. По окончании полевых работ бригадир сдаёт приборы в геокамеру в сохранности;

– каждый студент к началу практики должен подготовить все необходимые чертёжные инструменты и принадлежности, чертёжную и писчую бумагу, учебники, учебное пособие, конспекты и т. п.;

– студент должен строго соблюдать установленный распорядок дня и трудовую дисциплину, выполнять правила техники безопасности и охраны природы и окружающей среды, проявлять сознательное отношение к порученному делу, бережно относиться к геодезическим приборам и принадлежностям;

– каждый студент должен принимать личное участие в выполнении всех видов полевых и камеральных работ, предусмотренных программой практики, в установленные календарным планом сроки. Студент несёт личную ответственность за порученную ему часть работы, так как от качества и своевременности её выполнения зависит в конечном итоге успех работы бригады в целом;

– пропуски и опоздания студентов на практику без уважительных причин недопустимы. Студенты, систематически допускающие нарушения трудовой и учебной дисциплины, правил техники безопасности и охраны природы и окружающей среды, отстраняются руководителем от дальнейшего прохождения практики и не аттестуются.

1.5 Техника безопасности и охрана труда на геодезическом производстве

Техника безопасности и охрана труда на геодезическом производстве:

1 Общие требования охраны труда:

1.1 К работе геодезистом допускается специалист соответствующей квалификации, не имеющий противопоказаний по состоянию здоровья, прошедший медицинский осмотр, специальное обучение и проверку знаний требований охраны труда при выполнении геодезических работ и других нормативных документов, касающихся его компетенции, своевременно и в полном объеме прошедший вводный и первичный на рабочем месте инструктажи по охране труда.

1.2 Геодезист, независимо от квалификации и стажа работы, не реже одного раза в шесть месяцев должен проходить повторный инструктаж по охране труда; в случае нарушения требований безопасности труда, при перерыве в работе более чем на 60 календарных дней, он должен пройти внеплановый инструктаж.

1.3 Геодезист, допущенный к самостоятельной работе, должен знать: технологию производства геодезических работ. Геодезические инструменты, приборы и правила их технической эксплуатации.

Положения, инструкции и другие нормативные документы по производству геодезических работ.

1.4 Геодезист, направленный для участия в выполнении несвойственных его должности работах, должен пройти целевой инструктаж по безопасному выполнению предстоящих работ.

1.5 Геодезисту запрещается пользоваться инструментом, инвентарем и оборудованием, безопасному обращению с которым он не обучен.

1.6 Во время работы на геодезиста могут оказывать неблагоприятное воздействие, в основном, следующие опасные и вредные производственные факторы:

- движущиеся транспортные средства, дорожно-строительные машины;

- неблагоприятные погодные условия (дождь, снег, ветер и т. п.) с учетом степени тяжести труда;

- возможность падения (например, в результате поскользывания, спотыкания);

- физические перегрузки (например, при переноске геодезических приборов);

- заусенцы, шероховатости (например, на поверхности геодезических знаков, применяемых приборов);

- недостаточная освещенность рабочей зоны (например, при работе в неблагоприятных погодных условиях);

- неудобная рабочая поза (например, при длительной работе в согнутом состоянии).

1.7 Геодезист во время работы должен пользоваться спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты от воздействия опасных и вредных производственных факторов с учетом погодных условий.

1.8 Геодезист обязан соблюдать трудовую и производственную дисциплину, правила внутреннего трудового распорядка; следует помнить, что употребление спиртных напитков, как правило, приводит к несчастным случаям.

1.9 Геодезист должен соблюдать установленные для него режимы труда и отдыха.

1.10 В случае заболевания, плохого самочувствия геодезисту следует сообщить о своем состоянии непосредственному руководителю и обратиться за медицинской помощью.

1.11 Если с кем-либо из работников произошел несчастный случай, то пострадавшему необходимо оказать первую помощь, сообщить о случившемся руководителю и сохранить обстановку происшествия, если это не создает опасности для окружающих.

1.12 Геодезист, при необходимости, должен уметь оказать первую помощь, пользоваться медицинской аптечкой.

1.13 Для предупреждения возможности заболеваний геодезисту следует соблюдать правила личной гигиены, в том числе, перед приемом пищи необходимо тщательно мыть руки с мылом.

1.14 Геодезист, допустивший нарушение или невыполнение требований инструкции по охране труда, рассматривается, как нарушитель производственной дисциплины и может быть привлечен к дисциплинарной ответственности, а в зависимости от последствий – и к уголовной; если нарушение связано с причинением материального ущерба, то виновный может привлекаться к материальной ответственности в установленном порядке.

2 Требования охраны труда перед началом работы:

2.1 Перед началом работы геодезист должен надеть специальную одежду и специальную обувь с учетом погодных условий, а также сигнальный жилет и защитную каску; при необходимости, нужно проверить наличие и подготовить к использованию средства индивидуальной защиты от воздействия опасных и вредных производственных факторов.

2.2 Спецодежда должна быть соответствующего размера, чистой и не стеснять движений.

2.3 Прежде чем приступать к работе, необходимо внимательно осмотреть место предстоящей работы, привести его в порядок, убрать все посторонние предметы и подготовить ограждения и дорожно-сигнальные переносные знаки для их установки в местах возможного прохода людей и проезда автотранспорта.

2.4 В темное время суток и при плохой видимости, например, во время тумана, по внешним контурам ограждений и на дорожно-сигнальных знаках необходимо вывесить сигнальные красные фонари.

2.5 Для предупреждения несчастных случаев геодезисту следует обратить особое внимание на то, чтобы колодцы подземных коммуникаций, находящиеся в зоне выполнения работ, были закрыты крышками.

2.6 Перед началом работы геодезист должен осмотреть геодезический инструмент, знаки, которые будут использоваться в работе, и убедиться в их исправности.

2.7 Перед началом работы нужно убедиться в достаточности освещения рабочей зоны, особенно при неблагоприятных погодных условиях.

2.8 Перед началом работы геодезисту следует убедиться в наличии медицинской аптечки для оказания первой помощи.

2.9 Обнаруженные нарушения требований безопасности должны быть устранены собственными силами, а при невозможности сделать это геодезист обязан сообщить о них руководителю работ

3 Требования охраны труда во время работы:

3.1 Во время работы геодезист должен вести себя спокойно и выдержанно, избегать конфликтных ситуаций, которые могут вызвать нервно-эмоциональное напряжение и отразиться на безопасности труда.

3.2 Во время работы геодезисту следует быть внимательным, не отвлекаться от выполнения своих обязанностей.

3.3 Во время работы на проезжей части дороги рабочая зона должна быть ограждена щитами и обозначена соответствующими дорожными знаками (например, "Ограничение максимальной скорости", "Дорожные работы").

3.4 Геодезист должен убедиться в отсутствии опасных производственных факторов на месте выполнения работы.

3.5 Во время работы на проезжей части либо возле нее геодезисту необходимо проявлять особое внимание к движущемуся автотранспорту; при этом, для предупреждения несчастных случаев, следует пользоваться сигнальным жилетом, окрашенным в яркий цвет.

3.6 Во время работы геодезисту необходимо постоянно обращать внимание на состояние территории, по которой нужно перемещаться; во избежание несчастных случаев следует соблюдать осторожность при передвижении по скользкой поверхности.

3.7 На территории, где ведутся работы, геодезист обязан соблюдать следующие требования безопасности:

- переходить дорогу можно только в установленных для этого местах;
- нельзя выходить за установленные ограждения рабочей зоны, на открытую полосу движения транспорта;

- нельзя приближаться к движущимся автомобилям, каткам, скреперам, бульдозерам, погрузчикам, кранам, укладчикам и другим механизмам ближе, чем на 5 м.

3.8 Во время работы геодезисту нужно быть внимательным и контролировать изменение окружающей обстановки, особенно в неблагоприятных погодных условиях (дождь, туман, снегопад, гололед и т. п.) и в темное время суток.

3.9 Геодезисту следует помнить, что в условиях повышенного уличного шума звуковые сигналы, подаваемые транспортными средствами, и шум работающего двигателя приближающегося автомобиля могут быть не слышны.

3.10 Геодезисту следует соблюдать осторожность и быть внимательным вблизи зон повышенной опасности (зон передвижения и

маневрирования транспортных средств, погрузочно-разгрузочных работ и др.), а также на проезжей части дорог, обращать внимание на неровности и скользкие места на территории рабочей зоны.

3.11 Геодезист должен соблюдать осторожность при перемещении по территории, чтобы не споткнуться и не удариться о камни, строительный мусор и другие предметы, находящиеся в рабочей зоне.

3.12 Во избежание травмирования головы, геодезисту нужно быть внимательным при передвижении возле низкорасположенных конструктивных частей здания, дорожно-строительных машин.

3.13 Во время работы геодезисту следует пользоваться только исправными геодезическими инструментами.

3.14 Весь геодезический инструмент и приспособления для выполнения работ должны быть в исправном состоянии; обнаруженные во время проверки дефекты следует устранить.

3.15 Геодезисту следует проявлять осторожность при переноске геодезических инструментов, чтобы не споткнуться во время ходьбы о возможные препятствия.

3.16 Если на пути следования имеются какие-либо препятствия, геодезисту следует обойти эти препятствия.

3.17 При передвижении следует обращать внимание на неровности на поверхности земли и скользкие места, остерегаться падения из-за спотыкания или подскользывания.

3.18 При переноске любых грузов следует соблюдать установленные нормы перемещения (для мужчин и женщин) тяжестей вручную.

3.19 При переноске тяжестей на расстояние до 25 м для мужчин допускается максимальная нагрузка 50 кг.

3.20 Женщинам разрешается поднимать и переносить тяжести вручную:

- постоянно в течение рабочей смены - массой не более 7 кг;
- периодически (до 2 раз в час) при чередовании с другой работой - массой не более 10 кг.

3.21 Для предупреждения микротравм рук поверхности геодезических знаков, инструмента должны быть гладкими (без зазубрин и заусенцев).

3.22 Во время установки геодезических знаков необходимо остерегаться заноз, а также острых краев и углов.

3.23 Во время передвижения по территории рабочей зоны нужно соблюдать повышенную осторожность при нахождении возле открытых колодцев, люков, спусков, траншей, ям, котлованов.

3.24. Особую осторожность геодезисту необходимо соблюдать во время работы в местах, где имеются токоведущие части

электрооборудования или любые другие потребители электрической энергии.

3.25 Геодезисту нельзя прикасаться к оголенным и плохо изолированным проводам потребителей электрической энергии.

3.26 При работе на открытом воздухе во время сильных морозов геодезисту следует делать периодические перерывы в работе для обогрева.

3.27 Для предупреждения случаев травматизма не следует производить работу при недостаточной освещенности.

4. Требования охраны труда в аварийных ситуациях:

4.1 При несчастном случае, отравлении, внезапном заболевании необходимо немедленно оказать первую помощь пострадавшему, вызвать врача или помочь доставить пострадавшего к врачу, а затем сообщать руководителю о случившемся.

4.2 Геодезист должен уметь оказывать первую помощь при ранениях; при этом он должен знать, что всякая рана легко может загрязниться микробами, находящимися на ранящем предмете, коже пострадавшего, а также в пыли, на руках оказывающего помощь и на грязном перевязочном материале.

4.3 Оказывая первую помощь при ранении, необходимо соблюдать следующие правила:

– нельзя промывать рану водой или даже каким-либо лекарственным веществом, засыпать порошком и смазывать мазями, так как это препятствует заживлению раны, вызывает нагноение и способствует занесению в нее грязи с поверхности кожи;

– нужно осторожно снять грязь с кожи вокруг раны, очищая ее от краев раны наружу, чтобы не загрязнять рану; очищенный участок кожи нужно смазать йодом и наложить повязку.

4.4 Для оказания первой помощи при ранении необходимо вскрыть имеющийся в аптечке перевязочный пакет; при наложении перевязочного материала не следует касаться руками той его части, которая должна быть наложена непосредственно на рану.

4.5 Если перевязочного пакета почему-либо не оказалось, то для перевязки можно использовать чистый платок, чистую ткань и т.п.; накладывать вату непосредственно на рану нельзя.

4.6 На то место ткани, которое накладывается непосредственно на рану, нужно накапать несколько капель йода, чтобы получить пятно размером больше раны, а затем положить ткань на рану; оказывающий помощь должен вымыть руки или смазать пальцы йодом; прикасаться к самой ране даже вымытыми руками не допускается.

4.7 Первая помощь пострадавшему должна быть оказана немедленно и непосредственно на месте происшествия, сразу же после устранения причины, вызвавшей травму.

4.8 При обнаружении пожара или признаков горения на территории рабочей зоны (задымление, запах гари, повышение температуры и т.п.) необходимо немедленно уведомить об этом пожарную охрану по телефону 101 и принять меры по тушению очага возгорания с помощью первичных средств пожаротушения.

5. Требования охраны труда по окончании работы:

5.1 По окончании работы, используемые во время работы геодезические инструменты следует сложить в специально отведенное для них место.

5.2 По окончании работы геодезисту необходимо тщательно вымыть руки теплой водой с мылом, при необходимости принять душ.

Техника безопасности при выполнении инженерно-геодезических работ.

Инженерно-геодезические работы выполняют в различных условиях: на территориях городов и промышленных объектов, в лесных и труднодоступных местах, на участках железных и автомобильных дорог, возводимых зданиях и сооружениях и т.д. Для предупреждения несчастных случаев и травм в этих условиях все работы должны выполняться с соблюдением специальных правил и инструкций по технике безопасности. Для ознакомления всех без исключения работающих с этими правилами проводятся специальные инструктажи.

Различают инструктаж вводный и на рабочем месте. Повторный инструктаж проводится через установленное время, при внедрении новой технологии, нового оборудования и новых правил по технике безопасности.

При выполнении геодезических работ на строительных площадках прежде всего соблюдаются общие правила техники безопасности строительства. На строительных площадках устанавливаются знаки безопасности и надписи около опасных зон, где действуют или могут возникнуть опасные производственные факторы, например, «Зона работы крана», «Открытые проемы» и т.д. К таким зонам относятся: пространство вблизи неизолированных токоведущих частей электроустановок; места передвижения машин, хранения вредных веществ; территория, над которой перемещают грузы грузоподъемными кранами, где работает оборудование с вращающимися рабочими органами и ведутся сварочные работы. Строящиеся здания и сооружения ограждают заборами или козырьками. При сварочных и других работах, при которых возможно возгорание, соблюдают правила пожарной безопасности. Около мест, где

ведутся такие работы, устанавливают средства для тушения пожара и вывешивают инструкции по их применению. Строительную площадку и подходы к ней в темное время суток равномерно освещают. Колодцы, шурфы и другие выемки в грунте, а также проемы в перекрытиях зданий и сооружений закрывают щитами или огораживают, в темное время на этих ограждениях горят электрические сигнальные лампы. Для подъема и спуска на рабочие места при строительстве зданий и сооружений высотой или глубиной 25 м и более применяют пассажирские и грузопассажирские подъемники (лифты). Рабочие, находящиеся на высоте, пользуются предохранительными поясами, которые крепят к надежным конструкциям. При выполнении работ с применением лазерного луча в местах возможного прохода людей устанавливают экраны, исключающие распространение луча за пределы мест производства работ. Если работы выполняют по одной вертикали, то места, расположенные ниже нее, оборудуют защитными устройствами.

Студенты в возрасте от 17 до 18 лет при прохождении производственной практики на объектах строительства по профессиям, предусматривающим выполнение строительно-монтажных работ, к которым предъявляются дополнительные требования по безопасности труда, могут работать не более 3 часов. Работы должны выполняться под руководством и наблюдением мастера и работника строительно-монтажной организации. При выполнении геодезических работ, сопутствующих строительным, выполняют все правила техники безопасности, установленные для данного вида строительных работ, а также специфические.

До начала полевых топографо-геодезических работ в городских условиях, населенных пунктах и на территориях промышленных объектов устанавливают схемы размещения скрытых объектов: подземных коммуникаций и сооружений. При работе в городе необходимо знать правила дорожного движения; при работе на проезжих частях надо надевать демаскирующую (оранжевую) одежду и выставлять оградительные щиты. Проведение работ на улицах и площадях с интенсивным движением согласовывают с ГИБДД.

По проезжей части дороги разрешается ходить только у кромки тротуара навстречу идущему транспорту – в таком направлении и ведутся измерения в ходах. Запрещается оставлять геодезические приборы без надзора на проезжих частях улиц и дорог.

Высоту подвески проводов линий электропередачи, электроподстанций определяют аналитическим путем, не касаясь проводов рейками, рулетками, вешками. Рейки, вешки и другие предметы, применяемые для измерений, не разрешается подносить ближе чем на 2 м

к электропроводам, в том числе контактными на железных дорогах и трамвайных линиях.

При закладке временных кольев, штырей и других знаков их верхнюю часть забивают вровень с поверхностью земли, а их длина не должна быть более 15 см.

При геодезических измерениях, выполняемых в процессе земляных, каменных, бетонных и монтажных работ, соблюдают правила безопасности, предписываемые для данных строительных работ.

На работы в пределах охранных зон кабелей, находящихся под напряжением, или действующего газопровода, необходимо разрешение соответствующего электро- или газового хозяйства. При нивелирных работах вблизи стен не разрешается переходить по стенным перекрытиям. Рейку устанавливают на подмостях, высота которых должна быть ниже уровня кладки на 0,7 м. При необходимости делать разметку на внешних плоскостях стен работают с предохранительными поясами.

При бетонных работах во время электронагрева бетона нельзя касаться рулеткой арматуры, а также выполнять разбивочные и выверочные работы в зоне монтажа. При скорости ветра 15 м/с и более, гололедице, грозе или тумане, исключающем видимость в пределах фронта работ, прекращают все работы, в том числе и геодезические на высоте в открытых местах.

Запрещается размечать оси и другие ориентиры на элементах конструкций во время их подъема, перемещения или в подвешенном состоянии. Нельзя оставлять геодезические приборы и принадлежности без присмотра на монтажном горизонте во время перерыва в работе. Геодезические приборы переносят только в упаковочных ящиках, а штативы – в сложенном виде.

Съемка существующих подземных коммуникаций, как правило, связана с их обследованием. При обследовании снимают крышки колодцев и ставят около них треногу со знаком «Опасность». Перед спуском людей в колодец проверяют, нет ли в нем газа, опуская в него шахтерскую лампу. Если в колодце есть метан, лампа гаснет или сильно уменьшает силу света, а при наличии светильного газа – вспыхивает и гаснет. От паров бензина пламя лампы удлиняется и окрашивается в синий свет, от аммиачного газа без вспышки гаснет. Если лампа не гаснет, а горит ровным светом (таким же, как и на поверхности), то газов в колодце нет и можно спускаться. Запрещается проверять газ по запаху, бросать в колодец зажженную бумагу или опускать горящую свечу или фонарь. Во время работы следят за открытыми люками, не допуская к ним посторонних людей. По окончании работ или при перерыве все люки колодцев плотно закрывают крышками. Инструменты, лампы и предметы

опускают в колодец на веревке после подачи рабочим в колодце условного сигнала. Колодец освещают шахтерской лампой. Работы ведут в рукавицах. Металлические рейки опускают в колодец и вынимают из него по частям, не касаясь проводов.

К работе на дорогах допускаются лица в демаскирующей одежде оранжевого цвета. На время работы выделяют двух сигнальщиков, которые оповещают работающих о приближении транспортных средств. На автодорогах сигнальщики должны находиться на расстоянии 50... 100 м с обеих сторон от места работы, а на железных – не менее 1 км. Во время тумана, метели, грозы работать на дорогах не разрешается. Переходы, промеры по дорогам ведут по бровкам, а не по полотну.

При измерении стальной лентой или рулеткой через рельсы электрифицированных железных дорог полотно держат навесу. Нельзя пролезать под вагонами, перетаскивать под ними геодезические приборы и инвентарь, проходить между буферами вагонов, если расстояние между ними менее 5 м.

Если работы ведутся на мосту длиной менее 50 м, то его на время прохождения поезда освобождают. При длине моста более 50 м работающие укрываются в нишах.

При постройке и закладке геодезических знаков выполняют следующие правила.

К работам допускаются только лица, имеющие специальную подготовку, прошедшие обучение безопасным методам ведения работ по закладке знаков.

Заготовку деталей знаков ведут на земле, работы выполняют топором и пилой. При протесывании бревен нельзя придерживать их ногами – бревно закрепляют на подкладках П-образными скобами и следят за тем, чтобы топор не соскользнул на ногу. Раскалывая чурбаки, нельзя придерживать их ногой.

При сборке металлических знаков гаечные ключи, которыми пользуются верхолазы, привязывают лямками к кистям рук. Винты, болты, шайбы хранят в карманах на спецодежде или в подвешенных сумках.

Если знаки строят на крыше здания, то работающие привязываются цепью верхолазного ремня к стропилам крыши. К самостоятельным верхолазным работам согласно действующему законодательству допускаются лица не моложе 18 лет. Они должны проходить специальный медицинский осмотр, а впервые приступающие в течение одного года должны работать под непосредственным надзором опытных рабочих.

Рытье котлованов для закладки и канав для маркировки подземных центров геодезических знаков, вырубку углублений в кирпичных и

железобетонных стенах для закладки реперов производят, как правило, механическими средствами. При рытье котлованов вручную запрещается вести работы подкопом.

Бетонные монолиты и другие материалы опускают в котлованы в соответствии с правилами погрузочно-разгрузочных работ.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

2.1 Поверки, юстировка и исследования геодезических приборов и оборудования

2.1.1 Поверки, юстировка и исследования электронных теодолитов и тахеометров

Прежде чем приступить к созданию геодезической разбивочной основы, к разбивочным или контрольно-измерительным геодезическим работам при строительстве любого объекта или при решении маркшейдерских задач необходимо выполнить поверки и юстирование используемых геодезических приборов. Основные геодезические приборы, принадлежности и инструменты используемые при маркшейдерских работах и подлежащие поверкам: электронные тахеометры, подставки-адаптеры для трехштативной системы проложения ходов полигонометрии или измерений в линейно-угловой сети, визирные угловые светоотражательные марки, входящие в комплект электронного тахеометра, нивелиры, снабженные компенсаторами для установки визирной линии в горизонтальное положение, цифровые электронные нивелиры в комплекте с кодовыми рейками, приборы вертикального проектирования оптических и лазерных, гироскопических теодолитов, магнитных буссолей, приборов для поиска и установки местоположения подземных инженерных коммуникаций (водопровод, газопровод, энергетические кабели, кабели связи, теплотрасса, нефтепровод и т. д.), приборы с лазерно-опорной плоскостью. Должны быть исследованы шашечные нивелирные рейки, стальные рулетки с миллиметровыми делениями, используемые в выполнении геодезических работ. Следует помнить – все геодезические приборы, используемые для обеспечения строительства, должны пройти исследования на их пригодность к эксплуатации один раз в течение года в специальных лабораториях, имеющих государственную лицензию на тестирование приборов. На каждый прибор лабораторией выдается «Свидетельство о поверке средств измерений, где указывается пригоден или не пригоден прибор к эксплуатации».

Поверки и юстировки электронного тахеометра

Если поверки ЭТ будут выполняться с его установкой на штативе, то в первую очередь необходимо осмотреть и исследовать штатив на его пригодность к работе. А именно: закрепительные винты ножек штатива должны надежно работать, штатив должен быть устойчив, т. е. не должно быть люфта в головке штатива и металлических наконечниках (оковках)

ножек штатива. Надежность работы скрепляющих винтов ножек штатива проверяется вручную, и если имеется срыв резьбы винта, то узел необходимо заменить. Если наконечники ножек штатива имеют подвижность, что практически всегда имеет место у деревянных штативов вследствие усушки дерева, то следует подтянуть болты, скрепляющие металлическую обойму наконечника с ножкой штатива. При этом иногда возникает необходимость вставки клиньев в обойму наконечника, а затем уже надо произвести затяжку болта. Головка штатива может иметь подвижность (люфт) вследствие усушки дерева ножек штатива или недостаточной затянутости болтов, скрепляющих верх ножек штатива с его головкой. В обоих случаях для устранения имеющейся подвижности надо подтянуть болты, скрепляющие элементы конструкции штатива, не допуская при этом перетяжки болтов. После осмотра штатива и устранения обнаруженных в нем неисправностей его устойчивость проверяется посредством установки прибора на головку, закрепления станového винта, горизонтирования, наведения зрительной трубы на визирную цель (при этом наконечники ножек штатива должны быть надежно задавлены в грунт). Прикладывается пальцем руки легкое усилие на головку штатива во вращательном направлении. Усилие снимается, наблюдатель смотрит в зрительную трубу – визирная цель не должна сойти с креста сетки, что указывает на устойчивость штатива.

После этого приступаем к поверкам и юстированию тахеометра в изложенной ниже последовательности:

1 Прибор горизонтируется

Ось цилиндрического уровня, установленного на алидаде ЭТ, должна быть горизонтальна и перпендикулярна главной оси вращения прибора. (Это требование относится и к изображениям уровней на дисплее прибора). Ампула уровня устанавливается по направлению двух подъемных винтов подставки. Пузырек уровня точно приводится на середину ампулы подъемными винтами подставки (рисунок 2.1, а). По отсчету горизонтального круга алидада поворачивается на 180° , если геометрическое условие выполнено, то пузырек уровня останется на середине ампулы уровня, в противном случае пузырек уйдет с середины (рисунок 2.1, б). Тогда пузырек уровня приводится на $1/2$ дуги отклонения юстировочным винтом уровня в сторону центра ампулы (шпилькой или отверткой), а на вторую половину дуги отклонения – подъемными винтами подставки, т.е. в центр. Затем алидада вновь поворачивается на 180° . Если юстировка выполнена точно, то пузырек уровня останется на середине ампулы. В противном случае юстировку надо повторить. После выполнения условия прибор горизонтируется по направлению третьего

подъемного винта. В итоге, вращая алидаду на 360° , пузырек уровня не должен уходить от нульпункта больше одного деления.



Рисунок 2.1 – Проверка цилиндрического уровня

Наклон вертикальной оси вращения тахеометра определяется с помощью встроенного электронного уровня, и это отклонение индицируется в цифровом виде на дисплее ЭТ. Определяя отклонения оси вращения через каждые 30° дважды (поворот на 720°), надо вывести среднее значение отклонения оси от вертикали, оно не должно превосходить 10 секунд. После выполнения этой проверки и горизонтирования тахеометра следует посмотреть на положение пузырька круглого уровня, установленного на подставке прибора. Если пузырек не в нуль-пункте (не в центре окружности), то, действуя шпилькой, тремя юстировочными винтами уровня необходимо привести пузырек в нуль-пункт. Тем самым будет выполнено требование к прибору – ось круглого уровня должна быть отвесна и параллельна оси вращения тахеометра. В последних моделях электронных тахеометров фирмы — SOKKIA и TOPCON (серия 50RX) на алидаде цилиндрический уровень отсутствует. Прибор приводится к горизонту по круглому уровню подставки. Далее после включения электропитания на дисплей ЭТ выводится изображение пузырька уровня и показания датчиков углов наклона прибора по осям X и Y, например, X 2' 38", Y 1' 25". Действуя тремя подъемными винтами подставки необходимо привести пузырек (черную точку) в центр пересечения осей датчика, т.е. установить отсчеты X и Y близкие к 0. После этого следует проверить положение пузырька круглого уровня на поставке. Если пузырек сместился из центра, необходимо при помощи шпильки и юстировочных винтов привести его в центр. Тем самым выполняется требование – ось круглого уровня должна быть отвесна и

параллельна оси вращения прибора. Отметим, это будет справедливо только при условии правильной регулировки датчиков углов наклона тахеометра. Затем следует переходить к проверке места нуля компенсатора.

2 Определение места нуля компенсатора

Если выведенный на дисплей угол наклона лимба горизонтального круга отличается от 0, то это отрицательно повлияет на точность угловых измерений. Чтобы исключить это влияние на результаты измерений необходимо устранить величину «места нуля компенсатора». В инструкциях к приборам подробно описывается эта процедура применительно к каждой модели. Если средние значения отклонений не превосходят $\pm 20''$, то юстировка завершена. Для выхода из режима юстировки нажать клавишу ESC. Если среднее значение $X_{\text{откл}}$ и $Y_{\text{откл}}$ превосходят $20''$ (хотя бы одно), то юстировку надо повторить 2-3 раза, пока отклонения не будут превосходить $20''$. Если отклонения все же будут превосходить $20''$, прибор необходимо сдать в ремонтную мастерскую. Здесь угол X – наклон по направлению линии визирования, Y – наклон по оси вращения зрительной трубы. В приборах серии 50RX на дисплее будут высвечиваться только значения углов наклона по осям X и Y. Действия по устранению влияния "места нуля" компенсатора на результаты измерений аналогичны вышеизложенному.

3 Определение и юстировка коллимационной погрешности тахеометра

Геометрическое условие конструкции тахеометра:

Визирная линия должна быть перпендикулярна оси вращения зрительной трубы. Невыполнение этого условия вызывает погрешность в измерении горизонтальных углов и носит название *коллимационной погрешности*. Конструкция электронного тахеометра позволяет измерить величину коллимационной погрешности, и при производстве угловых измерений при одном положении вертикального круга автоматически вносить поправки в измеренные углы. Для этого в режиме «Конфигурация», «Константы прибора» выбрать «Коллимация»:

– навести крест сетки нитей зрительной трубы на хорошо видимую цель (дальность 150-200м) при КЛ, нажать клавишу ДА, перевести зрительную трубу через зенит и провизировать на ту же цель при КП, нажать клавишу ДА;

– для учета поправок за коллимацию в измеряемые углы тахеометром при одном круге нажать клавишу ДА; если нет уверенности в качестве наведения зрительной трубы на цель – нажать клавишу НЕТ.

В этом случае прибор вновь выйдет в режим «Коллимация» – операции по учету коллимационной погрешности повторить заново. В учебных целях рекомендуется определить значение коллимационной

погрешности из наблюдений на 2-3 цели, не включая режим учета. И только при твердой уверенности определения значений коллимационной погрешности при последующем визировании на цель нажать трижды клавишу ДА, т.е. включить программу учета коллимационной погрешности.

4 Вертикальная нить креста сетки нитей должна быть отвесной, а горизонтальная – горизонтальной

Тщательно горизонтировать прибор. Навести зрительную трубу на хорошо видимую цель, совместив ее с вертикальной нитью креста сетки вверху поля зрения (рисунок 2.2, а) трубы. Далее при помощи микрометрического винта вертикального круга переместить визирную цель вниз поля зрения трубы (рисунок 2.2, б.). Если цель не сойдет с вертикальной нити сетки, то условие отвесности выполнено. В противном случае прибор необходимо сдать в ремонтную мастерскую (сервисный центр фирмы).

Аналогично контроль положения сетки можно выполнить пользуясь горизонтальной нитью, при этом перемещение цели, расположенной на горизонтальной нити, из одного края поля зрения на другой переместить вращением микрометрического винта горизонтального круга. Если цель останется на нити – условие выполнено. Положение креста сетки нитей поверяется по визирной цели, установленной на расстоянии 100 м от прибора примерно на одной высоте, при отсутствии рефракции (рисунок 2.3).

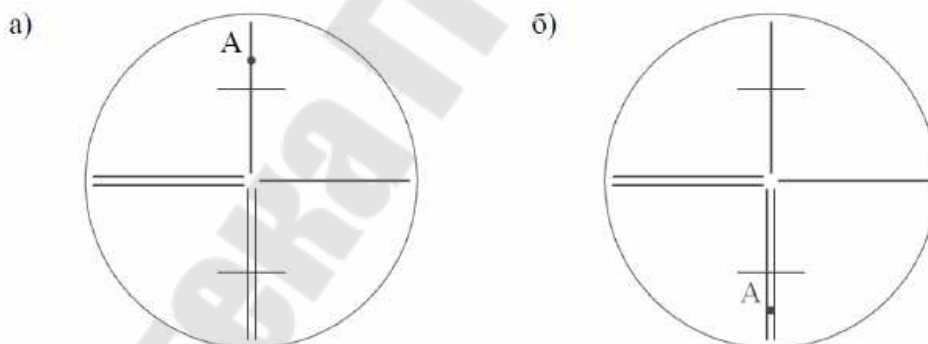


Рисунок 2.2 – Наведение на визирную цель

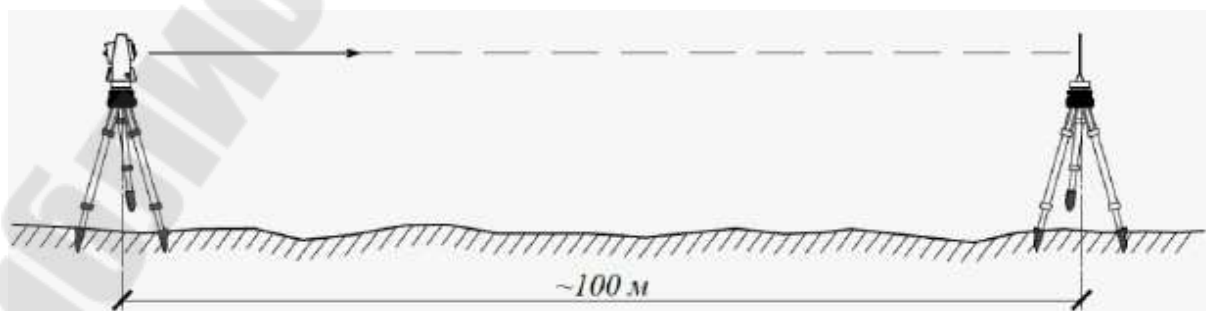


Рисунок 2.3 – Поверка сетки нитей

Крест сетки нитей зрительной трубы наводится на центр визирной марки. Устанавливается режим измерений. Записываются в журнал отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам, например:

КЛ: Гор. $A_1 37^\circ 18' 42''$,

Верт. $B_1 269^\circ 33' 55''$.

Зрительная труба переводится через зенит и наводится на центр визирной марки, отсчеты записываются в журнал:

КП: Гор. $A_2 217^\circ 18' 30''$,

Верт. $B_2 90^\circ 26' 17''$.

Вычислим разность отсчетов по горизонтальному кругу:

$A_2 - A_1 = 217^\circ 18' 30'' - 37^\circ 18' 42'' = 179^\circ 59' 48''$,

и сумму отсчетов

$B_1 + B_2 = 269^\circ 33' 55'' + 90^\circ 26' 17'' = 360^\circ 00' 12''$.

Если разность ($A_2 - A_1$) находится в пределах $180^\circ \pm 20''$, а сумма ($B_2 + B_1$) в пределах $360^\circ \pm 40''$, то юстировка креста сетки нитей не требуется. Если же значения находятся не в указанных пределах (при 2-3 контрольных измерениях), то необходима юстировка положения сетки нитей зрительной трубы в сервисном центре (ремонтной мастерской).

5 Ось оптического центра должна быть отвесна и совпадать с осью вращения прибора

Прибор тщательно приводится к горизонту. Внизу, под центр штатива (на землю, асфальт) помещается кусок фанеры или дощечки с прикрепленным листом бумаги. На листе отмечается карандашом проекция креста сетки нитей центра. Далее необходимо повернуть алидаду на 180° и вновь отметить проекцию креста сетки нитей. Если проекции не совпадают в пределах 1 мм, то юстировка креста сетки центра не требуется. В противном случае необходимо выполнить юстировку.

Для этого:

- обе точки проекций креста сетки соединяются линией, отрезок делится пополам и отмечается его середина точкой;
- прибор надо крепко зафиксировать закрепительным винтом горизонтального круга (алидады);
- снять окуляр оптического центра;
- снять защитное кольцо юстировочных винтов креста сетки центра;
- установить окуляр на место;
- посредством юстировочных винтов сетки нитей переместить центр креста до его совмещения с серединой точной отрезка, отмеченной на листе бумаги. Перемещать обойму сетки нитей надо, наблюдая

одновременно в окуляр, юстировочными винтами, первоначально ослабив противоположный винт, т.е. тот, в направлении которого будет перемещаться обойма сетки. По окончании юстировки все винты должны быть затянуты, но при этом нельзя допускать их перетяжку;

- действуя подъемными винтами подставки, совместить крест сетки нитей с первоначальной проекцией креста сетки (точка 1);

- повернуть прибор на 180° , убедиться, что юстировка выполнена правильно (крест сетки не сошел с точки 1). Поставить на место защитное кольцо юстировочных винтов сетки, для чего надо предварительно снять окулярное колено центрира;

- поставить на место окуляр центрира.

(В сериях приборов RX 50 достаточно вывернуть защитное кольцо в окуляре центрира для доступа к юстировочным винтам сетки нитей). Вновь после завершения юстировки, т.е. сборки окулярного колена, повторить поверку, допускается несовпадение креста сетки нитей с проекцией точки на листе бумаги не более 1мм.

б Определение постоянной поправки светодалномера тахеометра.

Постоянную поправку светодалномера требуется определять несколько раз в течение года, а именно:

- при замене светоотражательной призмы,

- при длительном времени неиспользования прибора,

- при заметном отклонении измеренных расстояний от предполагаемых их значений.

Не смотря на то, что на светоотражательной угломерной призмемарке указана ее постоянная поправка (с одной стороны 0 мм, с другой -30 мм) необходимо перед началом работ определить постоянную поправку, вводимую (автоматически) в измеренные расстояния.

Это можно выполнить следующим образом:

- На относительно ровном месте закрепить 2 точки примерно на расстоянии 100 м одна от другой А и В (рисунок 2.4). В точке А установить тахеометр, в точке В – отцентрированный штатив с визирной маркой-отражателем. Примерно в середине линии АВ закрепить третью точку С на местности, устанавливая ее на прямой с помощью тахеометра. Отцентрировать над точкой С третий штатив с подставкой (подставки – адаптеры, т.е. взаимозаменяемые с прибором и марками-отражателями). Измерить 10 раз горизонтальное проложение линии АВ тахеометром. Затем установить тахеометр в точке С, измерить 10 раз отрезок СВ. Снять отражатель с подставки в точке В и установить его в подставку в точке А. Измерить отрезок СА тахеометром 10 раз. Вычислить средние значения линии АВ и отрезков СВ, СА (S_{AB}, S_{CB}, S_{CA}).

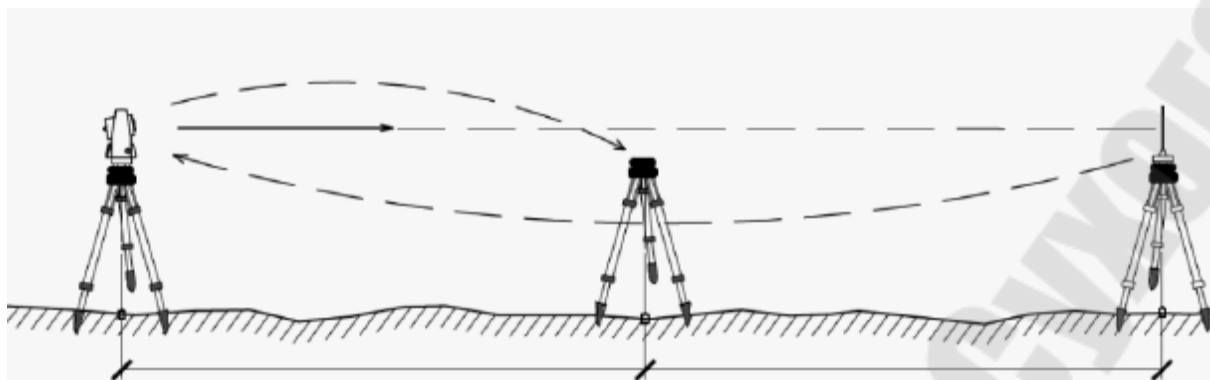


Рисунок 2.4 – Определение поправки светодальномера

Далее можно написать равенство, а затем преобразовать его:

$$\begin{aligned}
 S_{AB} + K &= (S_{CB} + K) + (S_{CA} + K); \\
 S_{AB} + K - S_{CB} - K - S_{CA} - K &= 0; \\
 S_{AB} - (S_{CB} + S_{CA}) &= K,
 \end{aligned}$$

где K – постоянная поправка в измеряемые расстояния тахеометром с используемой светоотражательной маркой-призмой. Такое определение поправки K следует выполнять два, три раза. Отклонения значений K должно находиться в пределах ± 3 мм (паспортная характеристика точности измерений расстояний светодальномером). Если расхождения значений K превосходят указанный предел, прибор надо отправить в сервисный центр (ремонтную мастерскую). Постоянную поправку K в измеряемые расстояния ЭТ необходимо определить для каждой используемой в измерениях светоотражательной марки-призмы. И эту величину необходимо вводить в память прибора (клавиша ДЛН) перед началом измерений, она будет автоматически учитываться прибором в измеренных расстояниях.

Наиболее быстрый, но менее точный метод определения постоянной поправки K комплекта тахеометра с светоотражательными марками призмами следующий:

- выбрать ровную площадку (асфальт, бетон), закрепить одну точку на местности A и установить над ней ЭТ, приведя его в рабочее состояние;

- на второй переносный штатив установить светоотражательную марку-призму. Этот штатив устанавливается от тахеометра свободно на расстоянии 5, 7, 10, 15 м. При каждой его установке измеряется ЭТ расстояние, и это же расстояние измеряется при помощи стальной рулетки с миллиметровыми делениями:

- ноль рулетки устанавливается на фиксированную точку A , полотно рулетки укладывается и натягивается (усилие 10 кг) под переносным

штативом так, чтобы можно было взять отсчет по рулетке по кресту сетки нетей оптического центрира. Для контроля точности измеренного расстояния рулеткой следует выполнить 3–4 измерения, смещая для этого ноль рулетки и считывая расстояния по оптическим центрирам тахеометра и светоотражательной марки-призмы на штативе. Разности между расстояниями, измеренными светодальномером и средними значениями из измерений этих же расстояний рулеткой, будут выражать постоянную поправку K . Расхождения между вычисленными значениями K могут достигать 3–4 мм. Наиболее достоверными будут значения K , полученные на коротких расстояниях, это значение K и надо принять за рабочее. Пользуясь этим методом, можно определять постоянную поправку K для минипризм, широко используемых в геодезических измерениях. В этом случае минипризма устанавливается на минимальную высоту вешки (конус) 50 мм. Острие конуса устанавливается непосредственно на полотно натянутой рулетки, измеряется расстояние светодальномером. Таких измерений следует выполнить 5–10. Вычислить разности между светодальномерными измерениями расстояний и фактическими – взятыми по рулетке. Среднее значение из этих разностей является постоянной поправкой K для используемой призмы. Отметим, перед началом измерений круглый уровень, установленный на минипризме, должен быть выверен и отъюстирован.

7 Лазерный указатель створа (направления)

Разделительная линия между зеленым и красным цветом индикатора указателя направления должна совпадать с визирной линией. Эта поверка выполняется у приборов, имеющих лазерный створоуказатель, например, (серия 50RX).

Для этого в режиме «Установки дальномера» (клавиша ДЛН) нужно установить курсор на излучение СТВОР:

- включить лазерный указатель створа, для этого нажать и удерживать кнопку освещения;

- на расстоянии 20 м от прибора (он установлен и приведен в рабочее состояние) установить на штативе светоотражательную призму и навести при КЛ зрительную трубу на центр призмы;

- установить отсчет по горизонтальному кругу $0^{\circ}00'00''$ (дважды нажать клавишу Уст 0);

- глядя в зрительную трубу, увидим цвет – красный или зеленый, или оба цвета. Если виден только красный или только зеленый цвет, то требуется юстировка прибора. Для этого надо поворачивать юстировочный винт указателя створа (он находится наверху зрительной трубы у объектива) при красном цвете – по часовой стрелке до момента совпадения разделительной линии с перекрестием сетки; если виден

зеленый цвет, то винт надо поворачивать против часовой стрелки до момента совпадения разделительной линии с перекрестием. Если видны оба цвета, то прибор надо поворачивать микрометрическим винтом горизонтального круга до момента, когда будет виден только один цвет, например, зеленый. Надо снять отсчет по горизонтальному кругу, например, $0^{\circ}06'36''$, затем повернуть прибор в другую сторону пока не будет виден только красный цвет. Снять отсчет по кругу, например, он будет $359^{\circ}57'06''$, т.е. угол будет равен $2'54''$. Следовательно, разность отсчетов (асимметрия) будет равна $3'42''$, и разделительная линия смещена в зеленый сектор. Вращая юстировочный винт, надо добиться положения разделительной линии до ее совпадения с перекрестием сетки нитей, затем вновь измерить углы до появления только зеленого и только красного цвета. Разность углов не должна превосходить $1'$, если превосходит $1'$, то следует повторить.

2.1.2. Поверки и юстировки нивелиров

Геодезические измерения, в результате которых определяются превышения одной точки относительно другой, называются *нивелированием*. Если при этом используется горизонтальная визирная линия, то такое нивелирование называется *геометрическим*, а прибор, образующий горизонтальную линию, носит название – *нивелир*. В зависимости от точности определения превышений геометрическое нивелирование подразделяется на I, II, III, IV классы и техническое. При решении инженерных задач используется нивелирование II – IV класса точности, а также техническое. Наиболее широко используется нивелирование III и IV класса, техническое, характеризующиеся средними квадратическими погрешностями

$$m_{III} = 10\text{мм} \times \sqrt{L, \text{км}};$$

$$m_{IV} = 10\text{мм} \times \sqrt{L, \text{км}};$$

$$m_{\text{техн}} = 50\text{мм} \times \sqrt{L, \text{км}},$$

(где L – длина хода в км), соответственно.

Под соответствующий класс точности нивелирования созданы приборы. Современные нивелиры конструктивно оснащены компенсаторами, при помощи которых визирная линия автоматически устанавливается в горизонтальное положение, достаточно лишь привести прибор к горизонту, используя круглый уровень, точность которого может быть $6''$ - $8''$. Чем выше класс точности нивелира, тем большее у него увеличение зрительной трубы \times . $\times = (32 \times, 28, 24)$, и тем точнее приведение

линии визирования в горизонтальное положение (0,3-0,8 угол «компенсации»). Перед началом геодезических измерений нивелир необходимо повернуть и если надо – отъюстировать. Но прежде всего следует проверить исправность штатива. Он должен быть устойчив, т.е. не иметь люфта в головке штатива и в наконечниках ножек штатива. Недостатки устраняются подтяжкой болтов, скрепляющих элементы штатива. Стоит убедиться в функциональности зажимных винтов ножек штатива. Нивелир закрепляется станковым винтом на головке надежно установленного штатива. Подъемными винтами подставки пузырьки круглого уровня приводятся в нуль-пункт. Если штатив имеет сферическую головку, то надо слегка ослабить становой винт и, перемещая руками прибор по головке, добиться, чтобы пузырек уровня был близок к центру. Далее закрепить становой винт и при помощи подъемных винтов подставки привести пузырек уровня в центр.

Нивелир должен удовлетворять следующим геометрическим условиям:

1 Ось круглого уровня должна быть отвесной и параллельной оси вращения прибора

Для проверки этого условия необходимо взять отчет по горизонтальному кругу нивелира и повернуть его на 180° . Если пузырек останется в центре, то условие выполнено. В противном случае его надо переместить на половину отклонения к центру подъемными винтами подставки, а на другую, т.е. в центр, переместить юстировочными винтами уровня. Вновь повернуть прибор на 180° . Если пузырек уйдет из центра, юстировку нужно повторить. В результате после завершения юстировки пузырек уровня должен остаться в центре при любом положении зрительной трубы. Далее следует отфокусировать окуляр до резкого изображения сетки нитей, вращая окулярное кольцо. Навести зрительную трубу на рейку и убедиться в отсутствии параллакса. Параллакс отсутствует в том случае, когда изображение рейки и сетки нитей остаются неподвижными относительно друг друга при изменении положения глаза наблюдателя относительно окуляра. Если параллакс имеется, его следует устранить фокусировкой зрительной трубы. При невозможности его устранения прибор подлежит ремонту в мастерской. Параллакс может привести к большим ошибкам в измерениях.

2 Проверка работы компенсатора

Навести зрительную трубу на рейку, взять отсчет по рейке. Слегка стукнуть пальцем по корпусу прибора или ножкам штатива, не отрывая глаз от зрительной трубы. Нить сетки должна качнуться и вновь вернуться на место (на прежний отсчет). Это указывает, что компенсатор работает. Или, глядя в зрительную трубу, взять по рейке отсчет, затем повернуть

подъемный винт подставки на 1/8 оборота. При этом нить должна качнуться, а затем встать на прежнее место (на прежний отчет) – компенсатор работает. Если отчет по рейке изменился, т.е. нить не заняла прежнее место, компенсатор не работает. Убедиться в этом еще раз, повторив контроль. Прибор надо сдать в ремонтную мастерскую. Работу компенсатора следует проверять каждый раз перед началом измерений.

3 Вертикальная нить сетки должна быть отвесной и параллельной оси вращения нивелира, а горизонтальная – перпендикулярна к ней

На расстоянии 15 - 20 м от нивелира подвешивается тяжелый отвес и вверху поля зрения трубы нить сетки совмещается с нитью отвеса. Если внизу поля зрения трубы нить совпадет с отвесом – условие выполнено. Если имеется несовпадение более 0,5 мм, необходима юстировка. Для этого надо: снять защитный кожух юстировочных винтов сетки, ослабить 4 винта, скрепляющих обойму сетки с корпусом трубы, и, вращая сетку вокруг визирной линии (под винтами имеются вырезы в обойме сетки), совместить нить сетки с нитью отвеса. Винты аккуратно закрепить. Навести зрительную трубу на рейку, например в левый край поля зрения трубы, и взять отчет. Затем перевести изображение рейки в правый край поля зрения, взять отчет по рейке. Отсчеты должны быть одинаковы (перпендикулярность нити гарантируется заводом изготовителем).

4 Визирная линия нивелира должна быть горизонтальной

Эта поверка носит название – поверка главного условия нивелира. Невыполнение условия приводит к погрешности, называемой (обозначаемой) – x . Поверку можно выполнить двумя методами:

1 Нивелирование из середины

На местности закрепляются две точки на расстоянии примерно 50-70 м. Нивелир устанавливается точно посередине между указанными ранее точками ($\pm 10-20$ см). Берутся отчеты по рейке a_1 и b_1 (рисунок 2.5.). Вычисляется превышение между точками А и В.

$$h = a_1 - b_1.$$

Здесь значение h безошибочно, так как отклонение x визирной линии от горизонта одинаково на заднюю и переднюю рейки. Следовательно, при разности отчетов оно исключается.

Затем нивелир переставляется из середины к точке А (рисунок 2.6) с учетом возможности взятия отчета по рейке (≈ 2 м). Берутся отчеты по рейке a_2 и b_2 . Отсчет a_2 будет практически безошибочным из-за негоризонтальности визирной линии нивелира, т.к. он близко расположен к рейке, а b_2 будет содержать составляющую.

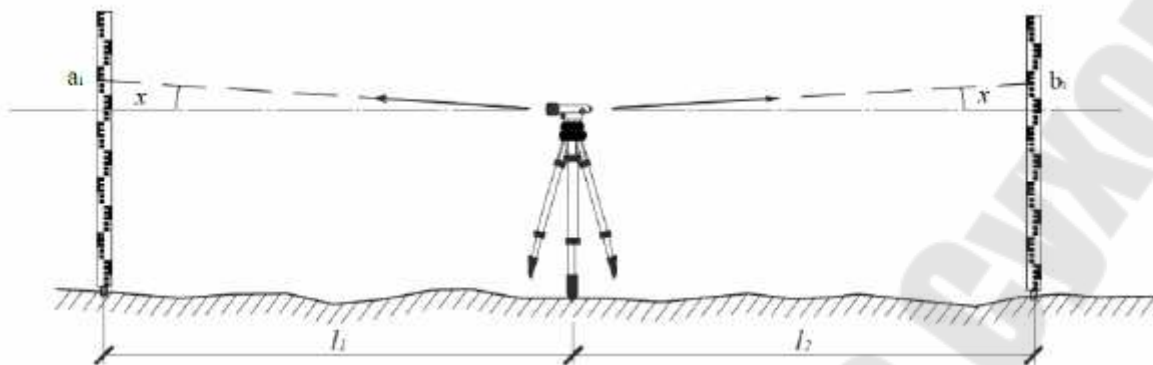


Рисунок 2.5 – Нивелирование из середины

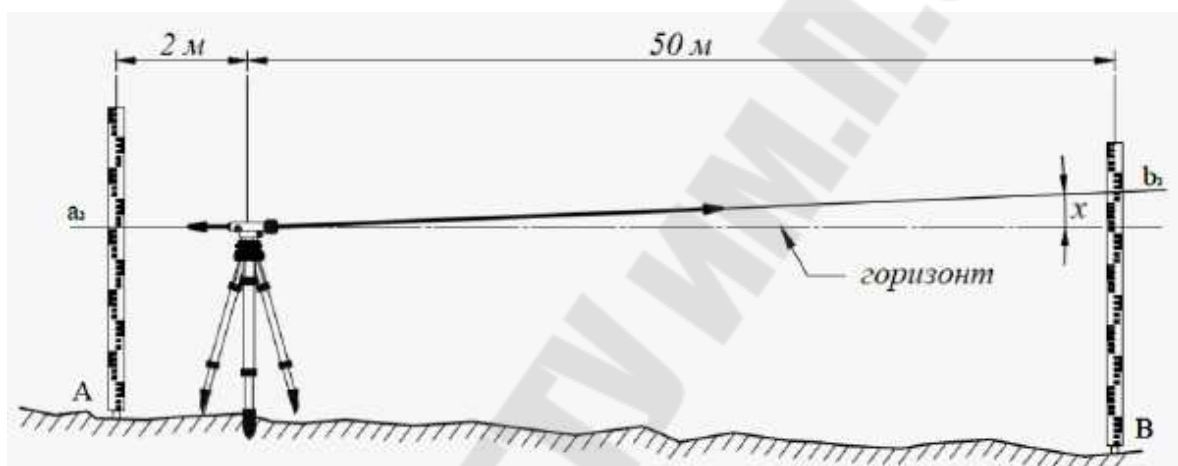


Рисунок 2.6 – Определение негоризонтальности луча визирования

Следовательно, можно вычислить отсчет b_2 по рейке, свободный от значения x , а также и величину x :

$$b_2 = a_2 - h;$$

$$x = b_2 - b_2.$$

Если значение $x \leq 3$ мм юстировка не требуется. В противном случае нужно снять защитный кожух юстировочного винта компенсатора (или винтов сетки) и при помощи шпильки (отвертки) установить отсчет b_2 по рейке, перемещая сетку нетей. Поверку повторить после юстировки.

2 Двойное нивелирование вперед

Этот метод имеет преимущество над рассмотренным выше методом вследствие его корректности. Здесь нивелир устанавливается так, чтобы проекция окуляра зрительной трубы совпадала с точкой А (рисунок 2.7). Берется отсчет (a_1) по рейке, установленной на точке В. Измеряется высота прибора над точкой А при помощи рулетки или рейки до середины окуляра. Это можно сделать, наблюдая рулетку или рейку через объектив

зрительной трубы и беря отсчет i_1 по центру поля зрения с точностью до 1мм. Вычисляется превышение между точками А и В:

$$h = (a_1 - x) - i_1.$$

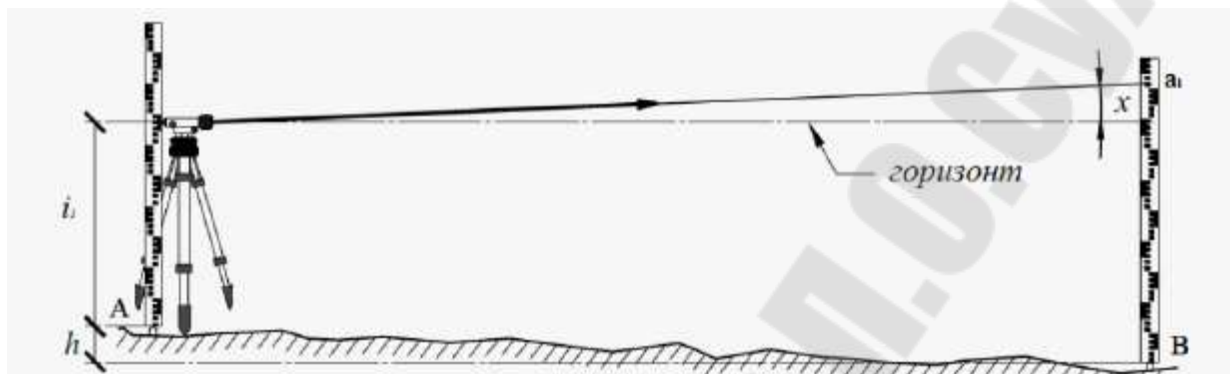


Рисунок 2.7 – Двойное нивелирование вперед. Первая постановка прибора

Далее нивелир устанавливается в точке В аналогично точки А. Берется отсчет (a_2) по рейке, установленной в точке А. Измеряется высота прибора i_2 (рисунок 2.8) с точностью до 1 мм. Вычисляется превышение:

$$h = i_2 - (a_2 - x).$$

Приравняем выражения для определения превышения, и преобразуем равенство, в результате получим значение x :

$$\begin{aligned} (a_1 - x) - i_1 &= i_2 - (a_2 - x); \\ a_1 - x - i_1 &= i_2 - a_2 + x; \\ x &= ((a_1 + a_2) - (i_1 + i_2))/2. \end{aligned}$$

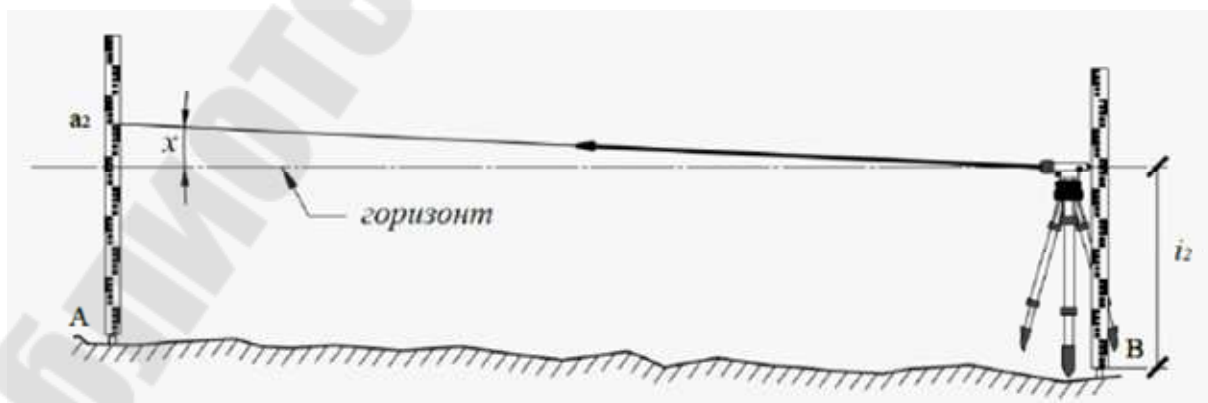


Рисунок 2.8 – Двойное нивелирование вперед. Вторая установка прибора

Таким образом, если вычисленное значение x как разность полусуммы отсчетов по рейкам в точках А и В и полусуммы высот нивелира в этих точках при нивелировании вперед не превосходит 3 мм, юстировка не требуется. В противном случае вычисляется значение отсчета a_2 свободное от влияния ошибки и крест сетки нитей перемещается юстировочным винтом компенсатора (юстировочными винтами сетки) на безошибочный отсчет a_2 . После юстировки поверка повторяется. Отметим, при выполнении поверки главного условия нивелира отсчеты берутся по вертикально установленным рейкам в точках А и В по круглому уровню. При отсутствии уровня на рейке ее необходимо качать в направлении нивелира и от него, пересекая вертикаль. Берется минимальное значение отсчета по рейке, что соответствует ее вертикальному положению.

Цифровой (электронный) нивелир перед началом измерений также необходимо поверить и, если надо, отъюстировать. *Поверки следует начать с круглого уровня.* Они выполняются аналогично поверкам для оптических нивелиров. Затем надо поверить положение креста сетки нитей: сначала – вертикальность нити, далее – положение горизонтальной нити. Вертикальность поверяется по отвесу, подвешенному в 15-20 м от прибора. При несовпадении вертикальной нити креста с нитью отвеса надо ослабить 4 винта, скрепляющих обойму креста сетки с корпусом зрительной трубы (предварительно снять защитный кожух сетки нитей), повернуть обойму вокруг визирной линии до совпадения с отвесом и закрепить винты. Положение горизонтальной нити поверяется взятием отсчета по кодовой стороне рейки, установленной в 20 м от прибора, а затем по сантиметровой стороне рейки. Если разность отсчетов более 2 мм, крест сетки надо переместить вертикальными юстировочными винтами сетки до совпадения кодового отсчета с отсчетом по сантиметровой стороне рейки.

Если кодовый отсчет меньше, то сетку надо переместить вверх, ослабив верхний юстировочный винт и подтянув нижний винт. Далее поверяется главное условие нивелира – линия визирования должна быть горизонтальной. Поверка выполняется аналогично изложенным ранее процессам (например, нивелированием из середины и расположением прибора вблизи или за задней рейкой в 3 м). Юстировка выполняется вращением юстировочного винта компенсатора.

Нивелирные рейки и их исследования

Нивелирная рейка – приспособление, при помощи которого определяется величина превышения при нивелировании. Для нивелирования I, II, III, IV класса, а также высокоточного инженерно-технического нивелирования используются 3 метровые цельные рейки.

Для высокоточного нивелирования используются штриховые с инварной лентой рейки с 0,5 см делениями, для III, IV класса нивелирования – шашечные с сантиметровыми делениями цельные 3 метровые. В строительном комплексе широкое применение в настоящее время нашли 3,4,5-метровые телескопические алюминиевые рейки с сантиметровыми делениями (звено 1 м). В высокоточном цифровом нивелировании (электронном) применяются рейки штриховые кодовые с одной стороны и шашечные с сантиметровыми делениями с другой стороны, рейки из углепластика, фибerglassа (материалы с минимальным коэффициентом температурного расширения).

Прежде чем приступить к измерениям, нивелирные рейки необходимо исследовать:

- осмотреть шкалы, пятки, замки-фиксаторы телескопических реек, их функциональность;

- степень коробления (прогиба) плоскости рейки. Для этого нужно натянуть капроновые тонкие нити вдоль ребра рейки через ее пятку и верх, измерить при помощи линейки с миллиметровой шкалой стрелки прогиба (двухавровая форма поперечного сечения рейки – антикоробление) плоскости шкалы. Допускаются величины стрелок прогиба не более для нивелирования: II кл. – 2 мм, III кл. – 4 мм, IV кл. – 7 мм, технического – 10 мм;

- правильность крепления на ребрах рейки кронштейнов для подвески и центрирования нитяного отвеса (для установки рейки в вертикальное положение). Поверяется выверенным теодолитом при двух положениях рейки или по вертикальной нити нивелира;

- правильность установки круглого уровня на рейке проверяется при помощи нитяного отвеса, повешенного вдоль ребра рейки. Ребро рейки устанавливается параллельно нити отвеса в обеих плоскостях. В этом положении пузырек уровня должен быть в нуль-пункте. Если имеется отклонение пузырька, то оно устраняется юстировочными винтами уровня. Эту поверку можно выполнить и по вертикальной нити нивелира, используя её как нить отвеса;

- пятка рейки должна быть перпендикулярна к оси рейки, и разности высот идентичных точек пяток рабочей пары реек должны быть равны нулю. Для контроля обе рейки поочередно надо устанавливать вертикально, на удалении от нивелира 8-10 м, на полусферическую головку в точках на краях и середине пятки, беря отсчеты по рейке (рисунок 2.8). Таких приемов измерений должно быть не меньше двух. Затем по данным измерений вычисляется перекося пятки и разности высот идентичных точек рабочей пары реек. Если рейки снабжены подпятниками, то это исследование не проводится;

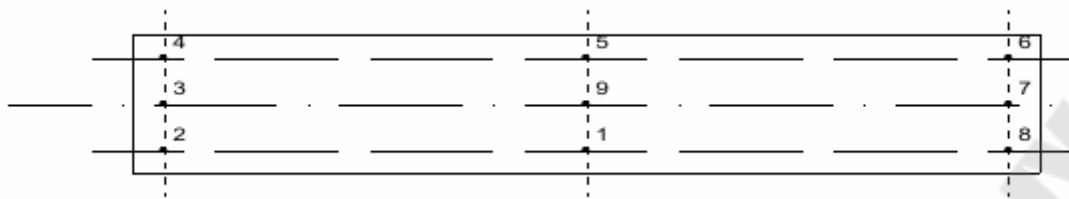


Рисунок 2.8 – Пятка рейки

– определение разности высот нулей черной и красной стороны реек № 1 и № 2. На расстоянии около 20 м от нивелира поочередно устанавливаются рейки в вертикальное положение на костыль (башмак) со сферической головкой, берутся отсчеты по черной и красной сторонам реек. Разность отсчетов по красной стороне и черной называется пяткой рейки. Таких определений надо выполнить около 10-12 на разных участках рейки по высоте. За окончательный результат принимается среднее из всех определений;

– определение длины метровых интервалов шкал реек, вычисление средней длины рабочего метра пары реек выполняется при помощи контрольной (женевской) линейки в помещении с постоянной температурой. Измеряются метровые и дециметровые отрезки рейки, отмеченные острым карандашом. Измерения выполняются в прямом и обратном направлениях. В каждом направлении отрезки измеряются дважды, для этого линейка несколько сдвигается. Таким образом, получаем 4 значения отрезков, из которых выводится среднее значение метра, а также вычисляются случайные ошибки дециметровых отрезков;

– определяется совпадение нуля шкалы черной стороны рейки с пяткой. Для этого к пятке прикладывается лезвие бритвы и при помощи линейки измеряется отрезок до ближайшего края четко очерченного штриха или шашки сантиметра. Таким образом, устанавливается разность нулей пары реек.

В строительстве используются телескопические раздвижные алюминиевые рейки с сантиметровыми делениями. Их метровые и дециметровые отрезки измеряются при помощи стальной прокомпарированной рулетки с миллиметровыми делениями. При этом особое внимание следует обратить на фиксацию колен рейки замками. Используя результаты компарирования рейки, надо вводить соответствующие поправки в превышения и отсчеты по рейке при производстве разбивочных и контрольных измерительных работ, а при особо ответственных работах – использовать только первое колено рейки. Штрих-кодовые рейки для цифрового (электронного) нивелира исследуются для каждого комплекта на специальном лабораторном

компараторе, оснащенный соответствующей измерительной аппаратурой (например, интерферометром).

Кодовые (цифровые) нивелиры в практике горных маркшейдерских работ

Существует большое количество различных моделей лазерных нивелиров, отличающихся по конструкции, по назначению и точности работы. *Цифровые нивелиры* применяются со специальными штрих-кодowymi рейками, используя которые, можно измерять не только превышение, но и расстояние между точками, а также горизонтальные углы. Цифровые нивелиры не только повышают точность и скорость работы, но и исключают одну из основных ошибок нивелирования – ошибку наблюдателя. Оптические и цифровые нивелиры, как правило, предназначены для использования специально подготовленными исполнителями, представляющими суть процесса и имеющими определенные профессиональные навыки. *Лазерные нивелиры*, напротив, созданы для того, чтобы ими мог пользоваться любой человек для решения самых различных задач. Уровень автоматизации и наглядность работы лазерных нивелиров, таковы, что их использование в большинстве случаев не требует специальной подготовки. Наибольшее распространение лазерные нивелиры приобрели в строительстве при монтажных и отделочных работах, заменив привычные уровни, бечевки и т.п. Электронные или цифровые нивелиры – это современные многофункциональные геодезические приборы, совмещающие функции высокоточного оптического нивелира, электронного запоминающего устройства и встроенного программного обеспечения для обработки полученных измерений. *Основная отличительная особенность электронных нивелиров* – это встроенное электронное устройство для снятия отсчета по специальной рейке с высокой точностью. Применение электронных нивелиров позволяет исключить личные ошибки исполнителя и ускорить процесс измерений. Достаточно навести прибор на рейку, сфокусировать изображение и нажать на кнопку. Прибор выполнит измерение, отобразит на экране полученное значение и расстояние до рейки. *Цифровые* технологии позволяют значительно расширить возможности нивелиров и области их применения.

Оптические нивелиры

«Общие технические условия» подразделяются на три группы: *высокоточные, точные и технические*. По названию групп видно, что основная характеристика для разделения оптических нивелиров на группы – точность. Точность оптического нивелира определяется средней квадратической погрешностью измерения превышения на 1 км двойного хода. В таблице 2.1 приведены основные технические параметры

нивелиров отечественной классификации. Значение погрешностей выражены в миллиметрах. Высокоточные и точные оптические нивелиры могут изготавливаться в двух исполнениях: с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе и с компенсатором; технические оптические нивелиры изготавливаются с компенсатором. В настоящий момент практически все точные оптические нивелиры имеют компенсатор.

Точные и технические оптические нивелиры изготавливаются со зрительной трубой прямого изображения. Высокоточные нивелиры могут иметь трубы как прямого, так обратного изображения. Следует заметить, что требования, приведенные выше, используются при разработке российских нивелиров и действуют только на территории России. Однако, используя данные таблицы 2.1 и зная технические характеристики нивелира, произведенного за рубежом, можно определить к какой группе приборов он относится (в российской классификации). При выборе оптического нивелира для того или иного вида работ исполнитель руководствуется, как правило, требованиями "Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов", основные из этих требований приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные технические параметры нивелиров

Группа нивелиров, параметры	Высокоточные	Точные	Технические
Средняя квадратическая погрешность измерения превышения на 1 км двойного хода, мм (с компенсатором)	0,3	2,0	5,0
То же с уровнем (мм)	0,5	3,0	
Увеличение зрительной трубы, крат, не менее	40	30	20

Приведём несколько примеров различной классификации зарубежной техники, представленной на отечественном рынке. *Нивелир цифровой с компенсатором SDLIX*. Сделан в Японии. Увеличение зрительной трубы 32^x. Средняя квадратическая погрешность на 1 км двойного хода равна 0,2 мм, память 10000 точек. Прибор снабжён аккумулятором, зарядным устройством и пультом дистанционного управления. Понятно, что этот прибор следует отнести к классу высокоточных. *Нивелир цифровой с компенсатором SDL30* сделан в Японии. Увеличение зрительной трубы 30^x. Средняя квадратическая погрешность на 1 км двойного хода равна 0,6 мм, память 2000 точек. Прибор снабжён аккумулятором и зарядным устройством. Этот прибор следует отнести к классу точных. Наибольшая степень автоматизации геометрического нивелирования достигается в настоящее время при использовании цифровых нивелиров. Цифровые нивелиры являются пассивными приборами. В качестве приёмного

устройства в них использована ПЗС - матрица, т.е. прибор с зарядовой связью (рисунок 2.9)

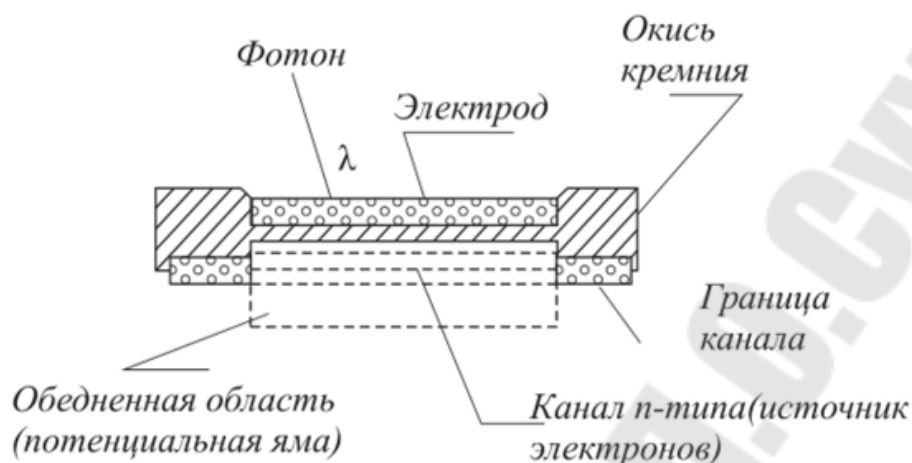


Рисунок 2.9 – Элемент ПЗС-матрицы

ПЗС-матрица – это фотоприёмник, который воспринимает и накапливает идущие от объекта частицы света – фотоны и преобразовывает их в электрические заряды. Считывая эти заряды, можно затем при помощи компьютера восстановить изображение объекта, спроецированное при помощи оптики на светочувствительную поверхность матрицы. ПЗС-матрица состоит из очень маленьких кремниевых детекторов света прямоугольной формы, называемых пикселями, и имеет двухмерную структуру. Каждый пиксель работает как копилка для электронов, возникающих в нём под действием фотонов, пришедших от источника света. Во время экспозиции, продолжительность которой регулируется при помощи механического затвора, каждый пиксель постепенно заполняется электронами пропорционально количеству попавшего на него света. Принцип работы элемента (пикселя) ПЗС-матрицы демонстрирует рисунок 2.9. Если световой пучок попадёт на проводник, то часть его отразится от поверхности, другая часть поглотится на определённой глубине, а третья часть пройдёт «навылет». Для фотоэлектрических устройств, преобразующих «фотоны в электроны», функциональной является та часть светового излучения, которая поглощается в полупроводнике, поскольку отражённая и прошедшая насквозь часть пучка не используется в такого рода преобразованиях. Поэтому в кремниевой подложке *p*-типа создаются каналы из полупроводника *n*-типа. Сверху наносится изолирующий слой окиси кремния. Над каналами размещаются электроды из поликристаллического кремния. При подаче электрического потенциала на электрод в обеднённой зоне под каналом *n*-типа образуется так

называемая потенциальная яма, которая способна хранить электроны. После попадания фотона в слой кремния образуется электрон, который в итоге попадает в потенциальную яму, где и хранится. Чем больше фотонов попадает на поверхность (то есть чем интенсивнее световой поток, падающий на эту поверхность), тем выше накапливаемый в потенциальной яме заряд. Далее заряд (фототок) считывается и усиливается. ПЗС-матрица состоит из множества таких элементов (пикселей) с размерами в несколько микрон. Источником светового излучения для цифровых нивелиров является специальная штрих-кодовая рейка с нанесёнными по определённому закону штрихами. С помощью ПЗС-матрицы распознаётся кодовая маска на нивелирной рейке и проекция визирной оси зрительной трубы прибора на этой маске. При работе с цифровыми нивелирами отсчёты по рейкам производятся автоматически и вносятся в память прибора. Результат нивелирования, т.е. превышение также высвечивается на дисплее и может накапливаться. Отсчёты по рейкам можно переписать в журнал с дисплея и вычислить превышения обычным путём. Ниже приведены параметры некоторых цифровых нивелиров. *Цифровой нивелир TRIMBLE DiNi 0.3* (рисунок 2.10) предназначен для измерения превышений с точностью 0,3 мм на 1 км двойного хода. *Trimble DiNi 0.3* это продукция фирмы *Trimble Integrated Surveying*.



Рисунок 2.10 – Цифровой нивелир TRIMBLE DiNi 0.3

Прибор предназначен для работы на любых объектах, где необходимо быстрое и точное измерение высот. *Trimble DiNi* может использоваться в таких задачах, как точное нивелирование плоских и наклонных поверхностей, задание требуемых уклонов и продольных профилей, слежение за деформациями и создание высотного обоснования опорных геодезических сетей.

Основные характеристики

- Диапазон измерений от 1,5 до 100 м.
- Диапазон рабочих температур, °С от –20 до +50.
- Вес, кг 3,5.
- Увеличение зрительной трубы, крат 32.

- Изображение прямое.
- Точность измерения превышений (на 1 км двойного хода) 0,3 мм на инварную рейку и 1,0 мм на складную рейку.
- Компенсатор / диапазон работы – маятниковый с магнитным демпфером / ± 15 мм.
- Клавиатура – 19 клавишная алфавитно-цифровая с 4-позиционной клавишей навигации.
- Дисплей графический, 240 x 160 пикселей, монохромный, с подсветкой. Память до 30000 строк данных.

Trimble DiNi обеспечивает максимальную производительность при выполнении повседневных геодезических работ. Он имеет прочную конструкцию (с защитой от пыли и влаги по стандарту *IP55*), позволяющую использовать его в суровых пылевых условиях. Подсветка экрана и круглого уровня обеспечивают работу даже в сумерках. С нивелиром *DiNi* можно проработать три дня без подзарядки батареи. Зарядка осуществляется с помощью зарядного устройства, входящего в комплект прибора. После завершения работы вся информация может быть перенесена из инструмента в компьютер с помощью *USB* устройства памяти.

Нивелир цифровой LEICA Sprinter 200M (рисунок 2.11) – новый электронный нивелир, разработанный для использования в сложных условиях на строительной площадке. Нивелир работает при низкой освещенности, в туннелях, внутри зданий и даже ночью с помощью вспышки. «Электронный глаз» исключает ошибки отсчетов и записи при нивелировании на стройплощадке. Прибор снабжён простой клавиатурой и большим дисплеем. Простой пользовательский интерфейс и встроенный датчик предупреждения при недопустимом отклонении нивелира от горизонта.



Рисунок 2.11 – Нивелир цифровой LEICA Sprinter 200M

Встроенные программы для вычисления превышений на станции, приведенных к горизонту расстояний, уравнивания, режим непрерывных измерений и другие функции делают этот нивелир эффективным средством измерений.

Технические данные SPRINTER 200/200M:

– Точность измерения превышений с алюминиевой рейкой оценивается средней квадратической ошибкой 1,5 мм на 1 км двойного хода.

– Точность измерения расстояний с алюминиевой рейкой оценивается средней квадратической ошибкой 10 мм для $D < 10$ м.

– Диапазон электронных измерений 2 м – 80 м.

– Время единичного измерения < 3 с.

– Измерения могут быть выполнены как в единичном режиме, так и в режиме слежения.

– Компенсатор с магнитным демпфированием и рабочим диапазоном $\pm 10'$. Точность установки компенсатора 0,8".

– Результаты измерений могут быть зарегистрированы во встроенную память и сохранены.

– Влаго- и пылезащищённость IP55.

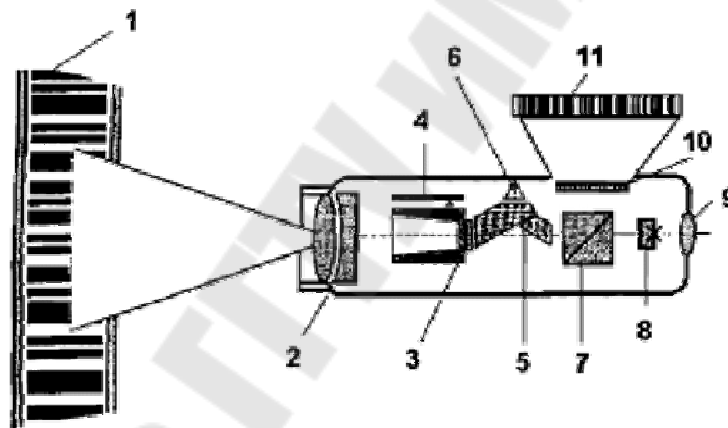
– Питание осуществляется от четырёх элементов АЛ, 4x LR6/AA/AM3, 1.5V. Вес $< 2,5$ кг.

Цифровые нивелиры NA 2000 / NA 2002 (Leica Geosystems AG), DiNi 22 (Trimble), DL-102C (Topcon), SDL30 (Sokkia) предназначены для нивелирования II — IV класса, топографических и картографических работ, для геодезических работ при строительстве транспортных магистралей, в туннелестроении и горном деле, могут использоваться при прокладке трубопроводов и каналов, для наблюдения за деформациями и для других измерений без участия человека. Возможности применения высокоточных цифровых нивелиров NA 3000 / NA 3003 (Leica Geosystems AG) и DiNi 12 / DiNi 12T (Trimble) шире. Это — нивелирование I и II классов; высокоточное нивелирование при контроле нагрузок, измерение осадок; контроль положения опор, фундаментов и осей.

Конструкция и принцип отсчитывания цифровых нивелиров фирмы LEICA GEOSYSTEMS AG

На рисунке 2.12 представлена схема нивелира NA 2002. С помощью ПЗС-приемника происходит считывание кода шкалы нивелирной рейки. Оптические элементы цифровых нивелиров NA 2002 / NA 3003 в основном заимствованы у обычных нивелиров, поэтому возможно визуальное отсчитывание по рейке. При измерениях в автоматическом режиме изображения штрихов кодовой шкалы рейки через светоделительный блок проецируются на чувствительную площадку ПЗС-

приемника. Светоделительный блок разделяет падающее излучение в спектральной области на инфракрасное и видимое. В то время как излучение, лежащее в инфракрасной области спектра, отражается от светоделительной грани в сторону приемника, видимая часть беспрепятственно пропускается светоделительным блоком и формирует изображение рейки в плоскости сетки нитей. Благодаря этому, с одной стороны, наблюдатель не ощущает потери мощности света, а с другой стороны, на чувствительную площадку ПЗС-приемника, имеющего большую чувствительность в инфракрасной области спектра, попадает излучение достаточной интенсивности. ПЗС-приемник состоит из 256 фоточувствительных элементов (пикселей), расстояние между которыми равно 25 мкм. Оптическая система нивелира имеет угол поля зрения равный 2° , так что при минимальном расстоянии визирования, равном 1,8 м, на чувствительную площадку ПЗС-приемника проецируется участок рейки длиной 61 мм, а при расстоянии 100 м — 3,6 м.



1 – штрих - кодовая нивелирная рейка; 2 - объектив; 3 - фокусирующий компонент; 4 - датчик положения фокусирующего компонента; 5 - блок компенсатора; 6 - блок контроля положения компенсатора; 7 - светоделительный блок; 8 - сетка нитей; 9 - окуляр; 10 - ПЗС-приемник; 11 - изображение кода нивелирной рейки

Рисунок 2.12 — Цифровой нивелир NA2002 (Leica Geosystems AG)

При перефокусировании зрительной трубы в диапазоне от 1,8 м до 100 м фокусирующий компонент перемещается на 14 мм. Зная положение фокусирующего компонента, можно приблизительно вычислить расстояние до рейки. Расстояние до рейки d_f и положение фокусирующего компонента s связаны выражением $d_f = k/s$, где k – постоянная оптической системы. Положение фокусирующего компонента регистрируется электронным датчиком положения. Во время измерений электронной системой отслеживается наклон прибора, или точнее, отклонение чувствительного элемента компенсатора. ПЗС-приемник преобразует

изображение штрихов кода в аналоговый видеосигнал, видеосигнал усиливается и преобразуется в цифровой. В микропроцессор с 256 пикселей ПЗС-приемника поступает дискретный сигнал, имеющий 256 градаций яркости. Перед началом измерений наблюдателем выполняется наведение зрительной трубы на рейку и фокусирование. После нажатия кнопки «пуск» на корпусе нивелира процесс измерения протекает в автоматическом режиме. Автоматически считываются показания с датчика положения фокусирующего компонента, определяется положение чувствительного элемента компенсатора, в зависимости от интенсивности сигнала определяется время интегрирования для достижения необходимого уровня насыщения отдельного пикселя ПЗС-приемника, выполняются грубая и точная оптимизации. Функционирование цифрового нивелира базируется на принципе корреляции. При этом штриховой код, записанный в память прибора, сравнивается с формируемым с помощью ПЗС-приемника сигналом (рисунок 2.13). При применении корреляции в цифровых нивелирах оптимизируются два параметра, а именно, высота и масштаб.



Рисунок 2.13 — Принцип отсчитывания по штрих-кодовой рейке у нивелиров фирмы Leica Geosystems AG

С одной стороны, разность высот «прибор-рейка» представляется как смещение штрихов кода рейки, с другой стороны изменяется масштаб изображения штрихов кода как функция расстояния «прибор-рейка». В процессе грубой оптимизации происходит поиск приблизительных координат максимального значения корреляционной функции в ограниченной области значений расстояний и высот. Сигнал с пикселя ПЗС-приемника, интенсивность которого превышает пороговый уровень, получает при аналого-цифровом преобразовании значение «1», в противном случае – значение «0». С помощью микропроцессора цифрового нивелира выполняется корреляция.

Коэффициент корреляции рассчитывается в каждой узловой точке растра «расстояние-высота». В месте совпадения опорного сигнала с измеренным сигналом появляется пик корреляции, который отчетливо выделяется из шума, создаваемого другими коэффициентами корреляции. С помощью точной оптимизации уже с высокой точностью определяются смещение изображения кода рейки по отношению к ПЗС-приемнику цифрового нивелира и масштаб кода рейки. В области поиска, заданной для точной оптимизации, сигнал, полученный с ПЗС-приемника, коррелируется с опорным сигналом с использованием более точной информации об уровне облученности элементов ПЗС-приемника. Используются все 256 градаций яркости. Так как измеренный и опорный сигналы имеют различные амплитуды, то функцию корреляции нормируют. Благодаря нормированию коэффициент корреляции находится всегда внутри интервала (-1...+1). Это позволяет в конце оптимизации дать оценку полученным результатам измерений. Нивелир NA3003 отличается от NA2002 тем, что у первого область поиска имеет решетку на 40% гуще. После оптимизации анализируются и учитываются различия в интенсивности падающего на отдельные элементы ПЗС-приемника излучения. Ошибочные участки штрихового кода, которые появились по причине помех на пути между нивелиром и рейкой, загоревших часть штрихов кода, распознаются в процессе вычислений и далее в процессе корреляции не участвуют. Не играет роли и то, в каком месте изображения кода находится помеха. При нивелировании частичное перекрытие штрихов кода другими объектами не должно превышать 20% от размера изображаемой в поле зрения области. Опорный сигнал представляет собой свертку изображения штрихов кода с хранящейся в памяти прибора функцией чувствительности элементов ПЗС-приемника. На нивелирной рейке наносится бинарный код, состоящий из белых (желтых) и черных полос (штрихов). Рейка длиной 4050 мм имеет код, состоящий из 2000 штрихов. Отсюда можно сделать вывод, что ширина основного штриха вычисляется как $4050/2000=2,025$.

Инструментальная точность нивелира зависит от:

- точности определения положения и масштаба штрихов кода в изображении;
- точности нанесения штрихов кода;
- качества формирования изображения оптической системой;
- точности установки чувствительного элемента компенсатора;
- стабильности горизонтального положения визирной оси при наклоне вертикальной оси нивелира;

– шумов квантования и дискретизации в электронном тракте прибора. Эти внутренние факторы, определяющие точность, учитывались при конструировании нивелира и разработке концепции обработки изображения. В высокоточном нивелире NA3003 вносится поправка за влияние остаточного наклона визирной оси, определяемого из разности плеч при измерениях по задней и передней рейкам. Влияние ориентирования прибора и фокусирования зрительной трубы на резкое изображение штрихов кода на точность результатов измерения цифровым нивелиром минимальны. Однако хорошая фокусировка сокращает время измерений, так как положение фокусирующей линзы определяет область поиска максимума корреляционной функции. При цифровом нивелировании атмосферная турбулентность сильно уменьшает контраст в изображении в результате мерцания (мигания) и искажает местоположение рейки. Вибрации компенсатора при измерениях вблизи транспортных магистралей по своему влиянию на процесс корреляции идентичны дрожанию атмосферы. При высокоточном нивелировании необходимо учитывать такие факторы как ветер, движение автомобилей и другие, которые вызывают дрожание компенсатора и таким образом влияют на стабильность положения визирной оси. По программе «Повторные измерения» выполняются несколько измерений подряд. Их число и полученная средняя квадратическая погрешность указываются на табло. Повторные измерения позволяют минимизировать вышеназванные влияния и оценить качество измерений. Освещение нивелирной рейки играет важную роль. В зависимости от степени освещенности (солнце, облачность, сумерки) изменяется время накопления заряда ПЗС-приемником. Оно меняется от 4 Мсек. при большой освещенности до 2 сек. при малой. Измерительной системой учитывается неоднородность освещения. Если измерения выполняются при искусственном освещении, требуется, чтобы спектральное распределение излучения источника совпадало с солнечным. Фирмой Leica Geosystems AG предлагается для освещения рейки источник GEB89, который можно использовать для работы на расстояниях, не превышающих 40 м.

Термооптические aberrации, возникающие при изменении температуры, приводят в оптико-механической конструкции к изменению положения визирной оси прибора. Датчик температуры сообщает микропроцессору актуальную в настоящий момент температуру и в измеренное значение высоты вносится поправка с учетом данных, сохраненных в памяти прибора по результатам его исследований.

Повышение точности нивелира NA3003 по сравнению с NA2002 достигается благодаря следующим усовершенствованиям:

– использованию высокоточного компенсатора;

- меньшим технологическим допускам;
- проведению процесса корреляции с учетом уточненных расстояний между чувствительными элементами ПЗС-приемника;
- автоматической коррекции изменения положения визирной оси вследствие изменения температуры.

2.2 Сканирующие системы в маркшейдерском обеспечении объектов нефтегазозаботки

2.2.1 Описание сканирующей системы

В состав сканирующей системы входит: транспортный ящик, трегер, штатив, Ethernet-кабель связи сканера с компьютером, кейс с принадлежностями (аккумулятор, кабель соединения сканера и аккумулятора, зарядное устройство), программное обеспечение Cyclone 6.0. Сканирующее устройство имеет подвижную часть и неподвижную (рисунок 2.14).



Рисунок 2.14 – Сканирующее устройство Leica Scan Station 2

На подвижной части прибор имеет два рабочих окна, фронтальное и верхнее, видимая область этих окон называется полем зрения прибора. Сканируемая область сканера 360° по горизонтали и 270° по вертикали. На неподвижной части находятся индикаторы «готовности» и три входа: два под аккумуляторы, один под Ethernet – подключение. Внутри сканера установлена система зеркал, управляемых специальными двигателями, которые направляют сканирующий лазер под нужным углом сканирования. Технические характеристики сканера представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики сканера

Точность определения положения точки	4 мм на 50 м
Точность измерения расстояния, мм	4
Угловая точность (по вертикали/ /горизонтали), микро радиан	60
Тип лазера	Импульсный лазерный сканер с двухосевым компенсатором
Размер пятна лазера	до 4 мм на 50-и метрах
Максимальное расстояние	до 300 м при отражении 90%
Частота сканирования	до 50000 точек в секунду
Избирательность по вертикали/ /горизонтали	1,2 мм между точками на 50 м
Точек по вертикали, максимум	5000
Точек по горизонтали, максимум	20000
Поле зрения по вертикали, °	270
Поле зрения по горизонтали, °	360
Видоискатель	встроенная цифровая камера
Видео наведение	Разрешение определяется пользователем. Одно фото 24°x24° (1024x1024 пикселей). Поле зрения 360°x270° - 111 фото.
Длительность работы от аккумулятора	до 6 часов
Рабочая температура, °С	0° - +40°С
Температура хранения, °С	-25° – +65°С
Размеры сканера, мм	265 x 370 x 510
Вес сканера, кг	18,5
Размеры аккумулятора, мм	165 x 236 x 215
Вес аккумулятора, кг	12

2.2.2 Принцип работы сканирующей системы

В большинстве конструкций сканеров используется импульсный лазерный дальномер. На пути к объекту импульсы лазерного излучения проходят через систему зеркал, которые осуществляют пошаговое отклонение лазерного луча. Наиболее распространенной является конструкция, состоящая из двух подвижных зеркал. Одно из них отвечает за вертикальное смещение луча, другое – за горизонтальное. Зеркала сканера управляются прецизионными сервомоторами, в конечном итоге, они и обеспечивают точность направления луча лазера на снимаемый

объект. Зная угол разворота зеркал в момент наблюдения и измеренное расстояние, процессор вычисляет координаты каждой точки. Все управление работой прибора осуществляется с помощью портативного компьютера со специальными программами. Полученные значения координат точек из сканера передаются в компьютер по интерфейсному кабелю и накапливаются в специальной базе данных. Сканер имеет определенную область обзора или, другими словами, поле зрения. Предварительное наведение сканера на исследуемые объекты происходит либо с помощью встроенной цифровой фотокамеры, либо по результатам предварительного разряженного сканирования. Изображение, получаемое цифровой камерой, передается на экран компьютера, и оператор осуществляет визуальный контроль ориентирования прибора. Сканирование может производиться как сразу всего поля зрения, так и лишь какой-то его части. Поэтому фотоизображение может быть использовано для выделения из общей картины нужных локальных областей. Работа по сканированию часто происходит в несколько сеансов, во-первых, из-за ограниченного поля зрения, во-вторых, из-за формы объектов, когда все поверхности просто не видны с одной точки наблюдения. Самый простой пример – четыре стены здания. Полученные с каждой точки стояния сканы совмещаются в единое пространство в специальном программном модуле. Для обеспечения процесса совмещения еще на стадии полевых работ необходимо предусмотреть получение сканов с зонами взаимного перекрытия. При этом перед началом сканирования в этих зонах нужно разместить специальные мишени. Это является весьма существенным моментом при планировании работ. По координатам этих мишеней и будет происходить процесс "сшивки". Можно совместить облака точек без специальных мишеней, используя лишь характерные точки снимаемого объекта, которые должны легко опознаваться на сканах, но при этом, чаще всего, неизбежны потери точности.

2.2.3 Возможности сканирующей системы

Лазерный сканер Leica Scan Station 2 позволяет проводить высокоточные измерения объектов любой сложности (с погрешностью до 2 мм) за минимальное время, на выходе получаем данные в виде «облаков точек» или другими словами трехмерную модель объекта в виде «облаков точек», что значительно облегчает работу по созданию обмерных чертежей и планов.

В основе технологии трехмерного лазерного сканирования лежит метод определения множества трехмерных координат X, Y, Z отдельных

точек на снимаемом объекте. Измерения выполняются с помощью высокоскоростного лазерного дальномера. Для перехода на следующий узел мнимой сетки луч лазерного дальномера после каждого замера разворачивается системой зеркал на некоторый заданный угол. Повышение плотности узлов в этой сетке увеличивает количество снятых точек и детализирует съемку. Дальномер имеет высокую скорость измерений – от нескольких сотен до десятков тысяч операций в секунду. Координаты точек, полученные в результате сканирования объекта, объединяются в большие группы точек (от сотен до миллионов), называемые на практике облаками точек. Самые распространенные сегодня модели лазерных сканеров используют импульсный лазерный дальномер. Отклонение лазерного луча в вертикальном направлении осуществляется шаговым электромотором с закрепленным на нем зеркалом. В горизонтальном направлении луч лазера отклоняется путем вращения самого сканера (рисунок 2.15).

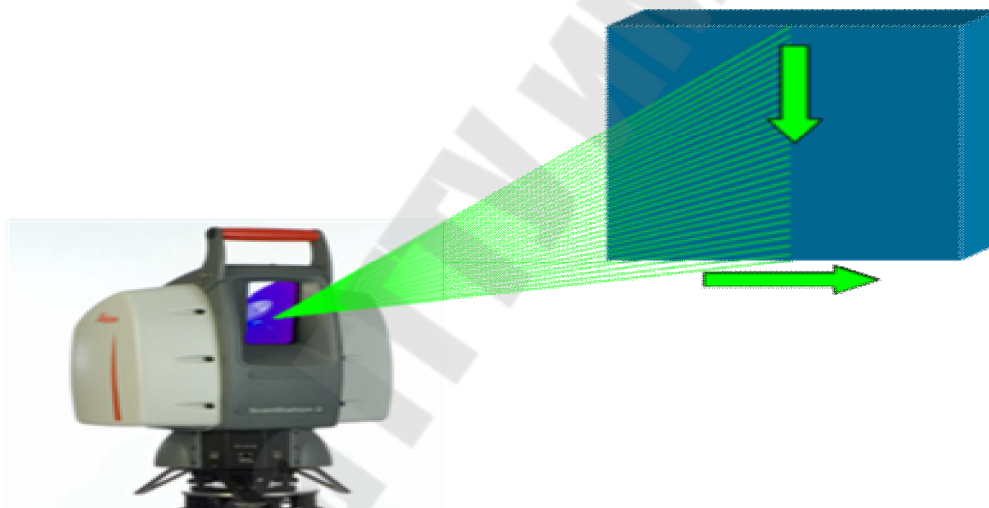


Рисунок 2.15 – Принцип действия лазерного сканера

Такая схема позволяет охватить все окружающее сканер пространство. Например, в лазерном сканере Leica Scan Station поле зрения составляет 360° по горизонтали и 270° по вертикали (рисунок 2.16). Угловая точность шаговых электромоторов, управляющих вращением сканера и зеркала, наряду с точностью лазерного безотражательного дальномера, являются важной составляющей точности получаемых координат точек. Определив дальномером расстояние и зная угол отклонения лазерного луча в горизонтальной и вертикальной плоскостях, можно получить трехмерные координаты каждой точки. Они будут находиться в системе координат сканера. С помощью дополнительных операций и специализированного программного обеспечения можно будет

привязать полученное облако точек к любой требуемой системе координат.

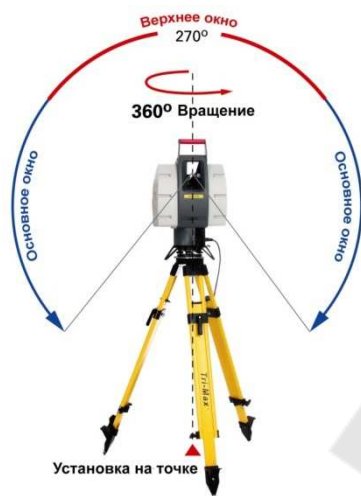


Рисунок 2.16 – Дизайн двух окон

Многие модели наземных лазерных сканеров обладают встроенной цифровой фотокамерой. С ее помощью можно выполнить фотосъемку окружения прибора. Получив панорамную фотографию объекта, пользователь сможет взять из нее только то, что требуется, избежав сканирования лишних фрагментов и, следовательно, потерь рабочего времени. Как и в любой современной технологии, важную роль в этой играет компьютер. Он служит управляющим и запоминающим устройством для лазерного сканера. Подключившись к нему с помощью кабеля, мы можем выбирать на экране область сканирования, задавать нужную плотность съемки, производить фотосъемку объекта, задавать координаты точки стояния сканера, отслеживать текущее состояние процесса сканирования, управлять сохранением результатов. Технология съемки с применением лазерного сканера зависит от геометрии и типа снимаемого объекта. Для достижения результата иногда приходится многократно переставлять сканер с точки на точку, выполняя съемку отдельных деталей и фрагментов. Причина – наличие мертвых зон, возникающих из-за различных обстоятельств. Поэтому нередко возникает необходимость привести отснятый материал к единой системе координат. Для этого во время съемки на объекте или рядом с ним устанавливаются марки, с помощью которых производится объединение облаков точек, полученных с различных точек сканирования. Для пространственной трансформации облаков требуется, как минимум, три марки на каждую точку установки сканера. Эти три точки с марками должны быть видны со смежных точек. Сам процесс объединения облаков точек выполняется в специализированном программном обеспечении. Сканирование не

является конечной целью работы, это лишь один из методов достижения необходимого результата. Здесь важно заранее определить, нужна ли трехмерная модель объекта или же достаточно составления чертежа – от этого будет зависеть плотность получаемых точек и, как следствие, время на сканирование. При необходимости детального описания объекта мы получаем большой массив данных в виде облаков точек (рисунок 2.17).



Рисунок 2.17 – Пример облака точек

Следующий этап работы – выделение из полученного набора данных той информации, на основании интерпретации которой мы придем к конечному результату. Это может быть, допустим, разрез объекта в нужной плоскости или его трехмерная модель с использованием набора графических элементов. На экране достаточно просто измерить расстояние там, куда невозможно отправить человека с рулеткой, а также составить чертеж по результатам сканирования. В рамках специального программного обеспечения можно создавать анимацию с облетом полученных облаков точек трехмерной модели. При этом необходимо учитывать, что огромные массивы данных, состоящих из десятков миллионов точек, занимающие гигабайты на накопителях, предъявляют повышенные требования к быстродействию компьютеров и емкости накопителей информации.

2.2.4 Задачи, решаемые с помощью лазерного сканирования

Одной из областей, наиболее ярко открывающих возможности лазерного сканера, геометризация недр. Сканирование незаменимо для решения задач получения объёмного изображения. Кроме лазерного сканирования существуют и другие методы создания геоизображений, например, фотография или ее частный случай – стереофото. Однако фотография не содержит трехмерных координат. Стереофотография,

сохраняющая объемность изображения, больше всего подходит для визуального восприятия объекта, однако требует определённого освещения и извлечение данных о координатах большого количества точек из стереопары фотографий сопряжено со значительными трудозатратами. Метод же лазерного сканирования дает возможность очень быстро провести съемку и получить модель объекта с деталями размером до нескольких миллиметров.

Другой пример применения лазерного сканирования – съемка сложных в техническом отношении объектов, особенно, если они давно эксплуатировались, неоднократно подвергались перестройке, но это не всегда оперативно отражалось в документации. Бывает, что чертежи некоторых узлов объекта утеряны. Бывает, что оборудование подлежит модернизации, однако непонятно, поместится ли новая техника на площадях старой. В этих ситуациях эффективно трехмерное лазерное сканирование. Именно оно позволит ответить на все вопросы. Смоделировав реальную ситуацию на компьютере, можно быть уверенным в успехе будущей модернизации. Например, мы можем импортировать в программу обработки модель нового оборудования, совместить ее с облаками точек и увидеть все проблемные участки планируемой модернизации. По сути дела, еще на этапе проектирования можно будет сделать вывод о том, насколько успешно завершится модернизация. Еще одной областью использования наземного лазерного сканирования является съемка карьеров и открытых горных выработок.

Оперативный подсчет объемов грунта – важная задача для горнодобывающих предприятий. Она также успешно решается путем применения лазерного сканирования.

2.2.5 Программное обеспечение Cyclone 6.0

Программное обеспечение играет чрезвычайно важную роль в быстрой и эффективной обработке «облаков точек», полученных в результате съемок высокого разрешения. Cyclone включает полный набор программных модулей для наиболее удобной обработки облаков точек.

Cyclone – это набор программных модулей Leica HDS (рисунок 2.18), который считается многими специалистами, работающими в области лазерного сканирования, настоящим стандартом для решения задач сканирования, визуализации, измерения, построения трехмерных моделей и чертежей, анализа данных и представления результата в традиционной форме или для решения других задач. С применением модуля Cyclone CloudWorkx процесс обучения сводится к изучению

использования трехмерных облаков точек в программных комплексах САПР.

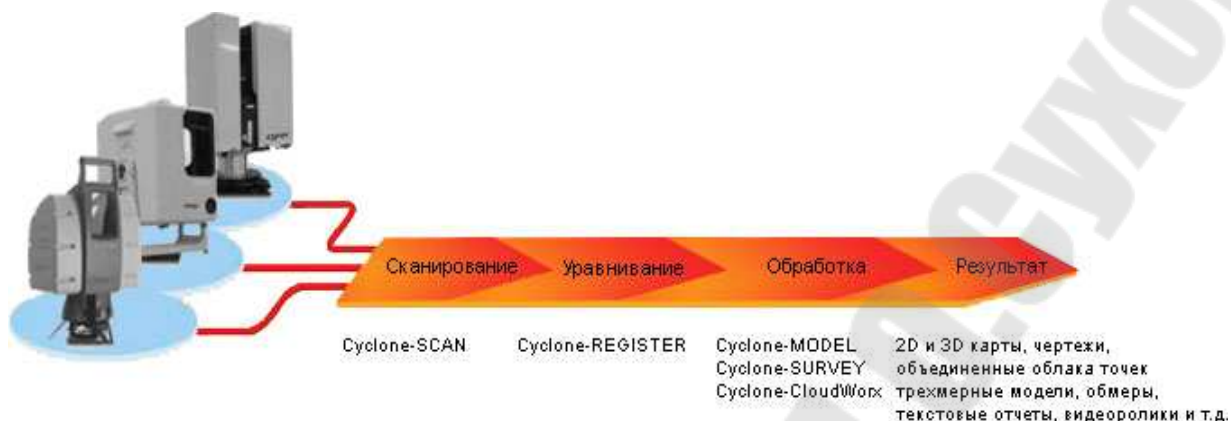


Рисунок 1.18 – Общий порядок обработки облаков точек в Cyclone

Cyclone – программный комплекс, который предоставляет весьма широкий набор средств для различных вариантов обработки трехмерных данных лазерного сканирования в инженерии, геодезии, строительстве и других областях применения. Всеобъемлющая полнота трехмерных облаков точек является основным достоинством по сравнению с другими источниками геометрической информации. Уникальная архитектура программы *Cyclone* основана на объектно-ориентированной базе данных, работающей по технологии Клиент/Сервер. Это технология предоставляет самую высокую скорость отображения данных при обработке проектов лазерного сканирования. Программа *Cyclone* дает возможность эффективно управлять данными лазерного сканирования, при этом сохраняется прозрачность обслуживания базы данных, то есть не требуются какие-либо специальные знания по управлению баз данных. Все данные – облака точек, изображения, топопривязка, результаты уравнивания, измерения, модели объектов и многое другое хранятся в одном файле. Тем самым нет необходимости перезаписывать или пересылать информацию из одного модуля в другой и т.д. Технология *Клиент/Сервер* позволяет одновременно работать до 10 специалистов над одним проектом. Для ускорения работы можно перейти в однопользовательский режим. Тем самым увеличение скорости отображения и обработки массивов точек составляет до 2-4 раз. *Cyclone* состоит из отдельных модулей, встраиваемых в единую программную оболочку. Различные модули предназначены для решения отдельных задач общего процесса обработки данных трехмерного лазерного сканирования.

Cyclone-SCAN – управление сканером

Cyclone-SCAN – это модуль для управления работой сканера Leica ScanStation 2. Пользователь может настраивать плотность сканирования, фильтрацию данных, создавать собственные макрокоманды, сканировать и автоматически распознавать плоские и сферические визирные цели Leica Geosystems HDS. При всем функциональном богатстве работать с Cyclone-SCAN очень легко из-за простого и понятного интерфейса.

Функциональные возможности Cyclone-Scan:

- пространственное перемещение, масштабирование, разворот в режиме реального времени, изменение цвета точек по материалам цифровой фотографии или по другим условиям для точек, поверхностей и смоделированных тел;

- трехмерная визуализация во время сканирования;

- регулирование уровня детализации облаков точек и трехмерных моделей для ускорения визуализации;

- настройки для быстрой переотрисовки облаков точек в сетях треугольников (TIN);

- прореживание облаков точек (каждая n-ная точка);

- визуализация облаков точек по значению интенсивности или по цвету;

- ограничение объема визуализируемых точек по выбранному региону или срезу для быстрого черчения;

- предварительная установка среднего расстояния до объекта по единичному направленному измерению;

- автоматическое создание цифровой мозаики для панорамного снимка;

- панорамный просмотр для цифрового изображения;

- геодезическая привязка по пунктам известного геодезического обоснования;

- установка высоты инструмента перед сканированием;

- установка высоты визирной цели;

- функция Установи-и-сканируй (Point-and-scan) QuickScan™ для интерактивной установки горизонтального окна съемки;

Фильтрация для возможного исключения «лишних» данных:

- а) Ограничение области сканирования по прямоугольнику или произвольному многоугольнику.

- б) Ограничение диапазона по дальности.

- в) Ограничение по интенсивности отраженного сигнала.

- д) Все предварительные установки настройки сканирования могут быть записаны и вызваны в любой момент.

Есть готовый список стандартных установок сканирования:

- настройка качества проверки совмещения;
- измерения расстояний, площадей и объемов по отдельным точкам и по готовым моделям:

- наклонные расстояния;
- расстояния DX, DY, DZ;
- создание и редактирование подписей;
- создание и управление слоями;
- назначение цветов и материалов объектам;
- просмотр с позиции сканера и указание его местоположения;
- искусственная настройка подсветки точек и моделей;
- сохранение/вызов текущих сцен;
- сохранение сцены в качестве файла с изображением (screen-shot);
- автоматизация при сканировании визирных марок HDS.

Входные форматы:

- ASCII (XYZ, SVY, PTS, PTX, TXT);
- Cyclone Object Exchange (COE) (COE Data Transfer Products);
- BMP, JPEG, TIFF.

Выходные форматы:

- ASCII (XYZ, SVY, PTS, PTX, TXT);
- BMP, JPEG, TIFF;
- Cyclone Object Exchange (COE) format (COE Data Transfer Products).

2.3 Инженерно-геодезические изыскания при трассировании газо- и нефтепровода

2.3.1 Условия трассирования трубопровода

Трассирование газопровода

Трассированием называется выбор трассы газопровода, т. е. линии, определяющей направление газопровода в каждой ее точке.

На выбор направления трассы газопровода влияют следующие условия:

- расстояние до потребителей;
- направление и ширина проездов городов и других населенных пунктов;
- вид дорожного покрытия, загруженность проезда различными сооружениями и городским транспортом;
- наличие различного рода препятствий;
- планировка кварталов;
- рельеф местности.

На территории городов и других населенных пунктов все газопроводы должны укладываться в грунт. На территории промышленных и коммунально-бытовых предприятий Строительными

нормами и правилами рекомендуется преимущественно надземная прокладка газопроводов. При выборе трассы газопроводов предпочтение необходимо давать проездам с небольшой интенсивностью движения транспорта, не асфальтированным дорожным покрытием и малонасыщенными подземными коммуникациями. Трассы газопроводов назначаются с учетом транспортирования газа различным потребителям кратчайшим путем. При этом направление проездов должно соответствовать принятой схеме газоснабжения. Ширина проездов должна обеспечивать допустимые расстояния от газопроводов до зданий, сооружений и различных подземных коммуникаций.

Чем выше давление газа в газопроводе, тем больше эти допустимые расстояния. Из различного рода подземных коммуникаций газопроводы являются наиболее опасными, так как при утечках газа могут возникнуть серьезные аварии, связанные со скоплением газа в различных местах, даже иногда на значительном расстоянии от места повреждения газопроводов. Газ, дойдя до подвалов, колодцев и каналов других подземных коммуникаций, скапливается в них и создает взрывоопасные концентрации. Наиболее опасными с точки зрения проникания в них газа являются подвалы, телефонные и теплофикационные тоннели, так как они непосредственно связаны с жилыми и общественными зданиями. На значительное расстояние может распространиться газ и при попадании в канализационные трубы, хотя они обычно располагаются глубже газопроводов. Минимально допустимые расстояния между двумя газопроводами, уложенными в одну траншею, составляют 0,4–0,5 м. Разрывы от железнодорожных путей предусматривают исключение воспламенения газа от проходящих поездов, при производстве ремонтных работ и при наличии утечек газа.

На трассировку газопроводов оказывают влияние различные препятствия: реки, водоемы, овраги, шоссе и железнодорожные пути и т.д. Естественно, что при выборе трассы газопроводов необходимо стремиться к тому, чтобы количество переходов через них было минимальным. При трассировке газопроводов необходимо соблюдать вертикальные расстояния от газопроводов до других сооружений. Например, расстояние по вертикали между газопроводами и такими сооружениями, как водопровод, тепловая сеть, телефонная канализация, водостоки, при их взаимном пересечении должны быть в свету не менее 0,15 м, а между газопроводом и электрокабелем или бронированным телефонным кабелем – не менее 0,5 м. Строительными нормами и правилами допускается уменьшение расстояния между газопроводом и электрическим или телефонным кабелем до 0,26 м при прокладке кабеля в футляре из труб. При этом концы футляра должны быть не ближе 1 м от

стенок пересекаемого газопровода. Перспективным является способ совместной прокладки различных подземных сооружений в одной траншее. Такой способ уже применяется в районах новой застройки нашей страны и дает положительные результаты, так как значительно сокращаются объем работ и стоимость прокладки этих сооружений. Например, Строительными нормами и правилами допускается совмещенная прокладка газопровода в одной траншее с водопроводом, канализацией и водостоком. При этом расстояние по горизонтали между газопроводом и указанными трубопроводами должно быть в свету не менее 0,8 м. Допускается совместная прокладка газопроводов низкого давления во внутриквартальных коллекторах, технических коридорах и подпольях с водопроводом, теплопроводом, электрическими кабелями и кабелями связи. Коллекторы, подполья и каналы должны иметь постоянно действующую вентиляцию, обеспечивающую не менее чем трехкратный воздухообмен в 1 ч. Перед входом и на выходе из коллектора на газопроводе должны быть установлены отключающие устройства.

Трассирование нефтепровода

Трассирование – комплекс инженерно-геодезических изысканий по выбору трассы согласно техническим и экономическим условиям. *Трассой* называется ось проектируемого сооружения линейного типа, обозначенная на местности или нанесенная на карту, фотоплан или в виде цифровой модели местности. При проектировании нефтегазового трубопровода выполняются геодезические работы:

- съёмка местности;
- составление профиля;
- разведка геологических и гидрологических условий по трассе. В плане, трасса – прямолинейна, а в продольном профиле с допустимым уклоном. В зависимости от назначения, трасса должна удовлетворять требованиям, которые устанавливаются техническими условиями на её проектирование. Инженерно-геодезические изыскания по объекту, выполняются в три этапа. *Первый этап* – период подготовительных работ, который берет начало с момента получения задания и заканчивается выходом в поле для производства съёмки. Право на проектно-изыскательские работы, предоставляется свидетельством о допуске к определенному виду или видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства. В комплекс подготовительных инженерно-геодезических изысканий входит несколько видов работ, которые включают в себя: сбор и обработку материалов инженерных изысканий прошлых лет (топографо-геодезических, картографических, аэрофотосъёмочных и других материалов и данных). Следующим этапом работ является *полевой*, который подразумевает

создание и обоснование геодезической сети, а также создание топографической основы. Рекогносцировка объекта и обследование пунктов геодезической основы выполнялись одновременно. В качестве исходных данных для создания опорной геодезической сети используются пункты планово-высотного обоснования, которые закреплены маркшейдерской службой (рисунок 2.19).

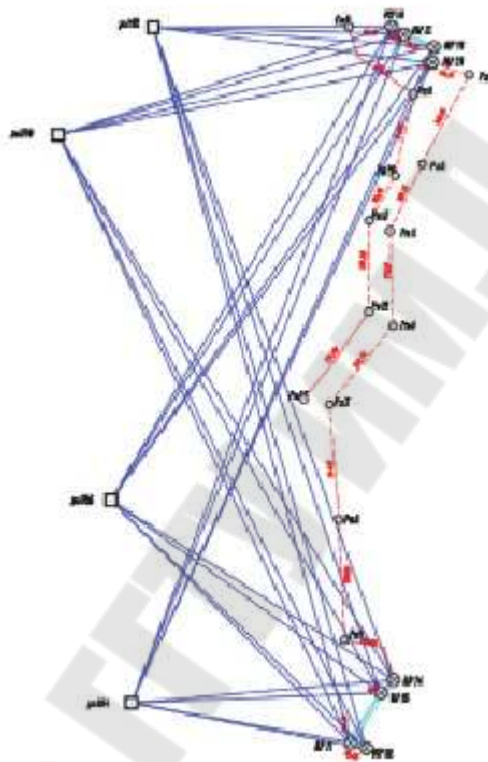


Рисунок 2.19 – Схема опорной геодезической сети

Съемка опорных пунктов рекомендовано проводить в статическом режиме, в течение 60 минут на каждом пункте. Средние погрешности в определении координат пунктов (точек) съемочной геодезической сети относительно пунктов опорной геодезической сети не превышают для съемки М 1:500 – 0,10 м, для съемки М 1:2000 – 0,35 м.

Предварительно составляют временные графики возвышения и прохождения спутников на территории участка работ, а также выявляются факторы понижения точности DOP-а, влияющие в течение дня на качество съемки. В связи с чем, прогнозируется время, оптимальное для спутниковых наблюдений. Обработка спутниковых наблюдений проводится с помощью программного комплекса Topcon Tools. Сначала проводится свободное уравнивание в системе WGS-84 с оценкой точности, затем калибровка района работ с трансформацией из WGS-84 в

любую принятую систему координат. Опорные точки сети сгущения располагаются на открытых участках, для обеспечения наилучшего прохождения спутниковых радиосигналов.

Съемка может выполняться, например, электронным тахеометром Topcon GPT-3105N, непосредственно с пунктов съемочного обоснования, с последующей обработкой результатов измерений в программе CREDO_DAT. Топографическая съемка объектов выполняется:

- в масштабе 1:2000, с сечением рельефа через 1 м на всем протяжении линейных объектов;

- в масштабе 1:500, с сечением рельефа через 0,5 м для площадных объектов, а также в местах отмыкания и примыкания трасс, пересечения с автодорогами, водными преградами, коридорами коммуникаций. Положение съемочных пикетов определяется с помощью электронного тахеометра «полярным» методом. При пересечении трассы существующих коммуникаций, определяется глубина залегания, материал труб, диаметр. При пересечении линий электропередач выполнялась съемка пролетов, определяются отметки проводов и земли у опор и в точке пересечения с трассами замерены температуры воздуха, и выполняются эскизы опор, с указанием этих данных на чертежах. Съемка подземных коммуникаций может производиться при помощи трассопоискового комплекта фирмы «Radiodetection RD 8000 PDL», а также по выходам трубопроводов на поверхность, по следам траншей или другим признакам. Предельные расхождения между значениями глубины заложения подземных коммуникаций во время съемки и по данным контрольных полевых измерений не должны превышать 15% глубины заложения. По всей протяженности трассы выполняются топографические съемки масштабов 1:2000, с сечением рельефа 1,0 м, съемка масштаба 1:500, с сечением рельефа 0,5 м, а так же съемки перехода через автодороги, водотоки и в местах пересечения с коммуникациями. Данная топографическая съемка проводится с пунктов специально созданного съемочного обоснования, которая проложена с максимальным приближением к оси проектируемого трубопровода. При этом полевое трассирование линейных сооружений включают следующие виды работ:

- вынесение проекта трассы в натуру;
- определение углов поворота;
- закрепление трассы;
- привязку трассы к пунктам геодезической основы;
- обработку полевых материалов.

Для восстановления прохождения трассы при строительстве начало, конец и вершины углов трассы закреплялись двумя выносными знаками. В качестве закрепительных знаков использовались деревянные столбики

высотой от 0,6 до 1,2 м, диаметром 15–20 см. На закрепительных знаках выполнена маркировка масляной краской с указанием наименования знака по установленному образцу. Схемы и каталоги этих закрепительных знаков в установленном порядке переданы представителю Заказчика.

После окончания полевых работ, на основании материалов топографической съемки, выполняется камеральное трассирование трубопроводов по планам масштабов 1:500 – 1:2000. На проектируемые трассы составлены следующие ведомости:

- углов поворота трасс;
- подземных сооружений, пересекаемых трассами ННВ;
- пересечения надземных коммуникаций);
- пересечения автомобильных дорог трассами;
- угодий по трассам (пикетная);
- пересекаемых лесных угодий ННВ;
- пересекаемых водных преград ННВ.

По результатам выполненных работ по изыскиваемым трассам составлялись продольные профили в масштабах:

- горизонтальный 1:2000; 1:500;
- вертикальный 1:100; 1:100;
- геологический 1:100; 1:100.

Продольные профили можно строить с применением программного комплекса Geo.Series. Все проектные трубопроводы наносят на материалы топографической съемки масштабов 1:500–1:2000. Заключительным этапом инженерно-геодезических работ на данном объекте являлся камеральный этап, который включает в себя обработку результатов полевых работ:

- расчет координат и высот точек планово-высотного обоснования;
- составление каталога координат и высот точек планово-высотного обоснования;

– составление топографических планов;

– составление технического отчета. Камеральные работы

выполняются с использованием программного комплекса обработки инженерных изысканий, цифрового моделирования местности (ЦММ) в программном комплексе «CREDO» окончательная корректировка топографических планов выполняется в программах AutoCAD и MapInfo и с соблюдением требований «Условных знаков для топографических планов масштабов М 1:5000–1:500». Продольные профили трасс проектируемых линейных сооружений составляют в масштабах:

- горизонтальном 1:2000;
- вертикальном 1:100;

– геологическом 1:100, продольные профили переходов представляют в масштабах:

- горизонтальном 1:500;
- вертикальном 1:100;
- геологическом 1:100 в программе Geo.Series.

Результатом геодезических работ на объекте служит определение планового и высотного положения проекта нефтегазопровода. Использование электронного тахеометра и комплекта GPS оборудования для этих целей значительно облегчает процесс обеспечения необходимой информацией на данном этапе работ.

2.3.2 Выбор трассы трубопровода

При выборе трассы трубопровода учитывают перспективное развитие городов и других населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, железных и автомобильных дорог и других объектов, а также проектируемого трубопровода на ближайшие 20 лет. Необходимо выполнять прогнозирование изменений природных условий в процессе строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов. Не допускается предусматривать прокладку магистральных трубопроводов в тоннелях железных и автомобильных дорог, по мостам железных и автомобильных дорог всех категорий, за исключением случаев прокладки газопроводов диаметром до 1000 мм на давление до 2,5 МПа (25 кгс/см^2) и нефтепроводов и нефтепродуктопроводов диаметром 500 мм и менее по несгораемым мостам автомобильных дорог III, III-п, IV-п, IV и V категорий. При этом участки трубопроводов, укладываемых по мосту и на подходах к нему следует относить к I категории.

При проектировании трассы трубопровода через естественные и искусственные препятствия (реки, водохранилища, каналы, озера, пруды, ручьи, протоки и болота, овраги, балки, железные и автомобильные дороги) следует соблюдать ряд условий, в том числе:

– створ подводного перехода следует предусматривать перпендикулярным динамической оси потока, избегая участков, сложенных скальными грунтами;

– при выборе створа перехода трубопровода следует руководствоваться методом оптимального проектирования с учетом гидролого-морфологических характеристик каждого водоема и его изменений в течение срока эксплуатации подводного перехода;

– при определении оптимального положения створа и профиля перехода расчет следует производить по критерию приведенных затрат с

учетом требований, предъявляемых к прочности и устойчивости трубопровода и охране природы;

– переходы нефтепроводов и нефтепродуктопроводов через реки и каналы следует предусматривать, как правило, ниже по течению от мостов, промышленных предприятий, пристаней, речных вокзалов, гидротехнических сооружений, водозаборов и других аналогичных объектов, а также нерестилищ и мест массового обитания рыб;

– прокладку трубопроводов на болотах следует предусматривать, как правило, прямолинейно с минимальным числом поворотов (в местах поворота следует применять упругий изгиб трубопроводов);

– переходы трубопроводов через железные и автомобильные дороги следует предусматривать в местах прохождения дорог по насыпям либо в местах с нулевыми отметками и в исключительных случаях – при соответствующем обосновании в выемках дорог;

– угол пересечения трубопровода с железными и автомобильными дорогами должен быть, как правило, 90° . При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается располагать переходы нефтепроводов и нефтепродуктопроводов через реки и каналы выше по течению от указанных объектов на расстояниях, приведенных в СНиП 2.05.06–85* при этом должно разрабатываться дополнительные мероприятия, обеспечивающие надежность работы подводных переходов. В местах пересечений магистральных трубопроводов с линиями электропередачи напряжением 110 кВ и выше должна предусматриваться только подземная прокладка трубопроводов под углом не менее 60° . При этом трубопроводы, прокладываемые в районах Западной Сибири и Крайнего Севера на расстоянии 1000 м в обе стороны от пересечения, должны приниматься II категории. Выбор трассы трубопроводов в районах со сложными условиями (в горных условиях², в районах шахтных разработок и вечномёрзлых грунтов, в сейсмических районах) имеет ряд особенностей. При выборе трассы трубопроводов в сейсмических районах необходимо избегать косогорные участки, участки с неустойчивыми и просадочными грунтами, территории горных выработок и активных тектонических разломов, а также участки, сейсмичность которых превышает 9 баллов. Прокладка трубопроводов в перечисленных условиях может быть осуществлена в случае особой необходимости при соответствующем технико-экономическом обосновании и согласовании с соответствующими органами Государственного надзора. При этом в проекте должны быть предусмотрены дополнительные мероприятия, обеспечивающие надежность трубопровода. Для трассы трубопровода должны выбираться наиболее благоприятные в мерзлотном и инженерно-геологическом отношении участки по материалам опережающего

инженерно-геокриологического изучения территории. *Выбор трассы для трубопровода и площадок для его объектов* должен производиться на основе:

- мерзлотно-инженерно-геологических карт и карт ландшафтного микрорайонирования;
- оценки благоприятности освоения территории по картам масштаба не мельче 1:100 000;
- схематической прогнозной карты восстановления растительного покрова;
- карт относительной осадки грунтов при оттаивании;

– карт коэффициентов удорожания относительной стоимости освоения. На участках трассы, где возможно развитие криогенных процессов, должны проводиться предварительные инженерные изыскания для прогноза этих процессов в соответствии с требованиями СНиП. Принцип использования вечномерзлых грунтов в качестве основания трубопровода должен приниматься в соответствии с требованиями СНиП в зависимости от способа прокладки трубопровода, режима его эксплуатации, инженерно-геокриологических условий и возможности изменения свойств грунтов основания. Допустимые радиусы изгиба трубопровода в горизонтальной и вертикальной плоскостях следует определять расчетом из условия прочности, местной устойчивости стенок труб и устойчивости положения. Минимальный радиус изгиба трубопровода из условия прохождения очистных устройств должен составлять не менее пяти его диаметров. Упругий изгиб сваренного в нитку трубопровода следует выполнять непосредственно при его укладки в траншею, отрытую по проекту. Радиусы упругого изгиба трубопровода устанавливаются проектом. Повороты линейной части трубопровода в вертикальной и горизонтальной плоскостях следует выполнять упругим изгибом сваренной нитки трубопровода или монтажом криволинейных участков из гнутых отводов. Если на отдельных участках трассы в соответствии с проектом необходимо выполнить повороты малого радиуса, который не может быть получен при изгибе труб на станках холодного гнутья, кривые поворота следует выполнять из крутоизогнутых отводов горячего гнутья и штампосварных отводов, выполненных в соответствии со СНиП. Планы выбранных вариантов трассы линейного сооружения предоставляются заказчику в составе технического отчета. В отчетных материалах должны приводиться технические показатели: длина трассы по выбранным вариантам; протяженность прохождения трассы по пашне, лесу, лугу, садам, виноградникам, болотам и др.; прохождение трассы по участкам с неблагоприятными условиями строительства, застроенной территории, горным участкам и др.; пересечение трассы

водотоками, железными и автомобильными дорогами и др., их число и протяженность; протяженность прохождения трассы по местности без дорог, участков сближения или параллельного следования с железными и автомобильными дорогами, линиями электропередачи и связи и др., возможные сносы строений и другие показатели, учитываемые при выборе направления трассы. Сравнение вариантов трассы проводят на стадии технико-экономического обоснования (предпроектный этап). Вслед за камеральным проводится полевое трассирование – комплекс полевых изыскательских работ в составе инженерных изысканий по проложению (трассированию) на местности оси линейного сооружения. Состав таких работ: рекогносцировочное обследование конкурентоспособных вариантов трассы и мест расположения сооружений при необходимости визуальных (аэровизуальных) осмотров с целью определения полноты содержания и достоверности имеющихся материалов; маршрутная аэрофотосъемка для составления крупномасштабных планов, планово-высотная привязка и дешифрирование аэрофотоснимков по вариантам трассы; создание планово-высотного съемочного обоснования и проведение топографической съемки эталонных и сложных участков в масштабах 1:5000–1:2000 в случаях, когда аэрофотосъемку производить экономически нецелесообразно или не представляется возможным; проложение тахеометрических ходов с набором пикетов в местах рельефа и ситуации. На стадии изысканий (проектный этап) по заданному в техническом задании направлению трассы выполняют детальное камеральное трассирование, собирают материалы для разработки технического проекта выбранного варианта трассы. Проект трассы, уложенной на карте, переносится в натуру (полевое трассирование) по координатам углов поворота трассы, от точек геодезического обоснования или от ближайших четких контуров. Затем проводят нивелирование трассы. При этом нивелируют все точки – пикеты, плюсовые, главные точки кривой. По результатам нивелирования составляют профиль, горизонтальный масштаб которого указывается в техническом задании (от 1:200 до 1:5000).

2.3.3 Камеральное трассирование нефте- и газопровода

Трассу магистрального нефтегазопровода первоначально определяют при камеральном трассировании, которое проводится в несколько этапов по картам разных масштабов. Согласно заданным условиям проектирования проектируют согласно нормативным документам. Проектирование проводится на основе материалов изысканий – планов и

профилей. Магистральные трубопроводы укладывают в грунт на глубину не менее 0,8 –1,0 м до верха трубы (в нормальных условиях) (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Заглубление трубопроводов до верха трубы

Условия прокладки	Заглубление трубопровода до верха трубы принимают не менее, м
При условном диаметре менее 1000 мм	0,8
При условном диаметре 1000 мм и более (до 1400 мм)	1,0
На болотах или торфяных грунтах, подлежащих осушению	1,1
В песчаных барханах, считая от нижних отметок межбарханых оснований	1,0
В скальных грунтах, болотистой местности, при отсутствии проезда автотранспорта и сельскохозяйственных машин	0,6
На пахотных и орошаемых землях	1,0
При пересечении оросительных и осушительных (мелиоративных) каналов	1,1 (от дна канала)

В районах вечной мерзлоты, в болотистых и горных местах, на оползнях проектируют надземные магистральные трубопроводы на опорах (рисунок 2.20). Прокладка трубопроводов по поверхности земли в насыпи (наземная прокладка) или на опорах (надземная прокладка) допускается только как исключение при соответствующем обосновании. В каждом конкретном случае надземная прокладка трубопроводов должна быть обоснована технико-экономическими расчетами, подтверждающими экономическую эффективность, техническую целесообразность и надежность трубопровода.



Рисунок 2.20 – Надземная прокладка нефтепровода

При этом должны предусматриваться специальные мероприятия, обеспечивающие надежную и безопасную эксплуатацию трубопроводов (рисунок 2.21).



Рисунок 2.21 – Укрепление склонов

Уклоны трубопровода проектируют преимущественно параллельно рельефу местности (рисунок 2.22)



Рисунок 2.22 – Профиль трассы нефтепровода

Выбор трассы трубопроводов между начальным и конечным пунктами производится по критериям оптимальности в пределах области

поиска, определяемой эллипсом, в фокусах которого находятся начальный и конечный пункты трассы (рисунок 2.23).

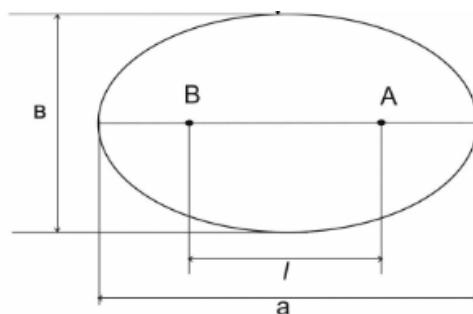


Рисунок 2.23 – Область поиска, определяемая эллипсом

В качестве критериев оптимальности принимают приведенные затраты при сооружении, техническом обслуживании и ремонте трубопровода и при эксплуатации, включая затраты на мероприятия по обеспечению сохранности окружающей среды, а также металлоемкость, конструктивные схемы прокладок, безопасность, заданное времястроительства, наличие дорог и др. Кратчайшим расстоянием между точками А и В будет «воздушная» прямая АВ, соединяющая эти точки. Оптимальным вариантом расположения трассы была бы линия, соответствующая этой воздушной прямой. Однако на пути трубопровода между точками А и В встречаются различные препятствия, которые необходимо или целесообразно обойти. В связи с этим фактическая длина трассы L_{ϕ} будет больше воздушной прямой l . Длина трассы L_{ϕ} увеличивается с увеличением числа препятствий. Длину L_{ϕ} трассы находят из условий

$$L_{\phi} \leq K_p l,$$

где l – расстояние между начальной и конечной точками по геодезической прямой, км; K_p – коэффициент развития линии трубопровода.

Область возможного расположения трубопровода будет ограничена эллипсом, фокусами которого будут точки А и В. Каждая точка эллипса будет удалена от начальной и конечной точек трассы на расстояния, сумма которых есть постоянная величина, равная $L_{\phi} = a$.

Малую ось эллипса находят по формуле:

$$B = l\sqrt{K2p - 1}$$

Коэффициент развития линии трубопровода K_p определяют из условия

$$K_p = \frac{W_{\text{ср.о.}}}{W_{\text{ср.н.}}},$$

где $W_{\text{ср.о}}$ – приведенные затраты на 1 км трубопровода по геодезической прямой между начальной и конечной точками с учетом переходов через препятствия; $W_{\text{ср.н}}$ – приведенные затраты на 1 км трубопровода по геодезической прямой между начальной и конечной точками без затрат на переходы через естественные и искусственные препятствия. Расстояния от оси подземных и наземных (в насыпи) трубопроводов до населенных пунктов, отдельных промышленных и сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений принимают в зависимости от класса и диаметра трубопроводов, степени ответственности объектов и необходимости обеспечения их безопасности. Например, минимальное расстояние от оси газопровода (1 категория, условный диаметр 300 мм и менее) до дорог I–III категории, параллельно которым прокладывают газопровод, допускается не менее 100 метров. В местах пересечений магистральных трубопроводов с линиями электропередачи напряжением 110 кВ и выше предусматривают только подземную прокладку трубопроводов под углом не менее 60°. Угол пересечения трубопровода с железными и автомобильными дорогами должен быть, как правило, 90° (но не менее 60°). Прокладку подводных переходов предусматривают с заглублением в дно пересекаемых водных преград. Величина заглубления устанавливается с учетом возможных деформаций русла и перспективных дноуглубительных работ (рисунок 2.24). Проектная отметка верха забалластированного трубопровода при проектировании подводных переходов назначается на 0,5 м ниже прогнозируемого предельного профиля размыва русла реки, определяемого на основании инженерных изысканий, с учетом возможных деформаций русла в течение 25 лет после окончания строительства перехода, но не менее 1 м от естественных отметок дна водоема. Профиль трассы трубопровода принимают с учетом допустимого радиуса изгиба трубопровода, рельефа русла реки и расчетной деформации (предельного профиля размыва), геологического строения дна и берегов, необходимой пригрузки и способа укладки подводного трубопровода. Повороты линейной части трубопровода в вертикальной и горизонтальной плоскостях выполняют упругим изгибом сваренной нитки трубопровода.



Рисунок 2.24 – Профиль трассы магистрального газопровода через реку

Если на отдельных участках трассы в соответствии с проектом необходимо выполнить повороты малого радиуса, который не может быть получен при изгибе труб на станках холодного гнутья, кривые поворота выполняют из крутоизогнутых отводов горячего гнутья и штамповарных отводов (рисунок 2.25).



Рисунок 2.25 – Гнутые отводы

Допустимые радиусы изгиба трубопровода в горизонтальной и вертикальной плоскостях определяют расчетом из условия прочности, местной устойчивости стенок труб и устойчивости положения. Минимальный радиус изгиба трубопровода из условия прохождения очистных устройств должен составлять не менее пяти его диаметров. Радиусы упругого изгиба трубопровода устанавливаются проектом, при

этом минимальные допустимые радиусы изгиба принимаются в соответствии с таблицей 2.3.

Таблица 2.3 – Минимальные допустимые радиусы упругого изгиба

Диаметр трубопроводов, мм	Минимально допустимые радиусы упругого изгиба трубопровода, мм	Диаметр трубопроводов, мм	Минимально допустимые радиусы упругого изгиба трубопровода, мм
1400	1400	600	600
1200	1200	500	500
1000	1000	400	400
800	800	300	300
700	700	200	200

Упругий изгиб сваренного в нитку трубопровода выполняют непосредственно при его укладке в траншею, отрытую по проекту. Гнутые отводы изготавливают в базовых, заводских условиях и непосредственно у места укладки в траншею из отдельных труб или двухтрубных секций. Холодному гнущему подлежат только прямошовные и бесшовные трубы. Унифицированные радиусы гнутых отводов устанавливают в соответствии с таблицей 2.4. Указанные радиусы относятся только к изогнутой части отвода. Допускается отклонение величины радиуса на 5%.

Таблица 2.4 – Радиусы гнутых отводов

Диаметр труб, мм	Толщина стенки трубы, мм	Унифицированные радиусы отводов при гнутье труб в холодном состоянии, м
1420	16-20	60
1220	12-15	60
1020	10-14	40
720-820	8-12	35
529	7-10	25
426	6-12	20
219-377	4-25	15

Для проектирования трассы нефтегазопровода по результатам нивелирования вычерчивают профиль местности.

2.3.4 Полевое трассирование нефте- и газопровода

Под трассированием (нивелированием трассы) понимают комплекс геодезических работ по выбору, проложению, ориентированию и закреплению на местности осевой линии (трассы) линейного сооружения. Трассирование начинают на топографической карте или плане (камеральное трассирование) с учетом характеристик проектируемого объекта, а также других условий, определяемых решением той или иной инженерной задачи, после чего продолжают на местности (полевое трассирование). *Камеральное трассирование* имеет своей целью выбор места расположения оси проектируемого линейного сооружения с учетом характера местности и требований к сооружению технического и экономического характера. К ним относятся: соблюдение предельных или минимальных уклонов, обеспечения минимального объема земляных работ, обеспечение примерного баланса объемов выемок и насыпей и др. Исходными данными для непосредственного полевого трассирования является плановое и высотное положение начальной точки трассы, а также начальное направление трассы (дирекционный угол, истинный или магнитный азимуты).

Общие сведения о полевом трассировании.

Полевое трассирование включает в себя следующие работы:

- вынос трассы в натуру (вынос начальной точки и начального направления);
- разбивка пикетажа (с учетом характеристик линейного сооружения и задач трассирования);
- нивелирование трассы.

После камеральной обработки результатов нивелирования и построения профиля по данному направлению он передается для дальнейшего использования заказчику работ. Вынос трассы в натуру выполняют известными способами привязкой к пунктам геодезического обоснования или привязкой к местным предметам. Углы поворота трассы, если они имеются, измеряют теодолитом одним полным приемом. С помощью теодолита выполняют и провешивание линий. В зависимости от того, как трасса пересекает водотоки, овраги, существующие магистрали и другие препятствия иногда приходится смещать провешенную линию или передвигать углы поворота. Так поступают для того, чтобы более удобно разместить элементы плана и профиля трассы и обеспечить минимальный объем земляных работ. Расстояния измеряют мерной лентой, рулеткой или светодальномером с относительной погрешностью 1 : 1000 – 1 : 2000. В некоторых случаях, при отсутствии топографических карт или планов, трассирование выполняют непосредственно на местности, исходя из условий решения той или иной задачи. Ориентирование оси трассы

выполняют в румбовой или круговой системе, в некоторых случаях ориентирование производят по магнитному азимуту.

Разбивка пикетажа

Пикет – это деревянный колышек сечением 3 x 3 или 4 x 4 см длиной 10-15 см, забиваемый в землю вровень с поверхностью (верх колышка должен выступать над поверхностью земли на 1-2 см). Рядом с пикетом устанавливают сторожок (маяк), возвышающийся на 20-50 см над поверхностью земли колышек, на котором записывают номер соответствующего пикета. Пикеты устанавливают друг от друга на одинаковом расстоянии в горизонтальной плоскости (на одинаковом горизонтальном проложении). Чаще всего через 100 или 50 м. Если расстояния между пикетами 50 м, то пикеты обозначают следующим образом: ПК00, ПК05, ПК10,..., ПК55, ПК60,... При расстояниях между пикетами в 100 м - ПК0, ПК1, ПК2,..., ПК23,... При разбивке пикетажа учитывают углы наклона отрезков линий для приведения наклонных расстояний к горизонту. Колышками помечают также точки перегибов рельефа. Такие точки называют плюсовыми, а их номером является горизонтальное проложение от ближайшего заднего по ходу пикета. Например, плюсовая точка ПК7+83 находится на расстоянии 83 м от пикета 7, т. е. на расстоянии 783 м от начала трассы (от ПК0). Плюсовыми точками являются все углы поворота трассы, точки поперечных профилей, в том числе и точек пересечения продольного и поперечного профилей, точки перегибов рельефа, а также ими могут быть точки пересечения трассы с контурами ситуации и линейными сооружениями (объектами). Одновременно с разбивкой пикетажа производится инструментальная съемка местности в полосе шириной 20-30 м и до 50 м с каждой стороны от оси трассы. Съемка производится в основном способом перпендикуляров, иногда линейными и угловыми засечками. Для некоторых заданий по трассированию съемка местности не производится.

Нивелирование по пикетажу

Привязка трассы в ее начале и конце производится к реперам имеющейся нивелирной сети, либо другим точкам, высоты которых известны с необходимой точностью. При нивелировании трассы связующими точками обязательно являются все пикеты и иксовые точки. Превышения связующих точек определяют дважды (по двум сторонам нивелирных реек, либо при двух горизонтах прибора). В некоторых случаях допускается нивелировать способом из середины с плечом 100 м, т. е. устанавливать нивелир практически на одном из пикетов, а нивелирование из середины выполнять по двум другим соседним пикетам. Плюсовые точки являются промежуточными, и на них берут только один (промежуточный) отсчет по черной стороне рейки (либо при одном

горизонте прибора). Рейку при этом ставят на землю у сторожка плюсовой точки. В некоторых случаях плюсовую точку делают связующей. В этом случае на ее месте забивают колышек, как и на пикете, и рейку ставят на этот колышек (рисунок 2.26).

Расстояния до иксовых точек не измеряют, поскольку иксовые точки служат только для передачи высот между связующими точками.

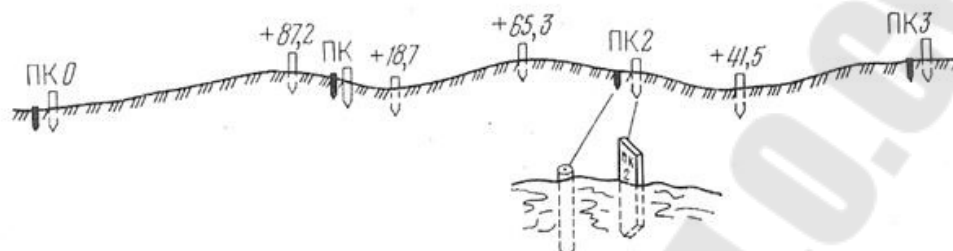


Рисунок 2.26 – Схема нивелирования по пикетажу

Точки поперечных профилей нивелируют так же, как и плюсовые промежуточные точки. Если со станции не обеспечивается видимость рейки в точке поперечного профиля, то превышение на нее передают с помощью иксовой точки. Одновременно с разбивкой пикетажа в характерных местах местности разбивают поперечники перпендикулярно оси трассы. Ширина поперечника зависит от проектированного сооружения. Колышками закрепляют точки пересечения поперечника с осью трассы, концы поперечника и точки перегиба местности на поперечнике. На сторожках подписывают расстояния от оси трассы с буквами Л (лево) или П (право). Попутно с разбивкой пикетажа и поперечника производится съемка местности, прилегающей к трассе (способом перпендикуляров). Результаты съемки заносят в пикетажный журнал, который обычно ведется на миллиметровки в масштабе крупнее 1:2000. Ось трассы в пикетажном журнале условно изображается прямой линией, углы поворота стрелками. При помощи условных знаков изображается ситуация, выписываются результаты промеров до контуров, ширина снимаемой местности, 20–100 м относительно оси трассы с каждой сторон, сюда же заносят расчет круговых кривых. Для того чтобы сгладить резкие повороты трассы на ней разбивают круговые кривые. Для расчета закругления на местности теодолита измеряют угол β , для того чтобы вычислить угол поворота трассы (рисунок 2.27)

$$\varphi = 180^\circ - \beta,$$

φ – угол между первоначальным и последующим направлением трассы.

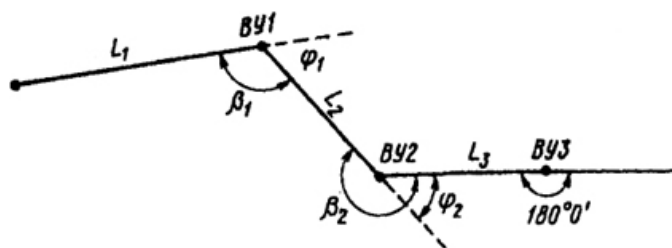


Рисунок 2.27 – Определение углов поворота по трассе

Радиус закругления R выбирают в соответствии с условиями техники безопасности эксплуатации сооружения и рельефа. По φ и R вычисляют основные элементы круговой кривой (рисунок 2.28).

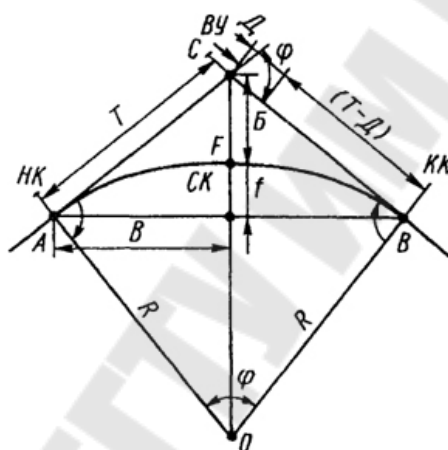


Рисунок 2.28 – Основные элементы круговой кривой

Основные элементы круговой кривой трассы:

φ – угол поворота, измеряемый в натуре;

R – радиус кривой, назначаемый в зависимости от условий местности и категории дороги;

$AC = CB = T$ – длина касательных, называемая тангенсом и вычисляемая по формуле

$$T = R \operatorname{tg}(\varphi/2);$$

$AFB = K$ – длина круговой кривой, определяемая по формуле

$$K = R(\pi\varphi/180);$$

$CF = B$ – длина биссектрисы, которую вычисляют по формуле

$$S = R(\sec\varphi/2 - 1);$$

$$D = 2T - K - \text{домер};$$

$$D = R \times (2\text{tg}\varphi/2 - \pi\varphi).$$

В практике элементы круговых трасс находят по таблицам, составленным по аргументам R и φ . Точки начала $НК$, середины $СК$ и конца $КК$ круговой кривой называют главными.

За концом кривой все пикеты смещаются вперед на D . Для того чтобы разбить круговую кривую на местности достаточно закрепить ее основные точки: начало, середину и конец. Для того чтобы закрепить НК и КК от ВУ по оси трассы откладывают T . Для того чтобы закрепить СК, при помощи теодолита откладывают угол $\beta/2$ и в этом направлении откладывают B . Пикетажное значение НК и КК вычисляют по формулам:

$$НК = ВУ - T$$

$$КК = НК + K$$

Контроль: $КК = ВУ + T - D$

Дальше приступают к нивелированию трассы, которое начинают с привязки трассы к реперу ГВС. Привязка заключается в проложении нивелирного хода от репера до начала трассы (ПК0). Далее нивелируют пикеты, «плюсовые» точки, поперечники, главные точки кривых. Нивелирование выполняется геометрическим способом «из середины», причем пикеты нивелируют как связующие точки (по двум сторонам рек), а остальные как промежуточные (по черной стороне). Заканчивается нивелирование привязкой трассы к реперу высотной сети. Полевое трассирование ведут на стадии рабочего проектирования для поиска местных улучшений трассы, ее окончательного перенесения и закрепления на местности. Основой для полевого трассирования служат материалы камерального трассирования. Проект трассы, разработанный в камеральных условиях, выносят в натуру (на местность) по данным привязок углов поворота к пунктам геодезической основы или ближайшим контурам местности. Предпочтение отдают выносу точек трассы от пунктов геодезической основы как более надежному и точному. В поле начинают с нахождения необходимых геодезических или контурных точек, от которых производят соответствующие угловые и линейные построения для определения положения исходных точек трассы, в том числе и начальной. На точках трассы, найденных на местности, устанавливают вехи и обследуют намеченные направления, в

частности, переходы через водотоки и овраги, пересечения существующих магистралей и другие сложные места. Иногда приходится несколько смещать провешенную линию и передвигать вершины углов поворота, чтобы удобнее разместить элементы плана и профиля трассы и обеспечить минимальный объем строительных работ. *Окончательно* выбранное положение вершин углов поворота закрепляют на местности деревянными или железобетонными столбами и составляют абрис привязки этих точек к местным предметам.

Плановая привязка трассы

Между закрепленными вершинами углов ВУ (рисунок 2.27) поворота трассы прокладывают теодолитный ход, измеряя правые по ходу углы β_1, β_2 и т. д. и длины сторон L_1, L_2 и т. д. Углы поворота φ трассы определяют как дополнение правого угла до 180° . При повороте линии вправо:

$$\varphi_{\text{п}} = 180^\circ - \beta;$$

при повороте влево:

$$\varphi_{\text{л}} = \beta - 180^\circ.$$

Углы измеряют одним приемом со средней квадратической ошибкой $0,5'$. Для контроля угловых измерений одновременно по буссоли измеряют прямые и обратные магнитные азимуты сторон трассы. На длинных прямых участках в пределах непосредственной видимости через 500...800 м устанавливают створные точки (дополнительные углы), которые задают отложением угла 180° при двух кругах теодолита. Угол хода на створной точке также измеряют одним приемом. Он не должен отличаться от 180° более чем на $1'$. В противном случае створную точку перемещают на местности. Расстояния между вершинами углов поворота и створными точками измеряют мерной лентой, рулеткой или дальномерами с предельной относительной погрешностью $1/1000...1/2000$. На участках трассы с наклоном более 2° в непосредственно измеренные длины вводят поправки за наклон со знаком плюс. По результатам измерений углов и линий и данным плановой привязки трассы к пунктам геодезической основы вычисляют координаты вершин углов поворота.

Разбивка пикетов на кривой

На круговой кривой пикетаж разбивают по линиям тангенсов (рисунок 2.29). Сначала по измеренному значению угла поворота φ и принятому радиусу R из таблиц круговых кривых выбирают элементы кривой: тангенс T , длину кривой K , биссектрису B и домер D . Затем по уже определенному пикетажному значению вершины угла ВУ ($ПК ВУ...$

14 + 25.00) рассчитывают пикетажные наименования главных точек кривой (рисунок 2.29, а) и, найдя их на местности, закрепляют. При этом начало кривой НК находят промером от уже закрепленного ближайшего пикета, а середину кривой СК – отложением расстояния B по биссектрисе угла поворота. Разбивку пикетов от вершины угла по другому тангенсу начинают с отложения от вершины угла $ВУ$ домера D , считая, что его конец имеет то же пикетажное значение, что и вершины угла. От конца домера откладывают расстояние, недостающее до ближайшего целого пикета (на рисунке 2.29, а это расстояние равно 75,00 м до пикета ПК15).

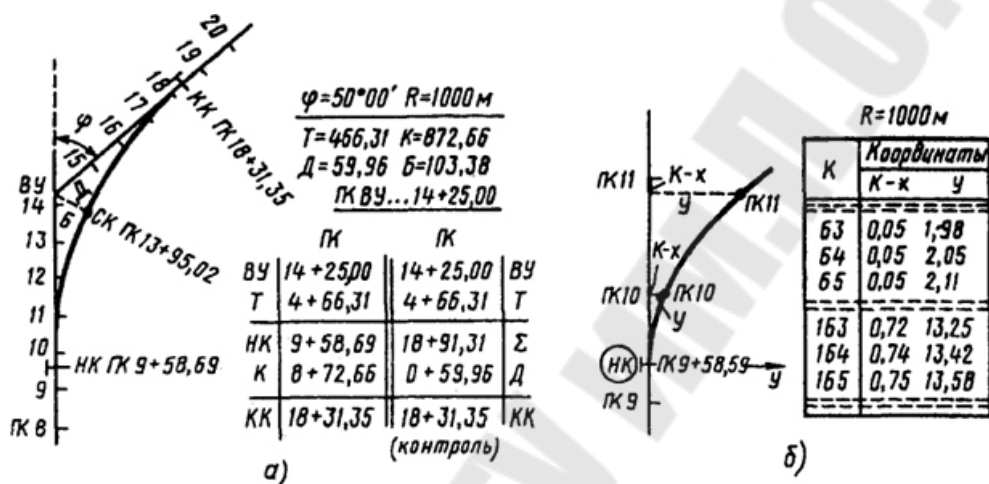


Рисунок 2.29 – Расчет пикетажа на кривой (а) и перенесение пикетов с тангенса на кривую (б)

Далее обычным путем разбивают пикеты до следующего угла поворота. Зная пикетажное значение конца кривой $КК$, по ходу разбивки находят его на линии тангенса и закрепляют. Разбитые таким образом пикеты расположены на касательных, а они должны находиться на оси трассы, т. е. на кривой. Пикеты переносятся с касательных на кривую методом прямоугольных координат. Данные получают из специальных таблиц (рисунок 2.29, б). По принятому радиусу кривой $R = 1000$ м и длине K участка кривой от начала (или симметрично от конца) ее до выносимого пикета по таблице выбирают значения $(K-x)$ – кривой без абсциссы и y – ординаты. Так, для пикета $10K = 64$ м $(K-x) = 0,05$ м и $y = 2,05$ м; для пикета $11K = 164$ м $(K-x) = 0,74$ м и $y = 13,42$ м. Кривую без абсциссы $(K-x)$ откладывают рулеткой от соответствующего пикета, временно закрепленного на касательной, в сторону, противоположную вершине угла, т. е. к началу (или концу) кривой, а ординату укладывают из найденной точки по перпендикуляру к касательной. Перпендикуляр к касательной при $y < 5$ м намечают "на глаз", а при $y > 5$ м направление перпендикуляра задают с помощью эккера или теодолита.

В процессе разбивки пикетажа ведут журнал, в котором показывают все основные элементы трассы, пункты геодезической основы, ситуацию,

отдельные элементы рельефа в полосе шириной по 50... 100 м с каждой стороны от оси будущей дороги. Все данные в последующем помещают в соответствующих графах продольного профиля. Пикетажный журнал (рисунок 2.30) состоит из сшитых листов клетчатой бумаги. Ось трассы показывают в виде прямой линии, расположенной по середине страницы.

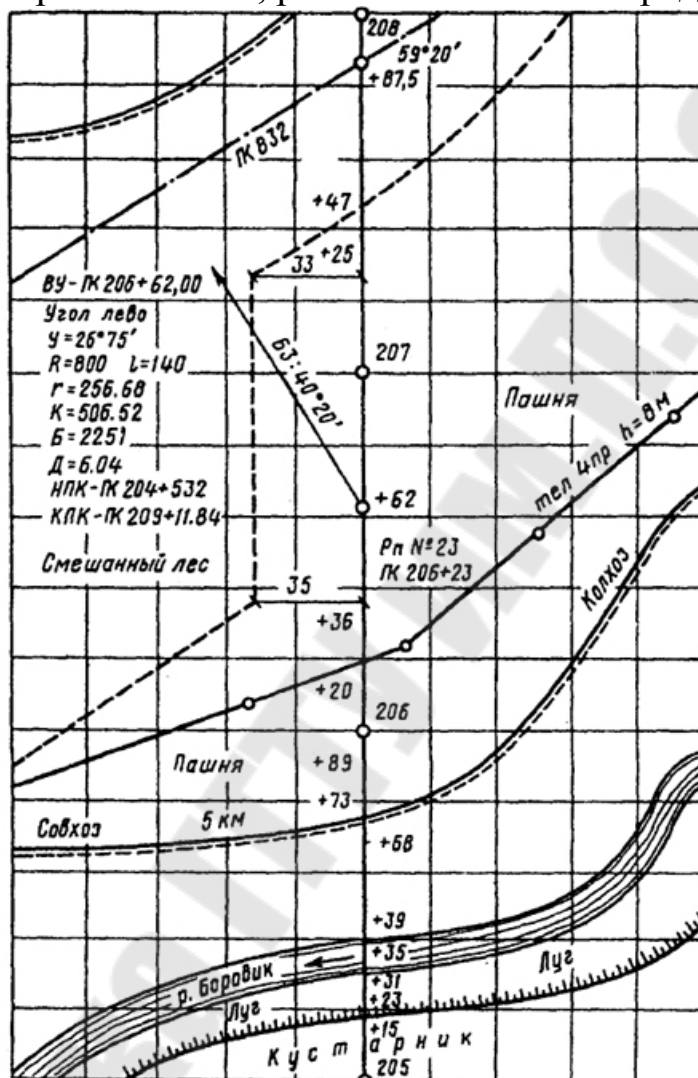


Рисунок 2.30 – Пикетажный журнал

На прямую линию в масштабе (обычно одна клетка равна 20 м) наносят все пикетные и полюсовые точки, углы поворота, поперечные профили и т. д. Запись в журнале ведут снизу вверх, чтобы правая и левая стороны страницы соответствовали правой и левой сторонам трассы по ходу пикетажа. Углы поворота обозначают стрелками, направленными вправо и влево от средней осевой линии в зависимости от того, в какую сторону поворачивает трасса. Около углов поворота выписывают принятые основные элементы кривых: угол поворота с указанием правый или левый, радиус, тангенс, кривую, биссектрису, домер, здесь же подсчитывают пикетажные значения начала и конца кривой. Эта же

информация может быть записана в электронном журнале или блокнотном компьютере. Разбивку пикетажа ведут по той же линии, по которой выполняют непосредственный промер между вершинами углов при проложении теодолитного хода, что позволяет контролировать линейные измерения. Расстояние $L_{\text{контр}}$ между смежными вершинами угла должно быть равно разности их пикетажных значений плюс домер на задней вершине:

$$L_{\text{контр}} = ПК_{n+1} - ПК_n + D_n.$$

Разность ΔL непосредственно измеренной линии и полученной по вышеприведенной формуле в относительной мере не должна превышать $1/1000$ – в благоприятных условиях измерений, $1/500$ – в неблагоприятных условиях.

Беспикетный способ полевого трассирования

Разбивка пикетажа через 100 м затрудняет использование дальномеров. Поэтому иногда применяют беспикетный способ полевого трассирования, при котором на местности разбивают не каждый стометровый пикет, а только точки, расположенные на характерных формах рельефа и важных для проектирования элементах ситуации. На планах и продольных профилях пикеты наносят камерально, их отметки определяют интерполированием между ближайшими плюсовыми точками. Если пикеты необходимы для строительства линейного сооружения, их разбивают на местности при восстановлении трассы.

Камеральная обработка материалов трассирования

По окончании полевых работ материалы трассирования обрабатывают:

- проверяют полевые журналы, уравнивают нивелирные и теодолитные ходы;
- вычисляют отметки и координаты точек трассы;
- составляют планы;
- продольный и поперечные профили участков дороги. Продольный профиль разбитой на местности трассы – основной документ, полученный в результате изысканий. Им постоянно пользуются при проектировании и строительстве линейных сооружений, а также в процессе эксплуатации. Профиль составляют в масштабах: горизонтальном – $1:5000$ для автомобильной дороги и $1:10000$ для железной дороги; вертикальном – соответственно $1:500$ и $1:1000$.

На продольный профиль (рисунок 2.31) в соответствующие графы вписывают все данные, необходимые для проектирования дороги. В графе "Ситуация" показывают контурную часть плана в полосе шириной по 100

м с каждой стороны от оси трассы. Углы поворота в этой графе отмечают стрелкой, а ось трассы вычерчивают красным цветом. При заполнении графы "План линии" проставляют длины и истинные румбы прямых участков; на кривых показывают их основные элементы: φ , R , T , K . Кривую вычерчивают вниз, если трасса поворачивает влево, и вверх, если трасса поворачивает вправо. В графу "Отметки земли" выписывают отметки пикетов и плюсовых точек, определенные в процессе нивелирования по трассе. На продольном профиле отмечают также номера пикетов, расстояния между ними и километраж по трассе. Проектные данные показывают в соответствующих графах красным цветом. "План линии" также вычерчивают красным цветом. По отметкам земли и пикетажу строят фактический профиль. При этом начало масштаба высот выбирают так, чтобы самая низшая точка фактического профиля не доходила до первой графы на 20...30 мм. Красную линию профиля проектируют в соответствии с техническими условиями на данный вид и категорию линейного сооружения. Кроме того, при проектировании выполняют следующие правила:

- проектные уклоны задают с точностью до 0,001;
- проектные отметки относят к бровке земляного полотна;
- алгебраическая разность уклонов на двух соседних участках проектной линии не должна превышать заданного предельного уклона; – на участках плановых кривых предельно допустимый уклон должен быть смягчен, уменьшен;
- объем насыпей и выемок должен быть минимальным.

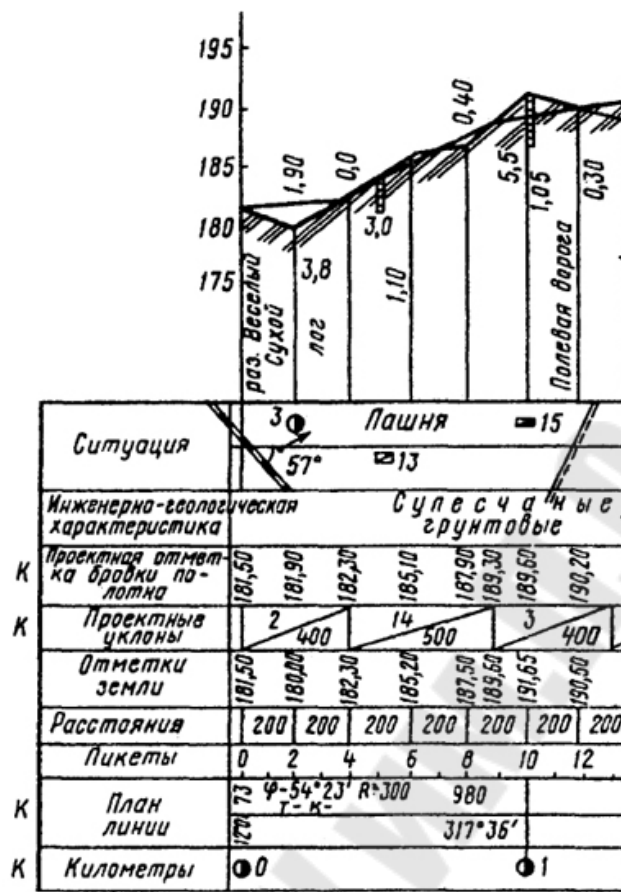


Рисунок 2.31 – Продольный профиль участка трассы

Проектирование начинают от мест с заданными отметками, например, от начальной точки трассы, мостового перехода через водное препятствие. Далее приблизительно намечают первый участок проектной линии. По разности отметки земли в конце первого участка и начальной проектной отметки, а также расстояния между этими отметками подсчитывают уклон. Если он окажется допустимым, его округляют до 0,001 и записывают в соответствующую графу профиля, указывая одновременно расстояния. Знаком уклон не сопровождают, его заменяет соответствующая диагональная линия в графе уклонов. По принятому значению уклона и расстоянию вычисляют превышение и, прибавив его с соответствующим знаком к первой проектной отметке, находят отметку конца первого участка красной линии. Дальнейшее проектирование выполняют подобным образом. Разность проектной и фактической отметок данной точки профиля называется *рабочей отметкой*. Положительная рабочая отметка показывает высоту насыпи, отрицательная – глубину выемки. Рабочие отметки намечают на самом профиле. Точку пересечения проектной линии с линией профиля называют *точкой нулевых работ*; рабочая отметка этой точки равна нулю. Точки нулевых работ иногда отмечают на профиле трассы, так как они

указывают начало насыпи или выемки. В ходе проектирования, чтобы обеспечить размещение вертикальных кривых, выдерживают *шаг проектирования* – минимально допустимое расстояние между переломами проектной линии. На профиле дорог проектируют также водоотводные каналы (кюветы), указывая при необходимости в соответствующих графах продольного профиля их проектные уклоны, расстояния и отметки на пикетах.

2.3.5 Описание технологии инженерно-геодезических изысканий строительства нового газопровода при использовании специализированная программа для создания документов CREDO

Для примера рассмотрим инженерно-геодезические изыскания строительства – нового газопровода. При инженерно-геодезических изысканиях линейных объектов производится камеральное и полевое трассирование, которое заключается в предварительном выборе конкурентно-способных вариантов трассы, согласовании ее местоположения, и выносе оси в натуру с закреплением основных точек трассы. При трассировании производится плано-высотная геодезическая привязка, камеральное и полевое дешифрирование аэрофотоснимков. В местах расположения площадных вдоль трассовых объектов, переходов через естественные (водотоки, овраги) и искусственные (дороги, ЛЭП и ЛЭС, подземные коммуникации) препятствия выполняется крупномасштабная инженерно-топографическая съемка. Ширина полосы съемки вдоль трассы устанавливается в зависимости от проектных характеристик трассы, вида территории и природных условий местности и составляет, как правило, 50-300 м. В процессе камеральной обработки материалов аэрофотосъемки с помощью специализированного программного обеспечения формируется цифровая модель полосы трассы и мест пересечений, а также построение продольного и поперечных профилей с разбивкой пикетажа. Результатом топографо-геодезических работ является ситуационный план полосы трассы масштабов 1: 2000 - 1: 5000, инженерно-топографические планы пересечений и сложных участков трассы масштабов 1: 500 - 1: 1000, продольный и поперечные профили на пикетных и всех плюсовых (переломных) точках. После согласования и утверждения окончательного варианта трассы производится вынос оси трассы и горизонтальных кривых в натуру с закреплением углов поворота, створных точек, мостовых переходов и др. *В состав работ при полевом трассировании входят:*

- проложение теодолитных (тахеометрических) ходов по оси трассы с закреплением углов поворота и створных точек;
- установление реперов;
- разбивка и закрепление пикетажа, элементов кривых и поперечных профилей;
- техническое (тригонометрическое) нивелирование по трассе и поперечным профилям.

По итогам полевых работ составляют проектные документы: проектные планы трассы газопровода, пикетаж. Также составляются документы по геодезической разбивочной основе: ведомость ГРО, ведомость реперов, карточки закрепления восстановительных точек.

В полевых условиях должны быть выполнены следующие работы:

- определены на местности, ранее заложенные при изысканиях, точки закрепления трассы (осевые, угловые), по предоставленным карточкам закрепления оси трассы;
- обозначена для строителей полоса отвода;
- разбиты кривые трубопровода, согласно проектной документации;
- передана высотная отметка в процессе строительства;
- выполнена исполнительная съёмка, на основании которой будет происходить сдача объекта.

Создание документов рекомендуется производить с помощью современных программных комплексов. Специализированная программа для создания документов межевого плана "Полигон" позволяет работать с большим количеством данных разного формата. Она поддерживает экспорт и импорт данных разных форматов, а также имеет функцию перевода данных из одной геодезической сети в другой. Важным преимуществом специализированной программы для создания документов межевого плана "Полигон" является создание текстовых документов межевого плана на основе встроенных шаблонов. Специализированная программа для создания документов CREDO позволяет работать как с традиционными носителями данные (текстовые, растровые, табличные), так и данными из других пакетов CREDO.

2.3.6 Маркшейдерские и топографо-геодезические работы при обследовании подводных трубопроводов

Целью проводимых работ является получение материалов, отображающих пространственное положение подводных трубопроводов, сопутствующих коммуникаций, их техническое состояние, рельеф подводной и надводной частей перехода, состояние берегоукрепительных сооружений. Обследование технического состояния подводных

коммуникаций выполняется подразделениями экспедиционных отрядов подводно-технических работ или службам Управления магистральных нефтепроводов при наличии разрешения на производство работ от организации, эксплуатирующей данный трубопровод. По периодичности, составу и объему выполняемых геодезических работ обследование технического состояния подводных трубопроводов подразделяется на I, II и III классы. Размеры границ съемки и периодичность обследования подводных трубопроводов определяются в зависимости от класса обследования и категории участка реки. Категория участка реки в районе подводного перехода определяется в зависимости от планово-высотных деформаций берегов и русла реки. При недостаточной глубине залегания подводного трубопровода на судоходных и сплавных реках, а также при наличии оголений трубопровода на реках всех категорий дополнительно к обследованию III класса производят водолазное обследование. Внеочередные обследования выполняют при переформированиях русла реки, вызванных строительством новых дюкеров в районе эксплуатируемых переходов, после высоких паводков, наводнений, стихийных бедствий. Перед выполнением строительства (капитального ремонта), а также при приемке законченного строительства (капитального ремонта) подводного перехода трубопровода назначается дополнительное обследование II класса. Для определения соответствия выполненных работ требованиям проекта по окончании каждого этапа строительства (капитального ремонта) перехода производят обследование III класса. При обследовании I класса топографическую съемку прибрежных участков подводных переходов трубопроводов выполняют аэрофототопографическими методами. Наземная съемка допускается лишь в случае отсутствия материалов аэросъемки. При обследовании II, III классов топографическую съемку прибрежных участков, русловой части перехода и съемку подземных коммуникаций выполняют только наземными методами.

Анализ данных диагностики переходов магистральных трубопроводов через водные преграды показывает, что наиболее часто встречающимися неисправностями являются размывы труб с оголением и опасным провисанием. Несмотря на широкое внедрение современных приборных средств и технологий, неуклонное повышение объемов обследования и ремонта переходов, число размывов подводных трубопроводов существенно не уменьшается. Особенно часто проблемы возникают в пределах слабоустойчивых русел рек с интенсивными плановыми и вертикальными деформациями. Здесь размывы поймы и берегов достигают десятков метров в год, а размывы дна — до метра в год. Помимо естественных факторов развития русел нагрузку на переходы

усиливают антропогенные воздействия: регулирование стока воды и наносов речными гидроузлами, несогласованное устройство карьеров для добычи стройматериалов, дноуглубительные и русло-выправительные работы, строительство мостовых переходов, набережных и других инженерных сооружений. Чаще всего ремонт, выполненный для локальной защиты трубопровода в виде banquetов из мешков ПЩС или отсыпки щебнем, без должного анализа причин размыва, вносит дополнительные искажения в ход русловых процессов и может оказывать струенаправляющее действие, инициируя размывы на соседних участках перехода. Также переукладка трубопровода или гидротехнический ремонт в многониточном коридоре на одной из размывных ниток, особенно расположенной выше по течению, может инициировать размывы нижележащих труб. Таким образом, не только естественное развитие руслового процесса оказывает влияние на техническое состояние подводных переходов, но и сами ремонтные работы в период эксплуатации влияют на развитие русловых процессов. Все это многообразие проблем и условий показывает, что защита подводных переходов от размыва является достаточно сложной задачей. Площадь и протяженность русловых деформаций чаще всего выходят далеко за пределы зоны перехода, а отсутствие необходимой гидрографической и гидрологической информации и незнание причин размыва ведет к кратковременности его защиты и, как следствие, к необоснованным повторам дорогостоящих подводно-технических работ. Оценка причин размыва переходов опирается как на результаты инженерных изысканий, так и на анализ всех имеющихся архивных материалов, данных космической съемки Земли и компьютерного моделирования русловых деформаций и их сопоставление с использованием геоинформационных технологий. Планирование изысканий проводится, прежде всего, в результате анализа архивных космических снимков и картографического материала, определяя тип руслового процесса и характерный русловой масштаб. В случае возможности сопоставления нескольких архивных снимков друг с другом определяются тенденции развития русловых деформаций и назначаются зоны топографической, гидрографической и гидрологической съемки и требуемый уровень детальности изысканий. При анализе русловых процессов необходимо учитывать как зону перехода, так и соседние участки русла, морфология и динамика которых взаимосвязана, поэтому протяженность русловой съемки назначается в соответствии с длиной русловых форм и на крупных реках может достигать нескольких десятков километров. В основе полевых работ лежит создание цифровой модели рельефа (ЦМР) района изысканий, в составе которых выполняются промерные работы в русловой части и

наземная топографическая съемка береговой и пойменной частей подводного перехода. Ввиду ряда географических и природных причин, а также вследствие большой протяженности исследуемых объектов, становится весьма неудобным и непродуктивным использование традиционных методов и инструментов. Поэтому при изысканиях на подводных переходах целесообразно применять спутниковые технологии геодезических измерений, которые обеспечивают необходимую погрешность как съемки рельефа дна и берегов, так и нивелирования водной поверхности даже при небольших уклонах. Промеры глубин осуществляются эхолотами по галсам, частота которых определяется масштабом съемки и характером рельефа. При промерных работах, выполненных однолучевым эхолотом, получается массив точек, сосредоточенных только вдоль промерных галсов. Для больших рек, где частота галсов значительно сказывается на объеме работ, неравномерность получения данных приводит к возникновению ошибок при построении поверхности интерполированием. Это может исказить картину развития русловых процессов и потребует значительных затрат времени для предварительного анализа и корректировки данных. Таких недостатков нет при использовании современных многолучевых эхолотов, которые позволяют получить равномерный массив точек рельефа и качественное изображение дна. В дополнение к традиционному составу гидрографических и инженерно-геодезических изысканий, обязательно проводится подробная гидроакустическая съемка рельефа дна в зоне переходов локатором бокового обзора и акустическим профилографом. Данные исследования позволяют выявить более подробно не только естественные русловые формы, их размеры и характер распространения, но и идентифицировать объекты антропогенного характера, а именно, траншеи и отвалы грунта, защитные конструкции, оставшиеся от некачественного строительства или ремонта, участки с оголениями и провисами труб. Традиционные гидрологические изыскания достаточно трудоемки ввиду точечного характера получения на разных глубинах скорости и направления потоков и данных по взвешенным наносам. Для повышения производительности изысканий целесообразно использовать доплеровские измерители скоростей и мутности потоков (ADCP) типа Rio Grande (США), которые в сочетании с GPS- технологиями позволяют в 5-10 раз ускорить получение гидрометрических данных и одновременно получать поперечный профиль русла реки, что особенно актуально для крупных рек. Использование ADCP позволяет за один проход по створу получить данные о скоростях течений по всему сечению реки и сразу рассчитать расход. Сплошная съемка поля скоростей в самой зоне подводного перехода наглядно демонстрирует водовороты, зоны

максимальных и минимальных скоростей на разных глубинах и позволяет понять механизм воздействия потока на грунт в районе труб. Эффективным методом изучения русловых процессов следует признать технологии дистанционного зондирования Земли (космическая съемка). Появившийся в последнее десятилетие доступ к зарубежным и отечественным спутниковым снимкам позволяет определять динамику меандрирования русел, границы и типы растительности на пойме, выявлять русловые макроформы значительной протяженности и направление прохождения паводковых вод. Кроме того, определяя во время изысканий координаты видимых на снимках в зоне переходов сооружений (крановые узлы, мачты ЛЭП и т.п.), с помощью функции ортотрансформирования производится привязка космических снимков к местности, что повышает достоверность полевых геодезических данных. Сравнение ЦМР, полученной по полевым данным, с оцифрованными планами предыдущих обследований, данными картографического материала, лоций для судоходных рек, спутниковых снимки за предыдущие годы и привязка этих материалов к единой системе координат позволяет получать разностные планы изменения рельефа, и таким образом, проанализировать горизонтальные и вертикальные деформации дна и берегов в зоне перехода. Полученная ЦМР района изысканий и расчетные гидрологические характеристики используется для проведения компьютерного моделирования деформаций дна, которое достаточно близко увязывает данные полевых измерений и численного эксперимента, позволяет наглядно распознать характер развития русловых деформаций при различных сезонных ситуациях и, при необходимости, крупномасштабно «проигрывать» различные варианты защиты перехода от размыва. Для этих целей используется программный комплекс российской разработки FLOOD (НИИЭС), в основе которого заложены двумерные уравнения Сен-Венана, уравнение переноса частиц наносов и уравнение деформаций дна. Для выявления причин размыва трубопроводов и прогноза дальнейшего развития русла проводится экспертный анализ архивных данных о техническом состоянии перехода за весь период эксплуатации, полученной информации о плановых и вертикальных деформациях дна и берегов с учетом морфологических характеристик и типа руслового процесса на рассматриваемом участке реки, результатов компьютерного моделирования. Сочетание перечисленных методов изысканий и экспертного анализа позволяет учесть многофакторный процесс динамики русла реки в зоне перехода, определить причину размыва, спрогнозировать дальнейшие деформации дна и берегов и разработать проектные решения для инженерной защиты и обеспечения безопасности подводных трубопроводов. Практика

проведения работ по определению причин размыва трубопроводов и принятия на их основе проектных решений по выбору долговременной защиты переходов от размыва показала высокую эффективность.

Подводя *итоги*, можно заключить, что:

- для предотвращения размыва трубопроводов необходимо выявить их причину;

- для выявления причины необходим анализ русловых процессов;

- для объективного анализа русловых процессов необходим комплексный подход к инженерным изысканиям с опорой на научную базу, современное техническое оснащение и применение геоинформационных технологий. Поэтому для всех подводных переходов, где зафиксированы размывы, необходимо проводить вышеперечисленный комплекс изыскательских и аналитических работ и сделать его обязательным и нормативно закреплённым. Пример геодезического мониторинга подводных переходов трубопроводов В качестве примера рассмотрим вариант комплекса для обследования подводных переходов через водные преграды в летний период времени. В решении задач по геодезическому контролю планово-высотного положения трубопровода на береговых участках подводного перехода целесообразно использовать ручную трассопоисковую систему с генератором сигнала, подключаемым к трубопроводу. Для топографической съёмки рельефа и ситуации, наиболее эффективно применение геодезической GPS аппаратуры, электронных тахеометров. На некоторых объектах, с развитой наземной системой коммуникаций и сооружений, относящейся к трубопроводу, возможно применение безотражательных электронных тахеометров или цифровых лазерных сканеров. При съёмке рельефа и ситуации подводной части перехода могут применяться промерные эхолоты – однолучевые (с разновидностями в виде эхотралов) и многолучевые. При съёмочных работах с использованием однолучевых эхолотов проектируется сетка промерных галсов, по которым необходимо пройти промерному судну. В результате, по окончании работы мы получаем набор дискретных профилей глубин, по которым то или иное программное обеспечение моделирует подводный рельеф. *Однолучевые промерные эхолоты* при работах по обследованию подводных переходов целесообразно использовать:

- при работах с малого плавсредства;

- на участках с экстремально малыми (менее 2 м) глубинами;

- на участках, не требующих 100% площадной съёмки;

- на участках с пологим подводным рельефом;

- для получения более полной картины необходимо использовать совместно с гидролокатором бокового обзора (ГБО).

При работах с многолучевыми эхолотами обеспечивается площадная (100-процентная) съёмка акватории с большой плотностью данных, сравнимых по объёму с результатами наземных съёмок цифровым лазерным сканером. По сравнению с однолучевыми системами имеют большее преимущество на участках со сложным подводным рельефом и в некоторых случаях заменяют гидролокатор бокового обзора, например, при использовании функции backscatter – представления данных в виде разности интенсивности отражённого сигнала.

Многолучевые эхолоты целесообразно использовать:

- при больших объёмах промерных работ;
- на участках со сложным подводным рельефом;
- на участках, требующих 100% площадной съёмки;

– совместно с буксируемым ГБО, для детализации оголённых и провисающих участков. Обнаружение оголённых и провисающих участков и поиск посторонних предметов на дне подводного перехода производится гидролокатором бокового обзора. В случае, если ГБО имеет буксируемый блок антенн, то качество гидролокационного снимка будет близко к фотографическому, так как буксируемое устройство можно пилотировать в непосредственной близости от объекта. К тому же, на буксируемое устройство не распространяются вибрации и динамические перемещения промерного судна, что положительно влияет на чёткость получаемых снимков. При выполнении промерных работ однолучевым эхолотом использование ГБО – необходимо и обязательно. При работах с многолучевым эхолотом буксируемый ГБО рекомендуется как средство дополнительного контроля и детализации данных. Геодезический контроль планово-высотного положения трубопровода на подводных (русловых) участках подводного перехода может выполняться несколькими методами, имеющими возможность взаимного контроля. В качестве основного метода рекомендуется использовать трассопоисковую систему с генератором сигнала, подключаемым к трубопроводу. На подводных переходах большой протяжённости требуется повышенная мощность генератора сигнала. Трассопоисковая система, применяемая на русловых участках подводных переходов, в отличие от наземной, производящей измерения вертикальной составляющей в статике, должна собирать данные в режиме непрерывного движения, так как установлена на судне,двигающемся по съёмочным галсам, ориентированным поперёк трубопровода. Окончательное вычисление планово-высотного положения оси трубопровода осуществляется в режиме пост-обработки. Существует прямая зависимость точности определения положения трубопровода от глубины до его оси. В целях повышения достоверности измерений следует увеличивать количество съёмочных галсов, создавая избыточные

измерения, дублировать измерения в разных частотных диапазонах (например, на 100 Гц, затем на 1кГц), и использовать независимый метод контроля. Независимым методом контроля данных электромагнитного трассоискателя на русловых участках является метод акустического профилирования. Он имеет свои недостатки, но на участках со средней и большой глубиной воды (10-20 м) и небольшим (1-3 м) заглублением трубопровода под поверхностью дна водоёма показал положительные результаты. К недостаткам акустического метода можно отнести уменьшение проникновения сигнала с ростом толщины грунта над трубопроводом, громоздкость аппаратуры, относительная сложность в настройках и управлении. Положительное качество – возможность в режиме реального времени наблюдать величину слоя грунта над верхом замкнутого трубопровода. Совместное использование этих методов позволяет уменьшить погрешности каждого метода в отдельности. Точное координирование промерного судна осуществляется в реальном времени с помощью геодезических GPS- приёмников, использующих технологию DGPS или RTK. Опорная базовая станция, установленная на берегу находится на пункте с известными координатами и по радиоканалу транслирует дифференциальную коррекцию для приёмника, находящегося на судне. При невозможности использования этой технологии в связи с большими (более 15-20 км) размерами подводного перехода используется система дифференциального сервиса глобального действия C-Nav или Omnistar XP. Расстояния (офсеты) между всеми ключевыми точками промерного судна – датчиком динамических перемещений судна и антеннами устройств, должны быть тщательно измерены и учтены в системе координат судна. Набор данных, полученный от данных устройств, является достаточным для формирования отчётной документации о техническом состоянии подводного перехода. При необходимости расширения объёма получаемой информации, к примеру, геологической или гидрологической, приборный комплекс может быть снабжен дополнительными устройствами, решающими круг задач более широкий, чем геодезический контроль за строительством и мониторинг технического состояния подводных переходов трубопроводов.

2.3.7 Особенности геодезических работ при обследовании подводных переходов газопроводов

Газопроводы, пересекающие водные препятствия прокладываются в две нитки: основная и резервная. Для установления глубины залегания, оголенных и провисающих участков периодически, не реже двух раз в год, проводится обследование подземных переходов газопроводов. В тех

местах, где обнаружены такие нарушенные переходы газопроводов, выполняются следующие инженерно-геодезические работы. По линии, проходящей через опознавательные знаки газопроводов, с одного из берегов разбивается пикетаж через реку на другой берег. Выполняется топографическая съемка береговых участков в масштабе 1:1000 с целью составления плана. Например, по результатам такой съемки составлен план подводного перехода газопровода Минск-Гомель через р. Березина (1998 г.). Геодезические работы под водой выполняются водолазами. Определение положения промерных точек производится при помощи мерного троса, скорость течения – вертушкой. Промеры глубин осуществляются ручным лотом или эхолотом. Плановое положение газопроводов и его глубина определяются при помощи подводного трассоискателя, например ПТИ-1М. В результате проведенных геодезических работ строится продольный профиль основного и резервного газопроводов. На профиле основной нитки газопровода представлено дно реки до и после ремонта. На обнаруженные оголенные участки укладываются мешки со щебнем. После укладки мешков производится послеремонтное обследование подводного газопровода.

2.4 Проект вертикальной планировки застраиваемой территории

2.4.1 Планировка рельефа

Проект вертикальной планировки рельефа

Одной из основных частей генерального плана является проект вертикальной планировки застраиваемой территории. *Вертикальная планировка* – преобразование естественного рельефа на территории стройплощадки в поверхность, удовлетворяющую техническим требованиям данного сооружения. Основными документами проектов вертикальной планировки рельефа являются план организации рельефа и картограмма земляных работ (план земляных масс). Геодезические расчёты проводят на основе детальной топографической съёмки местности, которую выполняют геометрическим нивелированием. На плане организации рельефа изображается проектная поверхность строительных площадок проектными отметками (рисунок 2.32). Проектный рельеф может быть задан либо в виде профилей, либо проектными горизонталями, либо сеткой квадратов (прямоугольников) в сочетании с проектными отметками. В последнем случае проектная отметка подписывается в северо-восточном углу квадрата. Кроме проектных на плане земляных масс по определенной системе (рисунок 2.32) подписывают и другие отметки – фактические и рабочие.

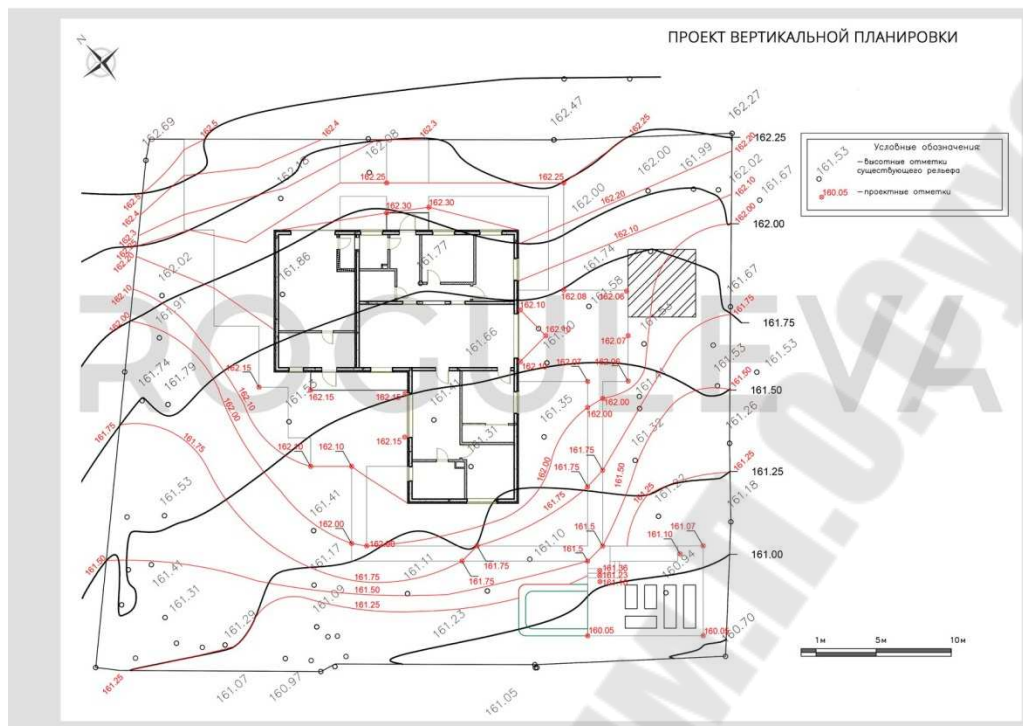


Рисунок 2.32 – Обустройство нефтегазового месторождения (план перемещаемых земляных масс, фрагмент)

Проектная отметка – это отметка, которую данная точка поверхности должна иметь после завершения планировки. Отметки точек, полученные в результате нивелирования, называются *фактическими*. Разность между проектной и фактической отметками называется *рабочей отметкой* (рисунок 2.33). Рабочая отметка показывает сколько грунта надо подсыпать, если $h_{\text{раб}}$ положительная, или снять (срезать), если $h_{\text{раб}}$ отрицательная. На плане земляных масс подсчитывают объём грунта отдельно для насыпи и выемки (срезки), сводится баланс и приводится ведомость объёмов земляных масс.

Рабочая отметка насыпи, м	+1.10	Проектная отметка земли, м	89.62
Рабочая отметка выемки, м	-0.62	Проектная отметка дна траншеи/канавы, м	88.52
		Натяжная отметка земли, м	87.90
		Объём грунта насыпи, м ³	+737
		Объём срезки грунта, м ³	-696

Рисунок 2.33 – Обозначение углов квадратов на плане земляных масс

В зависимости от условий эксплуатации возводимых сооружений различают случаи вертикальной планировки под *горизонтальную* или *наклонную* площадку.

Геометрическое нивелирование для составления проекта вертикальной планировки

Основой для составления проекта вертикальной планировки служат топографические планы местности в масштабах 1:1000–1:500, полученные в результате геометрического нивелирования поверхности. В зависимости от назначения съемок и условий местности могут быть использованы следующие способы геометрического нивелирования поверхности: *способ поперечников, параллельных линий, полигонов, квадратов*. Способы отличаются друг от друга схемой нивелирования.

Способ поперечников к магистральному ходу

Способ поперечников к магистральному ходу наиболее часто используют при съемке притрассовой полосы вдоль трасс линейных объектов. Планово-высотным обоснованием в этом случае является трасса линейного объекта (т. е. теодолитно-нивелирный ход). С помощью угломерного прибора и землемерной ленты или рулетки через определенные расстояния разбивают поперечники aa_1 , bb_1 , cc_1 и т.д. (рисунок 2.34).

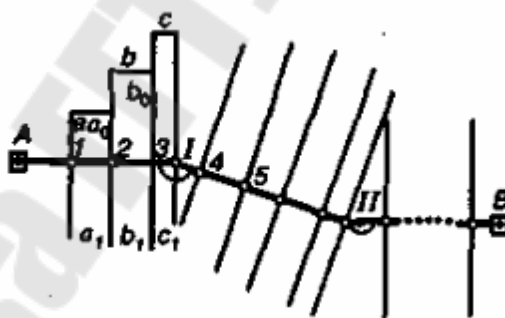


Рисунок 2.34 – Схема способа поперечников к магистральному ходу

Поперечники обычно разбивают на пикетах и плюсовых точках трассы линейного объекта, высоты которых уже определены в результате продольного нивелирования в два нивелира по пикетажу трассы. Поскольку съемку ситуационных особенностей местности производят в ходе разбивки пикетажа, ситуационные точки при нивелировании поперечников не фиксируют. Съемку притрассовой полосы нивелированием по поперечникам осуществляют в такой последовательности:

– на данной точке прямолинейного участка трассы с помощью угломерного прибора (нивелира с лимбом, теодолита или эккера)

восстанавливают перпендикуляр к трассе, откладывая горизонтальный угол, равный $\alpha = 90^\circ$;

– на криволинейных участках трассы поперечник разбивают, ориентируя прибор на одну из соседних точек трассы, расположенную на расстоянии ΔK по кривой от снимаемого поперечника, и откладывают угол

$$\alpha = 90^\circ(1 - \Delta K \pi R).$$

В полевом журнале съемки поперечников фиксируют пикетажное значение снимаемого поперечника (например, поперечник ПК 21+ 50). Обозначают характерные точки местности на поперечнике, фиксируя в журнале соответствующие расстояния влево и вправо от трассы (например: Л + 3,5; Л + 6,0; Л + 10,2 и т. д.; П + 3,5; П + 6,0; П + 8,4 и т. д.). Устанавливают нивелир вблизи снимаемого поперечника таким образом, чтобы по возможности с одной стоянки прибора можно было бы снять все точки поперечника. Берут отсчет на точку трассы, в которой разбит поперечник, и определяют горизонт прибора. Берут последовательно отсчеты на все точки влево и вправо от трассы. Высоты точек поперечника определяют через известный горизонт прибора.

Способ параллельных линий

Способ параллельных линий (рисунок 2.35) применяют на равнинном рельефе в открытой или закрытой местности при исполнительных съёмках строительных площадок, искусственных покрытий взлётно-посадочных полос аэродромов. Основой здесь является один или несколько параллельных магистральных ходов. Перпендикулярно к магистрали либо под углом к ней разбивают поперечные профили, которые могут быть прямыми, ломаными, а также иметь свои поперечники (поперечники второго порядка). По ходам и поперечникам через равные промежутки закрепляют пикетные точки: через 40 м при съёмке в масштабе 1:2000 и через 20 м – при съёмке в масштабе 1:1000 и 1:500.

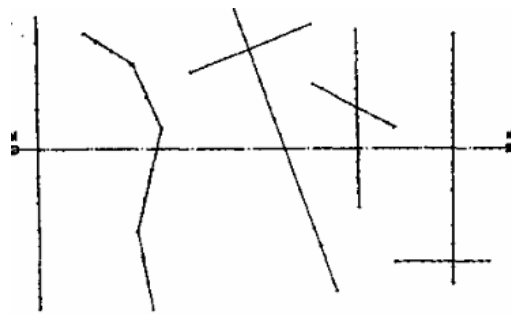


Рисунок 2.35 – Схема нивелирования способом параллельных линий

Способ полигонов

Способ полигонов (рисунок 2.36) применяется на открытой местности с ярко выраженным рельефом. Основой для выполнения работ служит сеть сомкнутых магистралей, которые прокладывают по водоразделам и тальвегам. На магистралях разбивают поперечные профили примерно по той же схеме, как и в способе параллельных линий. Магистрали увязывают в системе теодолитных ходов (для разомкнутого или замкнутого теодолитных ходов), вычисляют координаты и высоты точек.

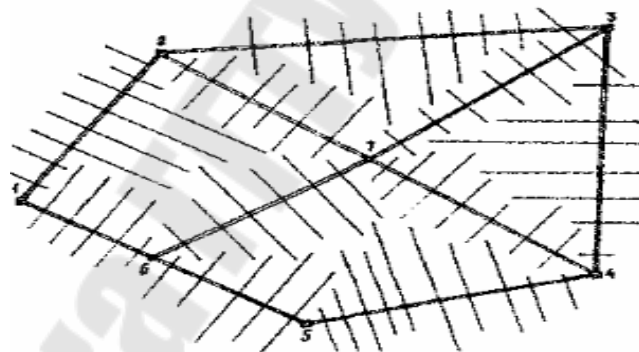


Рисунок 2.36 – Схема нивелирования способом полигонов

Способ нивелирования по квадратам

Способ квадратов применяют при топографической съемке открытых участков местности со спокойным рельефом в крупных масштабах (1:500–1:5000) с малой (0,1–0,5 м) высотой сечения рельефа с целью составления проекта вертикальной планировки и подсчета объемов земляных работ. Способ нивелирования поверхности по квадратам – самый простой и наиболее распространенный. С учетом характера рельефа, требуемой точности его изображения, сложности и назначения строящегося сооружения разбивают сети квадратов со сторонами от 5 до 100 (400) м. Планово-высотным обоснованием служат вершины квадратов, закреплённые на местности кольями и обозначенные по определённой

принятой на практике изысканий схеме. Оцифровку вершин квадратов выполняют цифрами вдоль наибольшей оси и строчными (или прописными) буквами по короткой стороне (рисунок 2.37).

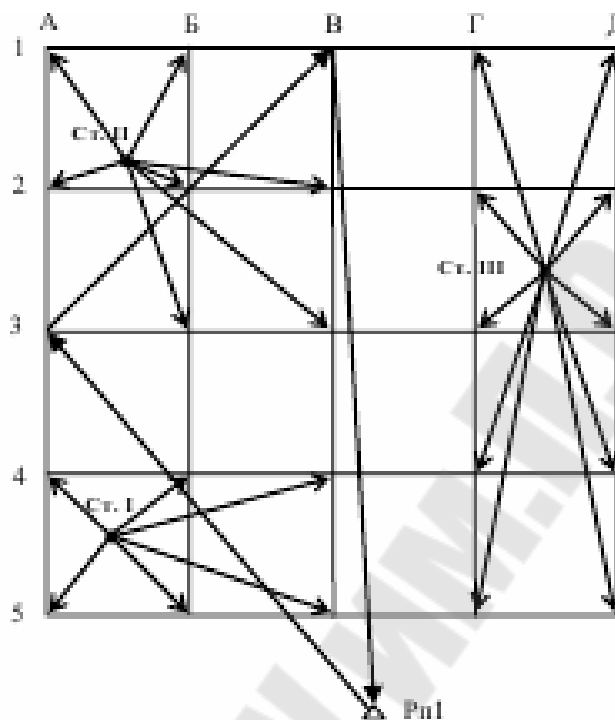


Рисунок 2.37 – Принцип оцифровки вершин квадратов

Для привязки по высоте рядом с нивелируемой площадью устанавливают грунтовой репер и передают на него отметку с ближайшего исходного репера способом геометрического нивелирования. Состав работ при нивелировании площади по квадратам следующий:

- рекогносцировка участка;
- построение на местности основных квадратов с их проектным ориентированием (съёмочного обоснования);
- построение заполняющих квадратов;
- передача отметки на вершину одного из квадратов или отдельно на закрепленную точку;
- нивелирование вершин всех квадратов;
- обработка результатов измерений и построение рельефа;
- нанесение ситуации (при необходимости) и составление плана. В зависимости от размеров снимаемой площади может быть выполнена непосредственная разбивка сети квадратов, а затем привязка этой сети квадратов, либо может быть выполнена разбивка с теодолитного хода. При небольшой площади снимаемого участка выполняют разбивку с теодолитного хода. При этом по снимаемому участку прокладывают магистральную линию MN, намечают на ней точки на расстояниях друг от друга, равных стороне квадрата, а затем строят серию параллельных

линий с разбивкой углов квадратов (рисунок 2.38), закрепляют их кольшками. В процессе разбивки вершин квадратов ведут съемку ситуации линейными и створными промерами от вершин и сторон квадратов.

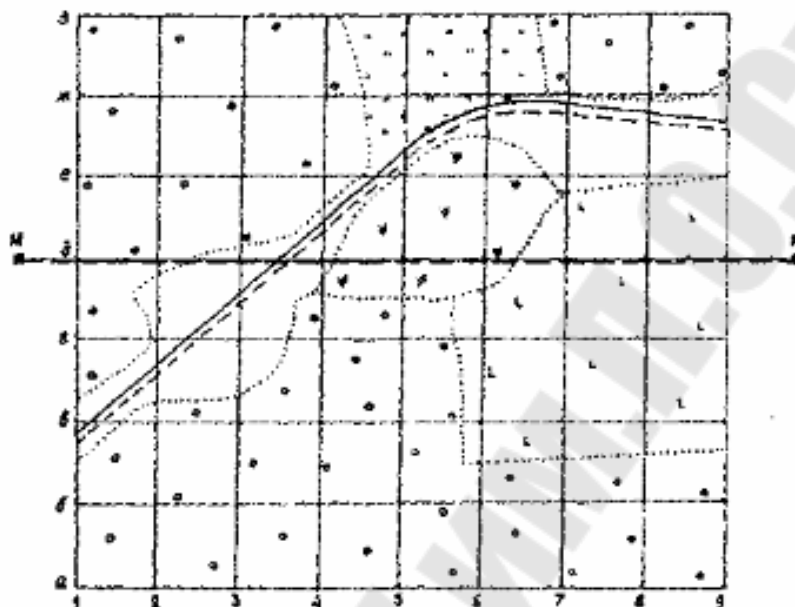


Рисунок 2.38 – Разбивка квадратов с магистральной линии

Непосредственная разбивка сети квадратов

На больших площадях во избежание накопления погрешностей в построении квадратов сначала строят основной квадрат или прямоугольник. Для этого вдоль границы снимаемого участка на местности закрепляют опорную линию АВ и на ней откладывают мерной лентой длины сторон квадратов (1-2, ..., 5-6) (рисунок 2.39). Затем в точках А и В последовательно устанавливают теодолит и восстанавливают перпендикуляры АС и ВD к линии АВ. Для контроля измеряют длину линии CD, которая не должна отличаться от длины линии АВ более чем на 1:2000 ее длины. На перпендикулярах к линии CD также откладывают длины сторон квадратов. Вершины полигона ABDC и точки на его сторонах закрепляют грунтовыми реперами. Разбивка квадратов внутри полигона выполняется по створам линий 1-1, 2-2, ..., 5-5 (рисунок 2.39). Контроль разбивки выполняется вешением точек по перпендикулярным створам а-а, б-б, в-в. Вершины квадратов (пикеты) закрепляют кольшками. При необходимости на сторонах квадратов в точках перегиба рельефа местности закрепляют плюсовые точки.

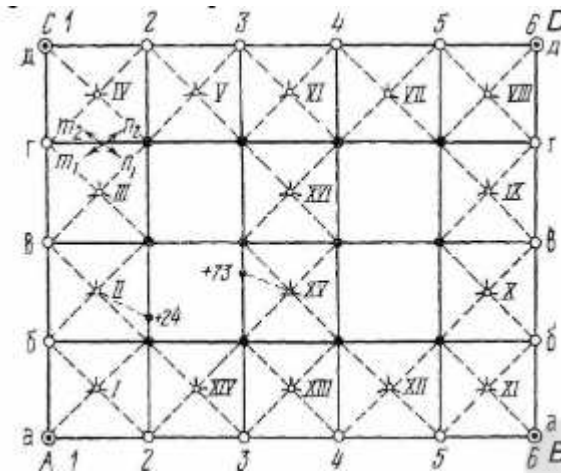


Рисунок 2.39 – Схема нивелирования площади при длине стороны квадратов более 100 м

Одновременно с разбивкой пикетов производится съемка ситуации линейными промерами от сторон квадратов до характерных точек контуров и местных предметов. Результаты съемки заносят в абрис, на котором также показывают стрелками направление скатов (рисунок 2.40). Если местность достаточно пересечённая и имеет много перегибов рельефа, то нивелируют и точки перегибов, одновременно выполняя их плановую привязку внутри квадрата.

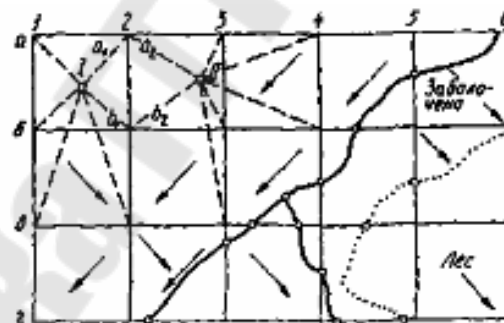


Рисунок 2.40 – Абрис съемки при нивелировании по квадратам (стрелками указано направление скатов)

Порядок нивелирования квадратов зависит от их размера. При длине сторон квадратов 100 м и более каждый квадрат нивелируют отдельно. В этом случае сначала прокладывают замкнутый ход по наружным квадратам, а затем – по внутренним. Журнал нивелирования не ведут, а отсчеты по рейкам записывают прямо на схеме, внутри квадратов. Контроль и увязывание превышений ведут здесь же, по разностям горизонтов на смежных станциях. По полученным горизонтам (последний из полученных должен быть равен исходному) вычисляют отметки вершин квадратов, исходя из известного соотношения

$$H_i = \text{ГИ} - a_i,$$

где a_i – отсчёт по рейке. Исходный горизонт получают как сумму отметки точки a_1 и отсчёта по рейке в этой точке. Далее, принимая высоты пунктов полигона за твердые, увязывают высоты внутренних пикетов как точек ходов, проложенных между пунктами наружного полигона. В другом случае, при небольших (10–20 м) размерах сторон квадратов с одной станции нивелируют сразу несколько квадратов. Для этого станции выбирают с таким расчетом, чтобы из связующих точек образовался замкнутый опорный полигон ABCDA (рисунок 2.41). На одну из связующих точек передается отметка от ближайшего репера. Все остальные вершины квадратов нивелируются как промежуточные точки. Полевой контроль измерений выполняют аналогично с предыдущим случаем.

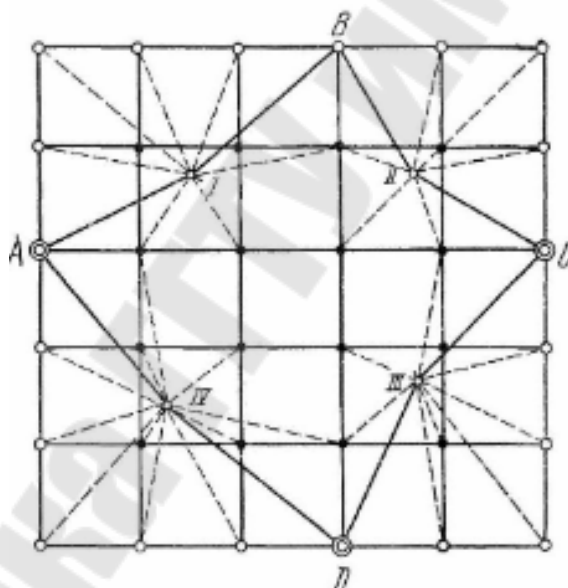


Рисунок 2.41 – Схема нивелирования площади при длине стороны квадрата 10–20 м

Распределение высотной невязки, вычисление исправленных превышений и высот связующих точек производят так же, как и в ходе продольного инженерно-технического нивелирования. Высоты промежуточных точек на каждой станции рассчитывают через горизонт нивелира. Если длины сторон снимаемой площади не превышают 350 м, то нивелирование всех вершин квадратов можно выполнять с одной станции, расположив нивелир примерно посередине снимаемого участка (рисунок 2.42).

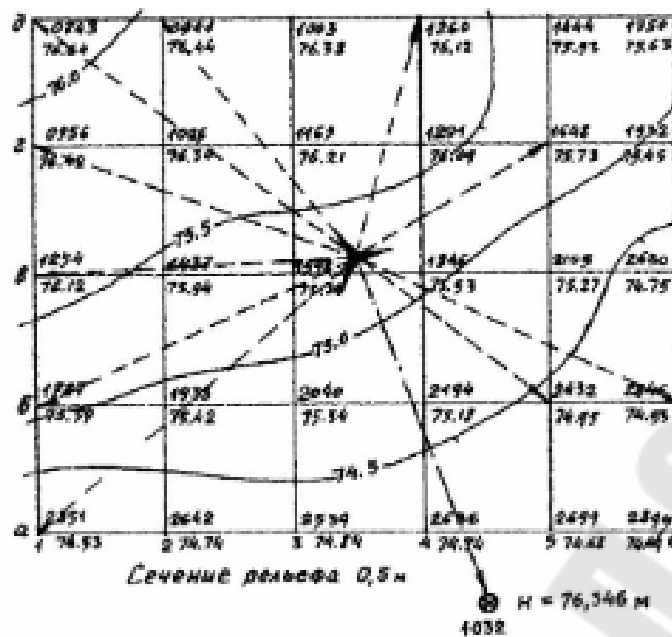


Рисунок 2.42 – Схема нивелирования сетки квадратов с одной станцией

После вычислительной обработке результатов нивелирования составляют топографический план участка местности в выбранном масштабе (рисунок 2.43).

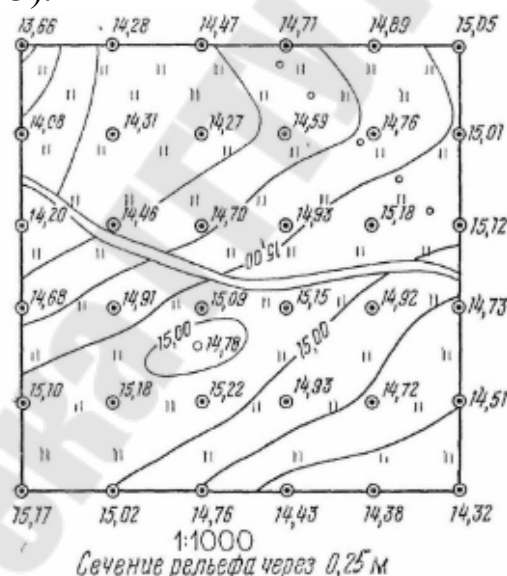


Рисунок 2.43 – Топографический план промплощадки предприятия

На план наносят границы участка, вершины квадратов, плюсовые точки и ситуацию. Возле каждой пикетной и плюсовой точки подписывают ее отметку с округлением до 1 см. Горизонтالي проводят с заданной высотой сечения рельефа. План вычерчивают в соответствии с условными знаками.

Вертикальная планировка под горизонтальную площадку

Вертикальная планировка под горизонтальную площадку обычно предусматривает соблюдение нулевого баланса земляных работ, т. е.

равенство объемов грунта по выемке (срезке) и насыпи. Условие нулевого баланса земляных работ обеспечивается созданием горизонтальной площадки с проектной отметкой

$$H_{np} = \frac{\sum H_I + \sum H_{II} + \sum H_{III} + \sum H_{IV}}{4n}$$

По проектной отметке H_{np} и значениям фактических отметок вершин рассчитывают рабочие отметки:

$$h_1^{раб} = H_{np} - H_1; h_2^{раб} = H_{np} - H_2; h_n^{раб} = H_{np} - H_n.$$

Рабочие отметки с их знаками (+)h – высота насыпи и (-)h – срезка, выемка грунта записывают на чертеже возле соответствующих вершин квадратов (рисунок 2.44). Квадраты сетки, имеющие в своих вершинах рабочие отметки одного знака, называются *однородными* или *непереходными*, а разных знаков – *переходными* или *смешанными*.

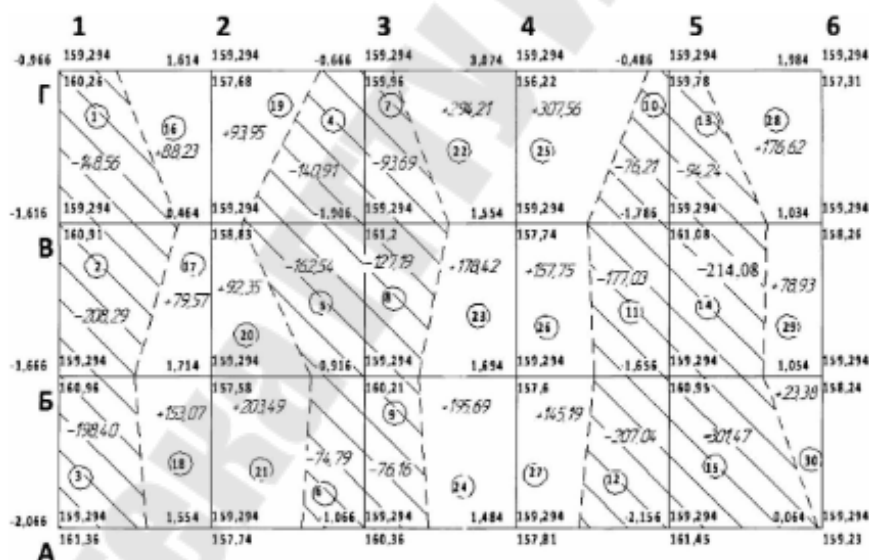


Рисунок 2.44 – Картограмма земляных работ

На сторонах переходных квадратов между вершинами, имеющими рабочие отметки с разными знаками, находят положение точек нулевых работ. В этих точках значения фактических и проектных отметок равны. Расстояния от вершин квадратов до точек нулевых работ определяют аналитически по формуле, где a – сторона квадрата (рисунок 2.45).

$$l = \frac{|h_{раб1}|}{|h_{раб1}| + |h_{раб2}|}$$

Соединив точки нулевых работ, получают линию нулевых работ. Линию нулевых работ выносят на местность по сторонам квадратов и обозначают колышками

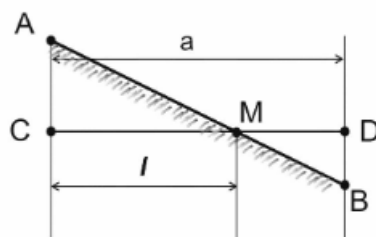


Рисунок 2.45 – Расчёт положения точки нулевых работ

a – сторона квадрата; l – расстояние от угла квадрата до точки нулевых работ, АВ – линия фактического профиля, CD – проектная линия, М – точка нулевых работ.

2.4.2 Интерполирование и проведение горизонталей

Для составления плана строят сетку квадратов, чаще всего в масштабе 1:2000, выписывают на план высоты всех точек с округлением до 0,01 м, интерполируют и проводят горизонтали через 0,5 м и оформляют план. Для рельефа простой формы обычно достаточно интерполирование по сторонам квадратов. При более сложных поверхностях производят дополнительное интерполирование по диагоналям квадратов. Интерполирование горизонталей состоит в нахождении места, где искомая горизонталь пересекает линию между точками с известными высотами. При этом имеется в виду, что линия профиля между этими точками является прямой, т. е. уклон линии на каждом ее отрезке не изменяется. Существует два способа интерполирования горизонталей: аналитический и графический. Аналитический способ состоит в вычислении расстояний между точками с известными высотами и горизонталями. Расчеты при интерполировании горизонталей можно производить в уме, т. е. решать задачу делением отрезка на части. При графическом способе горизонтали интерполируют, используя миллиметровую или клетчатую бумагу. Ее прикладывают к точкам и на ней в произвольном вертикальном масштабе строят профиль вдоль линии, соединяющей точки, подписывая высоты горизонталей. Затем точки пересечения линии профиля с линиями горизонталей проектируют на линию и получают положение горизонталей на этой линии. Графический способ интерполирования горизонталей тем точнее, чем крупнее вертикальный масштаб профиля.

2.4.3 Подсчёт объёмов земляных работ

При проектировании вертикальной планировки объёмы земляных работ наиболее часто определяют одним из следующих способов:

- горизонтальных профилей;
- изолиний рабочих отметок;
- квадратов.

Чаще применяется способ квадратов. Вычисление объёмов земляных работ способом квадратов основано на использовании результатов топографических съёмок нивелирования по квадратам. Объёмы земляных работ подсчитывают на основании рабочих отметок вершин квадратов отдельно по выемке и насыпи грунта. В зависимости от характера рельефа местности и требуемой точности подсчет объёмов производят способами среднего арифметического, призм, параллельных сечений и др. При составлении проекта вертикальной планировки на основе нивелирования поверхности по квадратам обычно используют способ призм. Для этого весь объём перемещаемого грунта разделяют на отдельные фигуры – призмы, с основанием в виде треугольника, квадрата или трапеции и высотой, равной средней рабочей отметке фигуры.

Окончательным графическим документом вертикальной планировки является план земляных масс (рисунок 2.46), на котором указываются фактические, проектные и рабочие отметки вершин квадратов, положение линии нулевых работ и значения объёмов насыпи или выемки грунта по однородным квадратам и отдельным частям переходных квадратов. Вычисленные объёмы в кубических метрах по каждому квадрату выписывают с соответствующим знаком в таблицу земляных масс. Затем вычисляют общие объёмы насыпи и выемки и сводят баланс земляных работ, т. е. определяют избыток или недостаток грунта при вертикальной планировке площадки.

На практике предпочитают, чтобы объём выемок несколько превышал объём насыпей, так как вывести лишний грунт легче, чем отыскать резервный грунт для насыпи. При нулевом балансе земляных работ должно соблюдаться условие равенства объёмов в пределах 5%.

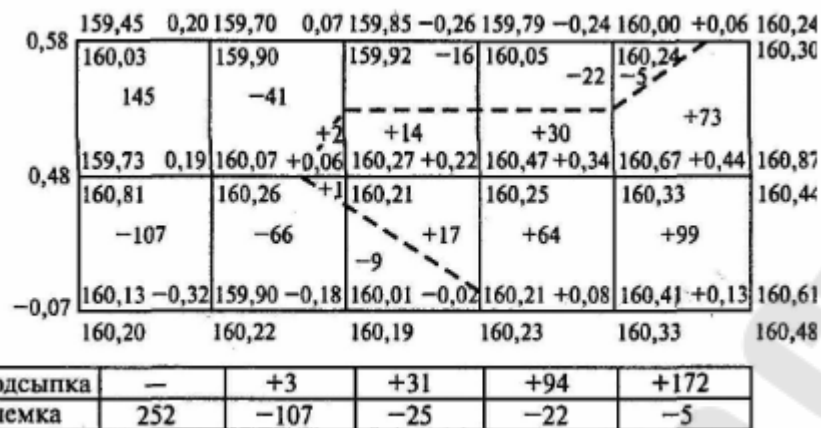


Рисунок 2.46 – План перемещаемых земляных масс с таблицей баланса

2.5 Обработка материалов инклинометрических замеров

2.5.1 Контроль проводки ствола скважины по проектному профилю

Основные виды работ при контроле проводки ствола скважины

Контроль проводки ствола скважины по проектному профилю включает следующие основные виды работ:

- задание направления стволу скважины;
- ориентирование отклонителя;
- проверку текущего положения от ствола скважины в пространстве (в процессе ее проводки);
- проверку отклонения от ствола скважины от проектной трассы.

Для задания направления стволу скважины необходимо произвести проверку компановки низа бурильной колонны, предназначенной для искривления ствола скважины, а именно:

- соответствие геометрических размеров компановки проектным;
- наличие на вогнутой стороне образующей отклоняющей компановки рисок, указывающих действие отклонителя;
- соответствие направления магнита в магнитном переводнике с плоскостью искривления отклонителя;
- нанесение меток на замках труб породной образующей. При этом метки должны быть нанесены с точностью $\pm 0,001$ м;
- результаты инклинометрии ранее пробуренного участка ствола скважины.

Разбивка и закрепление ориентирного направления скважины производится с соблюдением принятых требований. Работа по ориентированию отклонителя заключается в:

– определении положения плоскости действия отклонителя относительно плоскости ориентирного направления (при их несовпадении);

- определении угла поворота отклонителя;
- установке отклонителя в заданном направлении;
- проверке правильности установки отклонителя.

Расчеты по установке отклонителя заносятся в журнал.

При забурировании наклонного ствола из вертикального участка скважины глубиной до 250 м для определения положения отклонителя используется способ ориентированного спуска инструмента. Текущий контроль пространственного положения от ствола бурящейся скважины осуществляется в соответствии с регламентом бурения скважины, при этом во внимание принимаются следующие основные факторы:

- форма траектории оси ствола скважины;
- геологическое строение района работ; метод бурения ствола скважины и конструкция бурового инструмента;
- проходка на долото; конструкция скважины.

При длине вертикального участка ствола скважины под контруктор до 98 - 200 м первая инклинометрия проводится после его проходки.

Первое измерение при забурировании наклонного участка ствола нужно проводить после проходки интервала, на котором угол отклонения от вертикали увеличивается до $4 - 5^\circ$. Если в результате первого измерения наклонного участка ствола нет необходимости изменять ориентирный угол, то последующие измерения проводятся через интервалы 100 – 150 м (через одно-два долбления). При изменении азимута геометрические параметры направления скважины нужно измерять через 25 – 50 м (после каждого рейса) до тех пор, пока ствол не будет выведен на нужное направление.

При бурении прямолинейного участка наклонного ствола с применением стабилизирующих устройств интервалы между измерениями следует назначать в зависимости от геологического строения района. Если геологические и горнотехнические условия при проходке ствола стабильны и не сильно влияют на направление оси ствола, измерения можно проводить через 100 – 150 м проходки.

Если же естественные условия искривления способствуют резкому изменению азимута, то интервалы между измерениями должны быть сокращены, а при очень неблагоприятных условиях следует ограничить величину рейса.

На интервалах уменьшения угла отклонения от вертикали инклинометрия выполняется после каждого рейса с шагом,

регламентируемым инструкцией. Если проходка на долото меньше или равна шагу измерений, то последний уменьшается в 2 раза.

Окончательная инклинометрия в открытом участке ствола по всему интервалу производится в обязательном порядке перед спуском обсадной колонны. Шаг измерений при этом также принимается в соответствии с инструкцией.

2.5.2 Инклинометры

Основную информацию о нефтеносности территории в процессе поисков и освоения нефтяных и газовых месторождений геологи получают в результате бурения скважин.

Исходной информацией о пространственном положении скважины (ее траектории, профиля) являются результаты измерений зенитных углов и азимутов, выполняемых в скважине через определенные интервалы специальными приборами – *инклинометрами*. Процесс получения этих данных получил название *инклинометрии*.

Работа датчиков инклинометров основана на принципах использования магнитного и гравитационного полей Земли, а также гироскопического эффекта – эффекта «волчка». Положение прибора относительно гравитационного поля Земли определяется свободным положением отвеса (маятника), которое используется для измерения зенитного угла скважины (угла отклонения скважин от вертикали). Чувствительным элементом геомагнитного датчика является магнитная стрелка на специальной подвеске. Сила, обусловленная напряженностью магнитного поля Земли, действующая на чувствительный элемент датчика, по сравнению с его весом, незначительна. Вследствие этого возникает необходимость предварительной ориентации оси вращения магнитной стрелки в положение, примерно перпендикулярное к вектору магнитных силовых линий. Кроме того, магнитное поле Земли в зоне действия датчика не должно быть экранировано или искажено в результате положения другого магнитного поля. Иначе указанные причины отрицательно скажутся на точности прибора. С этой точки зрения применение в инклинометрах датчиков, использующих гироскопический эффект, дает более надежные результаты. Однако необходимость уменьшения диаметра прибора (а, следовательно, и размера гироскопа) с ростом глубины скважины приводит к значительному снижению точности показаний прибора и резкому ограничению возможностей применения гироскопических инклинометров. При инклинометрии для передачи измеренных параметров необходимо преобразовать измеренные величины углов

(азимутов) в электрические сигналы. Это приводит к усложнению датчиков, их функциональному разделению (раздельное измерение зенитных углов и азимутов) и к увеличению погрешностей прибора.

В общем случае задача определения пространственного положения скважины сводится к получению и обработке по определенной схеме информации о параметрах, характеризующих кривизну траектории скважины.

Инклинометры позволяют получить дискретно три параметра:

- глубину скважины в точке замера L ;
- угол отклонения оси скважины от вертикали (зенитный угол) θ ;
- магнитный азимут плоскости искривления скважины в точке замера A_t .

Применяемые в настоящее время инклинометры в соответствии с техническими характеристиками, обеспечивают получение результатов измерения со следующими погрешностями: диапазон измеряемых зенитных углов $\theta - 0-50^\circ$, допустимая погрешность измерения зенитных углов в среднем $M_\theta - \pm 0,5^\circ$, диапазон измерения магнитных азимутов $A_t - 0-360^\circ$, допустимая погрешность измерения азимутов (при $\theta \geq 3^\circ$) $M_A - \pm 1,5^\circ$, погрешность измерения глубины $H - M_H - \pm 0,1$ м.

При разведке месторождения полезного ископаемого бурением в случае значительного отклонения скважин от заданного направления и отсутствия информации об этом могут быть допущены грубые ошибки в геологических выводах и заключениях, касающихся представлений о залежи, условиях ее залегания и возможных методах ее разработки.

Для построения плана и профиля скважины необходимо дополнительно знать глубину скважины по стволу и ее глубину по вертикали. Разность этих глубин есть величина удлинения ствола скважины, по которой можно определить смещение забоя от проектной глубины.

2.5.3 Определение пространственного положения оси ствола скважины

Фактическая траектория оси ствола скважины всегда будет отличаться от проектной. Допустимые отклонения устанавливаются с учетом требований разработки месторождений, бурения скважин и их эксплуатации. В проекте разработки месторождения предусматривается для каждой скважины определенная точка вскрытия продуктивного горизонта. При этом допускается некоторое отклонение от предусмотренной проектно-технологической документации точки вскрытия, учитывающее геологическое строение разбуриваемой

площадки, физику пласта, технологические факторы бурения, погрешности проводки скважины и определения ее пространственного положения.

Для оптимальных условий бурения и эксплуатации скважин необходимо учитывать угол общего искривления оси ствола скважины (угол смежности), интенсивность искривления ствола (отношение общего искривления в градусах к длине интервала скважины, выраженной в десятках метров). Угол общего искривления φ определяется из выражения

$$\vartheta_i = 2 \arcsin \left(\sin \frac{\theta_i - \theta_{i-1}}{2} + \sin^2 \frac{\alpha_i - \alpha_{i-1}}{2} \sin \theta_{i-1} \sin \theta_i \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Погрешность угла общего искривления оси ствола скважины равна:

$$m_{\vartheta_i} = \frac{\sqrt{2}}{\sin \vartheta_i} \left(m_{\theta}^2 \sin^2(\theta_i + \theta_{i+1}) \sin^4 \frac{\alpha_i - \alpha_{i-1}}{2} + m_{\theta} \sin^2(\theta_i - \theta_{i-1}) \times \cos^4 \frac{\alpha_i - \alpha_{i-1}}{2} + m_{\alpha}^2 \sin^2(\alpha_i - \alpha_{i-1}) \sin^2 \theta_{i-1} \sin^2 \theta_i \right)^{\frac{1}{2}}$$

где θ_i θ_{i+1} – угол отклонения оси ствола скважины от вертикали в начале и в конце интервала; α_i ; α_{i+1} – азимут в начале и в конце интервала измерений; m_{θ} – средняя квадратическая погрешность определения угла отклонения оси ствола скважины от вертикали; m_{α} – средняя квадратическая погрешность определения азимута.

Допустимые численные значения отклонений точек вскрытия пласта скважиной от их проектного местоположения по каждому продуктивному горизонту определяются в соответствии с таблицей 2.5.

Таблица 2.5 – Допустимые численные значения отклонений точек вскрытия

Максимальный угол наклона пласта, град.	Масштаб карты разреза	Минимальное расстояние между точками вскрытия, м
10	1:10 000	135
15	1:25 000	135
15	1:50 000	300

Для расстояний между местоположением точек вскрытия в таблице 2.5 допуски установлены исходя из предельных значений погрешностей измерений применяемых в настоящее время технических средств и методики инклинометрии. При определении расстояний между проектными и фактическими точками вскрытия пласта вводятся поправки за его наклон в зависимости от численного значения угла наклона пласта, масштаба геологических структурных карт, геологических разрезов и карт

разработки. В качестве критерия оценки точности положения характерной точки оси ствола скважины принята средняя квадратическая погрешность. Оценивать положение характерной точки оси ствола скважины можно также на плоскости и в пространстве через эллипс и эллипсоид погрешностей соответственно.

Для сравнения и фактического положения характерной точки оси ствола скважины и проектным ее положением необходимо иметь дежурный план проводки скважины в масштабе 1:500 – 1:2000, на котором изображена проектная и фактическая трасса оси ствола скважины. Вокруг проектного положения характерной точки радиусом R , равным значению допуска, в соответствующем масштабе строится окружность. Точка фактического местоположения накрывается эллипсом погрешностей. При этом может быть один из пяти приведенных случаев:

- 1) эллипс погрешностей находится в пределах границы допуска;
- 2) характерная точка находится внутри границы допуска, эллипс погрешностей частично выходит за пределы допуска;
- 3) характерная точка находится на линии, обозначающей границы допуска, а 50 % площади эллипса погрешностей выходит за пределы допуска;
- 4) характерная точка находится за пределами допуска, но какая-то часть площади эллипса погрешностей (менее 50 %) накрывает допуск;
- 5) эллипс погрешностей находится за пределами границы допуска.

Оформление результатов измерений, вычисление окончательных координат и определение погрешностей измерений, а также выдача материалов заказчику должны производиться в соответствии с требованиями инструкции.

При кустовом бурении запрещается начинать строительство очередной скважины, если на предыдущую скважину отсутствуют данные по пространственному положению ее ствола.

2.5.4 Контроль положения оси ствола скважины в пространстве

Положение устья скважины, т. е. точка её заложения, всегда может определяться координатами x_0, y_0, z_0 , полученные путем топографической или маркшейдерской съемки. При известных значениях координат устья скважины положение оси (её координаты) прямолинейной скважины определяется начальными зенитным – θ и азимутальным углами – α .

Зенитный угол θ – угол между вертикалью и осью скважины в

заданной точке. Замеряется зенитный угол строго в *апсидальной плоскости*, поэтому при проецировании траектории ствола на любую другую вертикальную плоскость зенитный угол отображается с отклонением от истинного значения. При искривлении скважины возможно увеличение (выполаживание) или уменьшение (выкручивание) зенитного угла.

Азимутальный угол α – угол, определяющий направление ствола наклонной скважины относительно стран света и замеряемый по часовой стрелке между направлением на север (на схемах обозначено *Nord*) и осью скважины (апсидальной плоскостью) в заданной точке. Возможно определение α на проекции ствола скважины на горизонтальную плоскость между линиями, определяющими направление на север и проекцию ствола скважины на горизонтальную плоскость. При искривлении скважины азимутальный угол может уменьшаться (искривление влево) или увеличиваться (искривление вправо).

В геологической документации скважины изображаются в виде проекции её оси на вертикальные (изображение на геологическом разрезе – профиль скважины и горизонтальную – на геологической карте – *инклинограмма* или план скважины) плоскости (рисунок 2.47). При разведке месторождений скважины обычно забуриваются в направлении разведочных линий или по профилям, а поэтому азимут заложения скважин в основном совпадает с азимутами разведочных профилей.

Координаты любой точки оси ствола прямолинейной скважины (в декартовой системе координат) можно определить по формулам:

$$\begin{cases} x_a = x_0 + L_a \sin \theta_0 \cos \alpha_0; \\ y_a = y_0 + L_a \sin \theta_0 \sin \alpha_0; \\ z_a = z_0 + L_a \cos \theta_0; \end{cases}$$

Углы определяют по данным *инклинометрических замеров*, проводимых в стволе через интервалы определенной длины (обычно 5, 10, 20, 40 или 50 м). В каждой точке на определенной глубине измеряют зенитный – θ и азимутальный углы – α .

Практика буровых работ показала, что все скважины в процессе бурения искривляются в той или иной мере. Если искривление скважины происходит самопроизвольно, то такое искривление называется *естественным*, если осуществляется преднамеренно, – с целью решения какой-либо технической задачи, – то *искусственным*.

Если в процессе искривления происходит изменение только зенитного или азимутального угла, то такое искривление называется *плоским*. Если скважина при изменении азимута сохраняет свой зенитный

угол, то её трасса получает вид *спирали*, а при постоянной интенсивности азимутального искривления – *винтовой линии*.

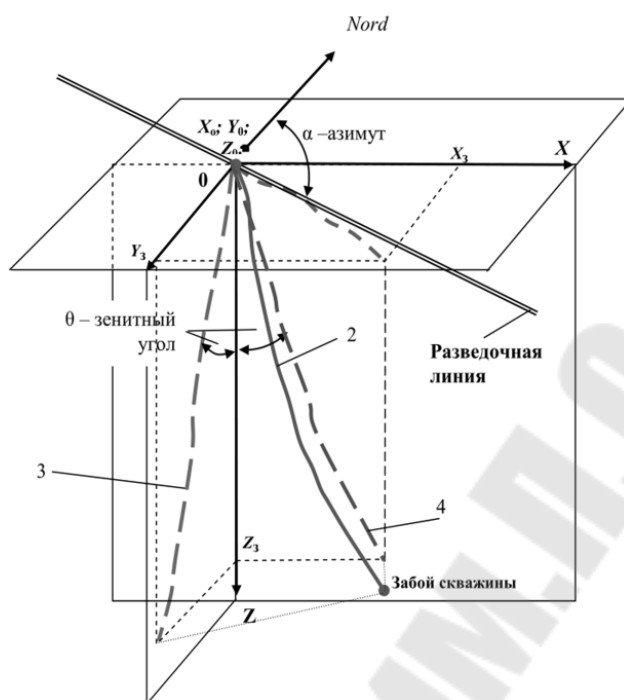


Рисунок 2.47 – Графическое изображение скважины в декартовой системе координат, где:

- 1 – инклинограмма (план скважины);
- 2 – ось скважины (пространственная траектория);
- 3 – профиль скважины на плоскости YOZ;
- 4 – профиль скважины на плоскости XOZ.

Изменение угла искривления (зенитного или азимутального) на определенном интервале называется приращением искривления на интервале. Отношение приращения зенитного или азимутального искривления на интервале к длине этого интервала называется *интенсивностью искривления* по зенитному или азимутальному углам.

Согласно схеме на рисунке 2.48 интенсивность искривления на участке АВ составит следующее значение:

$$i_{\theta} = \frac{\Delta\theta}{l} \text{ [град/м];}$$

$$i_{\alpha} = \frac{\Delta\alpha \sin\theta}{l} \text{ [град/м].}$$

Интенсивность искривления (кривизна скважины) i – однонаправленное изменение пространственного угла искривления скважины на определенном интервале ствола. Интенсивность искривления идентична понятию кривизна, используемому в математике. Кривизна линии определяется отношением угла $\Delta\theta$ поворота касательной, приходящейся

на единицу пути, пройденной касательной из точки A в точку B (рисунок 2.47), к длине этой дуги $A\Delta L$.

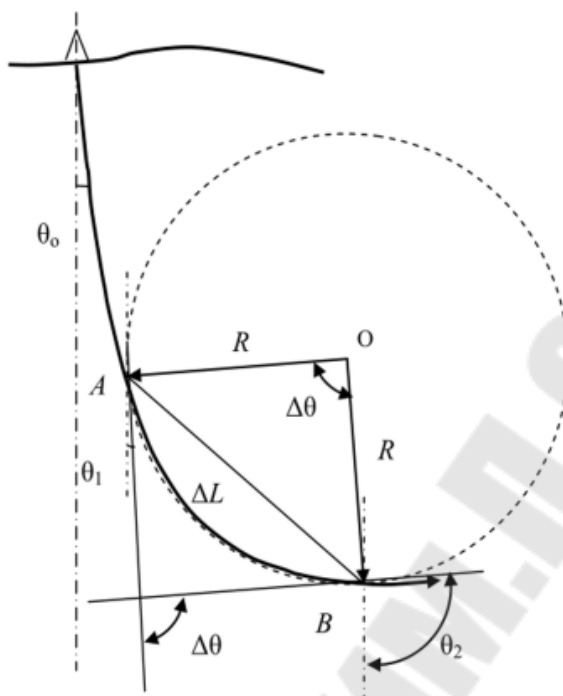


Рисунок 2.48 – Схема определения зенитного искривления и кривизны скважины

Таким образом, кривизна дуги AB будет равна:

$$K = \frac{\lim \Delta \theta}{\Delta L}$$

В направленном бурении для определения интенсивности искривления используется кривизна дуги окружности, например, радиуса R (рисунок 2.47). Кривизна дуги окружности и радиус кривизны дуги окружности – взаимнообразные величины:

$$K = \frac{1}{R}$$

Радиус кривизны скважины – величина обратная кривизне или интенсивности искривления скважины и определяемая как радиус дуги окружности, кривизна которой тождественна кривизне участка ствола скважины. При расчете интенсивности искривления возможны следующие варианты:

- изменяется только зенитный угол;
- изменяется только азимутальный угол;
- изменяются одновременно и зенитный, и азимутальный углы.

В первом случае интенсивность искривления можно определить через приращение зенитного угла, во втором – азимута. В третьем случае для расчета интенсивности искривления первоначально определяют приращение пространственного угла искривления на интервале ствола скважины, используя формулу А. Лубинского:

$$\Delta\gamma = 2 \arcsin \sqrt{\sin^2 \frac{\theta_{i+1} - \theta_i}{2} + \sin^2 \frac{\alpha_{i+1} - \alpha_i}{2} \sin \theta_{i+1} \sin \theta_i},$$

Найдя приращение полного угла искривления, можно определить среднюю интенсивность искривления на интервале:

$$i_{\text{ср}} = \frac{\Delta\gamma}{l},$$

а затем величину среднего радиуса кривизны, используя аналитическую связь кривизны и радиуса кривизны скважины:

$$R = \frac{57.3}{i_{\text{ср}}}.$$

Определение отхода забоя скважины или любой другой точки на оси скважины от вертикали или от проектной трассы на какой-то определенной глубине производят по формуле:

$$S = \sqrt{(X_3 - X_{\text{пр}})^2 + (Y_3 - Y_{\text{пр}})^2 + (Z_3 - Z_{\text{пр}})^2},$$

где: X_3, Y_3, Z_3 – координаты забоя или иной точки на оси скважины; $X_{\text{пр}}, Y_{\text{пр}}, Z_{\text{пр}}$ – координаты пересечения проектной трассы скважины (вертикали) с выбранной плоскостью, которой может являться либо плоскость тела полезного ископаемого, либо горизонтальная плоскость, м. Для определения координат забоя скважины рекомендуется использовать следующие формулы:

$$\begin{aligned} \Delta X_i &= X_0 + l \sin \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2} \cos \frac{\alpha_i + \alpha_{i+1}}{2}; \\ \Delta Y_i &= Y_0 + l \sin \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2} \sin \frac{\alpha_i + \alpha_{i+1}}{2}; \\ \Delta Z_i &= Z_0 + l \cos \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2}, \end{aligned}$$

где X_0, Y_0, Z_0 – координаты устья скважины. Шаг инклинометрических замеров при бурении нефтяных и газовых скважин может составлять 20-30 м при искривлении скважин отклонителями, например, для

исправления угла наклона или азимута и 200-300 м при стабилизации направления ствола скважины для оценки степени естественного искривления ствола. Координаты забоя определяются путем суммирования полученных значений координат X , Y и Z .

Интенсивность искривления и радиус кривизны рассчитывают на одном интервале ствола скважины, имеющего искривление одного направления. По полученным значениям координат ствола скважины строят профиль (рисунок 2.49, а) и инклинограмму скважины (рисунок 2.48, б). По значениям зенитного и азимутального углов можно построить *годограф* скважины (рисунок 2.50), по которому определяют значение угла набора кривизны или на всем интервале искривления скважины или на отдельных его участках.

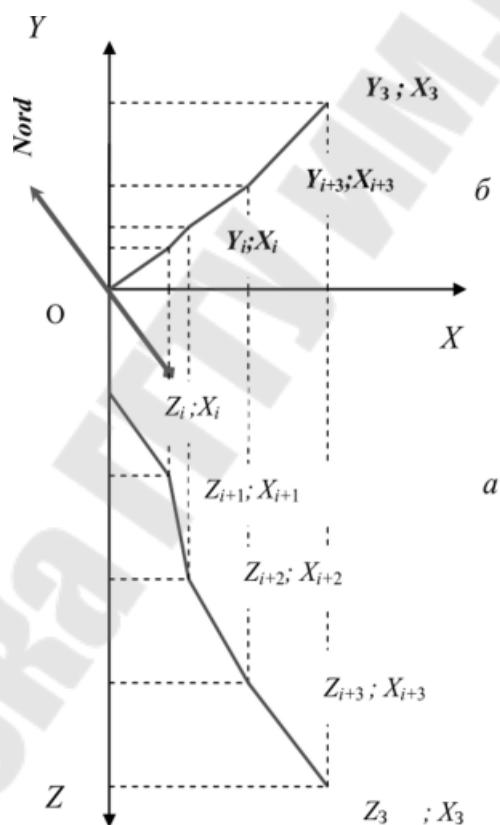


Рисунок 2.49 – Профиль и инклинограмма (план) скважины

Годограф скважины строится по данным инклинометрических замеров в масштабе для значений зенитного угла, например, 1 см = 1 град (отрезки OA , OB , OC , OD , OE на рисунок 2.49). В то же время указанные отрезки направляют под углами к северному направлению, которые равны значениям азимутальных углов. Отрезки AE , AC и CE с учетом масштаба

позволяют определить значения полных углов искривления на соответствующих интервалах ствола скважины.

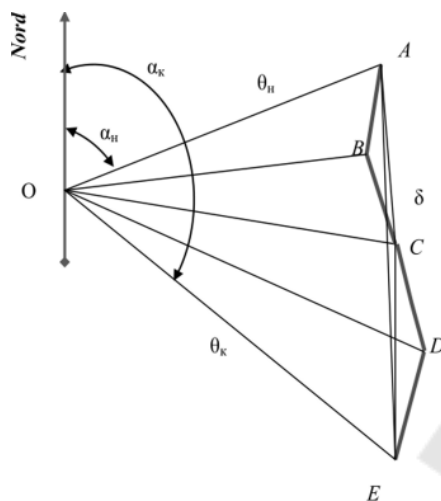


Рисунок 2.50 – Векторная диаграмма (годограф) искривления скважины

OA, OB, OC, OD, OE – значения зенитных углов скважины представленные в линейном масштабе, например, $1 \text{ см} = 1$;

AE – усредненный пространственный угол искривления скважины на интервале бурения от точки A до точки E .

2.6 Маркшейдерские работы при монтаже буровой вышки

2.6.1 Процесс монтажа буровой вышки

Буровая вышка – это сооружение над скважиной для спуска и подъема бурового инструмента, забойных двигателей, бурильных и обсадных труб, размещения бурильных свечей (соединение двух-трех бурильных труб между собой длиной 25...36 м) после подъема их из скважины и защиты буровой бригады от ветра и атмосферных осадков. В бурении применяют вышки двух типов: башенные и мачтовые (А-образные, П-образные). Башенные вышки имеют четыре несущие ноги, связанные решеткой в единую пространственную систему в виде четырехгранной усеченной пирамиды, Они имеют четыре опоры, которыми устанавливаются на фундамент или на основания. Такие вышки изготавливают отдельными секциями из труб или профильного проката. Каждая секция состоит из отдельных деталей: четырех ног, поясов, соединяющих ноги секций в верхней и нижней частях, и диагональных тяг или раскосов в зависимости от конструкции вышки. При сборке детали вышки соединяют болтами. У вышек высотой 41 м верхнее основание равно 2×2 м, а нижнее 8×8 м. Нижнее основание у вышек высотой 53 м равно 10×10 м. Ноги нижней и верхней секций вышек имеют опорные

плиты, которыми они крепятся к основанию при помощи болтов. На плиты верхних секций устанавливают подкранблочную раму. Внизу в передней (со стороны приемного моста) и задней гранях вышек имеются ворота высотой 10,5—12 м, состоящие из двух полураскосов. Вышки высотой 41 м оборудуют одним балконом, а высотой 53 м двумя балконами на внешних гранях вышки, которые служат укрытием для второго помощника бурильщика во время спуско-подъемных операций. На балконе устанавливают люльку для работы верхового и пальцы для установки бурильных свечей. По исполнению основных несущих элементов (ног, поясов) – вышки можно подразделить на трубные и из профильного проката. Современные конструкции трубных вышек имеют ряд преимуществ перед профильными. В них гораздо меньше болтовых соединений, они имеют меньшую массу и основные элементы таких вышек при перевозке более устойчивы к деформациям. Устойчивость вышки в вертикальной плоскости, перпендикулярной к плоскости ферм, обеспечивается двумя подкосами из труб. В верхней части подкосы шарнирно соединены с мачтами вышки, а в нижней части – с опорами, установленными на основании. Для центрирования вышки в плоскости, перпендикулярной к плоскости ферм, опоры могут перемещаться по направляющим при помощи винтов. В плоскости ферм вышку центрируют при помощи винтовых стяжек, расположенных в верхней части мачты. В качестве элемента, поддерживающего вышку в вертикальном положении, в большинстве вышек применяют козлы или поперечную раму (портал). Портал монтируется на подвысечных основаниях и крепится к мачтам ног вышки с помощью горизонтальных фиксаторов. Он также используется как приспособление для подъема вышки в вертикальное положение. К мачтам вышки на определенной высоте крепят балкон с двумя люльками для второго помощника бурильщика и пальцами для установки свечей или площадку для механизма расстановки свечей АСП и магазины для установки свечей. Одна из ног вышки с внешней стороны от пола буровой до балкона оборудована маршевыми лестницами с переходными площадками, а от балкона до кронблока – лестницами тоннельного типа внутри ферм секций. В некоторых конструкциях вышек с прямоугольным сечением мачт маршевые лестницы и переходные площадки расположены внутри ферм секций.

Для предотвращения случайного падения свечей в сторону приемного моста или лебедки на мачтах установлены предохранительные пояса. Вышки мачтового типа по сравнению с башенными вышками имеют ряд преимуществ: на их изготовление тратится меньше металла, они имеют меньшее число деталей, что упрощает и ускоряет сборку и разборку

вышек. Открытое пространство между мачтами позволяет удобнее вести вспомогательные работы. По конструктивной схеме и способу монтажа все мачтовые вышки идентичны.

Монтаж буровой вышки

Буровые вышки башенного типа можно собирать четырьмя способами:

1) подвесной монтажной стрелой, которую перемещают по собранным

секциям вышки для сборки последующих секций, методом «снизу-вверх»;

2) двумя шагающими стрелами также методом «снизу-вверх»;

3) сборкой вышки в горизонтальном положении с последующим ее подъемом в вертикальное положение;

4) при помощи вышечных подъемников методом «сверху-вниз», когда

вначале собирают верхнюю секцию, а в последнюю очередь – нижнюю.

Способ сборки вышек вышечными подъемниками является основным широко применяемым в настоящее время. Этим способом вышки башенного типа можно собирать как на подвышечных основаниях, так и непосредственно на фундаментах. Наиболее распространенным методом монтажа вышек башенного типа является метод «сверху вниз».

Перед началом монтажа вышки по этому методу на вышечном основании монтируют подъемник. В начале сборки вышки на полу вышечного блока внутри подъемника собирают верхний пояс верхней секции и монтируют на нем подкронблочные балки, козлы, кронблок и подкронблочную площадку, а затем к собранному поясу подвешивают на мягких подвесках элементы ног секции. Собранный пояс надежно закрепляют с помощью хомутов на трубах траверсы подъемника и поднимают его на высоту одной секции. В поднятом положении продолжают сборку верхней секции: элементы ног при помощи хомутов соединяют с верхним поясом, собирают второй пояс и закрепляют диагональные тяги секции. Собранные секции устанавливают на подкладки из брусьев, уложенные на полу вышечного блока, и опускают траверсу подъемника в нижнее положение. К нижнему поясу собранной секции подвешивают на мягких подвесках элементы ног следующей секции. Затем нижний пояс собранной секции надежно закрепляют с помощью хомутов на трубах траверсы, поднимают собранную секцию на определенную высоту и приступают к сборке следующей секции, наращивая ее к предыдущей, поднятой секции.

Одновременно со сборкой несущей конструкции вышки монтируют подкронблочную площадку, балкон, маршевые лестницы, ограждения и пальцы. После окончания сборки вышки подъемник демонтируют, а вышку центрируют относительно центра скважины. Центровку вышки производят, по отвесу, подвешенному к центру подкронблочной площадки, который должен совместиться с точкой пересечения шнуров, натянутых по диагонали между ногами вышки. Вышки башенного типа разбираются при помощи подъемников в последовательности, обратной сборке. Вышки А-образного типа собираются на земле в горизонтальном положении.

2.6.2 Испытание буровых вышек всех типов

После окончания установленного заводом-изготовителем расчетного срока службы (обычно в паспорте вышки указано 10 лет) буровые вышки должна осматривать комиссия и подвергать их испытанию по утвержденной методике (инструкции). Периодичность проверки технического состояния и испытания вышек определяет комиссия.

Для проведения подготовительных работ и испытания буровых вышек предприятие-владелец силами служб аппарата управления осуществляет разработку и утверждение *следующих документов*:

- Приказ «Испытание буровых вышек и продление их срока службы»;
- создание комиссии под председательством (руководством) главного инженера, включая в нее специалистов служб главного механика, энергетика, вышкостроения, базы производственного обслуживания для работы в комиссии и приглашение инспектора местного органа Госгортехнадзора;

- «Инструкция по проведению испытания буровых вышек в промышленных условиях», согласованная с местной инспекцией Госгортехнадзора и утвержденная главным инженером предприятия;

- Положение (или методические указания) о периодичности проверки технического состояния и испытания буровых вышек (перечисление шифров) после окончания расчетного (нормативного) срока службы, утвержденное главным инженером предприятия.

Цель испытания – определение способности вышки надежно выдерживать допускаемую (паспортную) нагрузку на крюке после окончания расчетного срока службы. Статическое испытание должно производиться на нагрузку, превышающую на 20% допускаемую паспортную нагрузку на крюке. Подготовка к проведению испытания буровой вышки проводится под руководством главного инженера или назначенного им специалиста из числа членов комиссии (обычно главного механика). Главный механик (заместитель председателя комиссии по

испытанию буровых вытек) в период подготовки проверяет и дает распоряжения:

- подготовить оснастку для испытания вышки (канат закоряющий, комплект однороликовых блоков, комплект огибающих основание стропов, съемных опор, вспомогательной тяговой оснастки и других элементов по перечню);

- проверяет наличие и надлежащее оформление следующих документов:

- паспорт на вышку;

- паспорт на кронблок;

- паспорт на талевый блок (крюкоблок);

- паспорт на крюк или автоматический элеватор;

- паспорт на буровую лебедку;

- сертификаты на канаты: заякоряющей петли, огибающих стропов, оснастки талевой системы буровой установки, вспомогательной тяговой оснастки;

- паспорта и тарировочные таблицы на применяемые КИП (контрольно-измерительные приборы);

- акт о проверке технического состояния вышки;

- необходимые для работы комиссии бланки:

- акт проверки технического состояния буровой вышки;

- акт о промысловых испытаниях буровой вышки;

- бланк записи показаний ГИВ-6, замеров деформации (просадки) и боковых отклонений вышки по этапам испытаний;

- диаграммы индикаторные.

Необходимо подготовить:

- два индикатора веса (показывающий и контрольный) под канат оснастки буровой установки, вышка которой подлежит испытанию; причем обеспечить тарировкой показания испытательной нагрузки на 90-м делении, сделав цветные наклейки полос на циферблате показывающего прибора по трем этапам испытаний.

- подготовить нивелирные рейки, прибор замера деформаций и отклонений вышки, бинокль для руководителя испытания.

Также необходимо организовать толщинометрию несущих элементов вышки в момент ее нахождения в горизонтальном положении при проверке технического состояния; концентрировать сбор информации по результатам осмотра буровой вышки и оборудования, которое будет использовано при ее испытании, проверить устранение обнаруженных дефектов, отмеченных в акте о проверке технического состояния вышки, и организовать его оформление. Затем дать распоряжение на подъем вышки в вертикальное положение и на переход к непосредственной подготовке ее

к испытанию, согласовывая назначение руководителя этих работ по предложению руководителя вышкостроения. Согласовать с председателем комиссии кандидатуру непосредственного руководителя процессом испытания вышки в присутствии комиссии или принять эти обязанности на себя. Обследование металлоконструкций и статическое испытание вышек в промышленных условиях рекомендуется проводить в летний период, в светлое время суток, при благоприятных условиях погоды. Предъявляемая к обследованию вышка, основание, установленное на них оборудование, должны быть очищены от грязи, замазученности, ржавчины. Окраска вышки, основания специально к обследованию не допускается. Осмотр и ремонт буровых вышек желательно проводить, когда они в горизонтальном положении. При проверке технического состояния вышки выявляются изменения геометрических форм вышки и отдельных элементов, ослабления местных сечений, вмятины, трещины, коррозия и другие дефекты. Величина (стрела) прогиба для ног, поясов, подкосов, раскосов вышки (кипенного типа не должна превышать 1,5мм на 1 погонный метр длины, а для секций мачтовых вышек – 1мм и их элементов – 2мм на 1 погонный метр длины. При сохранении прямолинейности трубных элементов допускаются вмятины (без исправлений) площадью S при глубине H :

– для труб диаметром 60...102мм $S = 4 \text{ см}^2$, $H = 5\text{мм}$;

– для труб диаметром 114...180мм $S = 4 \text{ см}^2$, $H = 10\text{мм}$.

Прогибы и вмятины, превышающие допустимые значения, устраняются согласно рекомендациям завода-изготовителя и техническим условиям на эти виды работ. Кроме того, пока вышка находится в горизонтальном положении, производится контроль толщины стенок несущих элементов с помощью ультразвукового толщинометра. Допускаемые минимальные толщины стенок не должны быть менее 80 % от их номинальной величины.

Буровая вышка перед испытанием должна быть отцентрирована. Смещение талевого системы относительно центра ротора свыше 50 мм не допускается.

На кронблочной площадке вышки в двух плоскостях устанавливают и закрепляют нивелирные рейки.

Показывающий и контрольный индикаторы веса, опарированные с учетом диаметра талевого каната в оснастке и величины испытательной нагрузки, должны располагаться за обшивкой буровой в удобном для наблюдения месте.

На территории буровой на расстоянии, превышающем высоту вышки устраивают наблюдательный пункт с геодезическими приборами.

Натяжение талевого системы обеспечивается буровой лебедкой от вспомогательного привода (РПДЭ) или тяговым трактором через вспомогательную оснастку, подсоединенную к переброшенному через барабан лебедки ходовому (ведущему) концу талевого каната и удаленную на расстояние – высота вышки плюс 10 м. Соединение крюка (или автоматического элеватора) талевого системы с опорными частями подвышенного основания осуществляется через петли закоряющего каната с помощью специально подготовленных стропов.

Длина канатной петли L принимается равной 30...45 м для вышек высотой до 41 м и 40...50 м для вышек высотой 53 м; длина стропов 12...15 м. Диаметр каната петли и стропов обычно изготавливают из талевого каната того же диаметра, что в оснастке талевого системы. Тогда коэффициент запаса прочности каната будет не менее 2.

Испытание буровой вышки проводится в три этапа с замером на каждом этапе отклонения наголовника и усадки вышки в нагруженном состоянии и после снятия нагрузки. Все испытательные нагрузки должны выдерживаться в течение 10 мин. После каждого этапа вышка полностью разгружается. Для различных этапов нагружения рекомендуются следующие значения испытательных нагрузок в процентах от допустимой паспортной нагрузки на крюке:

- на первом этапе – 60;
- на втором этапе – 100;
- на третьем этапе – 120.

Допускается остаточное проседание вершины вышки после снятия нагрузки для вышек высотой 41...42 м – 20 мм и высотой 53...54 м – 30 мм. Если остаточное проседание превышает допустимое значение, то комиссия выявляет причины и принимает решение о возможности дальнейшей эксплуатации вышки. Результаты испытания вышки оформляются актом. В акте приводится заключение комиссии о пригодности вышки с указанием срока. К первому экземпляру акта должны прилагаться индикаторные диаграммы и тарифовочные таблицы к ним.

2.7 Наблюдение за движениями земной коры в процессе разработки нефтяных и газовых месторождений

Вопрос организации наблюдений за сдвижением горных пород и земной поверхности на месторождениях углеводородного сырья является одним из наиболее остро стоящих вопросов. По результатам оценки горно-геологических условий разрабатывается проект системы наблюдений.

Предлагается использовать геометрическое нивелирование только на

локальных участках – участках геодинамически активных разломов, на которых применение метода геометрического нивелирования дает максимальный эффект в обеспечении промышленной безопасности. Горизонтальные и вертикальные сдвигения земной поверхности на всей территории месторождения предлагается контролировать методом спутниковых измерений, являющимся наиболее эффективным в данных условиях. Структура системы наблюдений за сдвижением горных пород и земной поверхности (рисунок 2.51) объединяет в единое целое геодезические построения трех уровней, пространственно рассредоточенных на подрабатываемом участке недр:

- базовый пункт (1-й уровень);
- каркасная геодезическая сеть (2-й уровень);
- деформационная сеть (сеть наземных измерений) (3-й уровень).

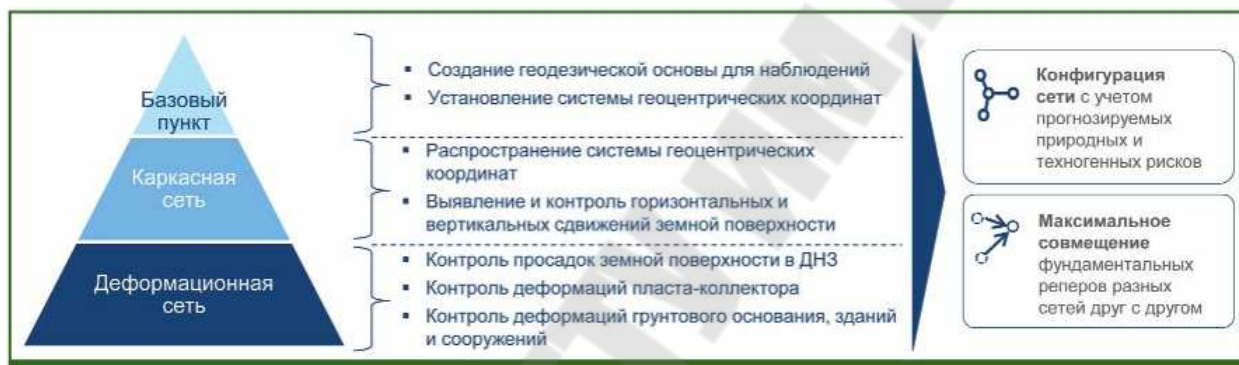


Рисунок 2.51 – Структура системы наблюдений

Пункты указанных построений совмещаются или имеют между собой надежные геодезические связи (рисунок 2.52). Данная структура сети наблюдений позволяет получать информацию о проявленных движениях горных пород и деформациях земной поверхности в целом по месторождению, а также на выделенных опасных геологических участках, и принимать необходимые профилактические и защитные меры.

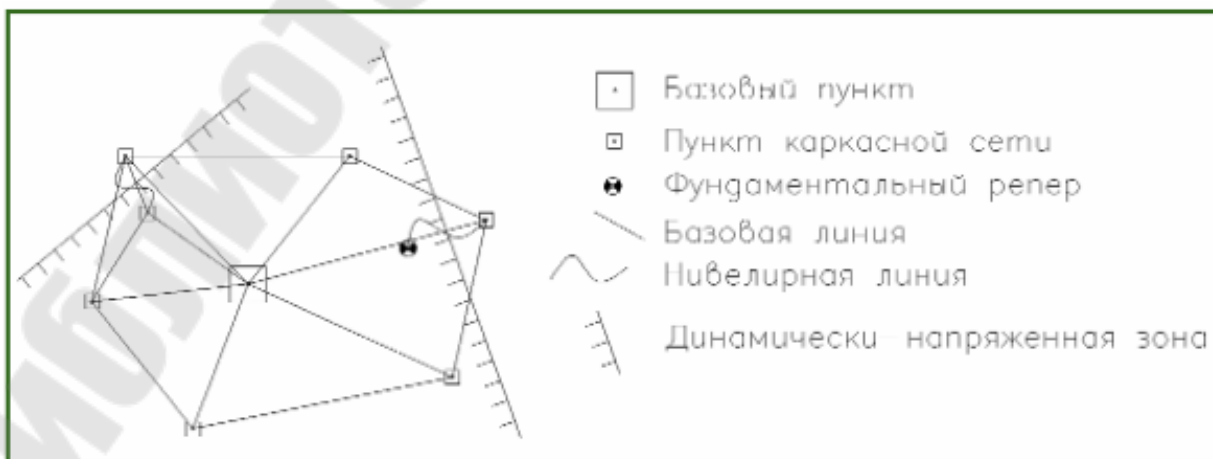


Рисунок 2.52 – Схема сети наблюдений

Линейный алгоритм в виде последовательных шагов описывает процесс проектирования, создания и функционирования системы наблюдений за сдвижением земной поверхности и горных пород на месторождениях нефти и газа. На рисунке 2.53 в форме блок-схемы показано, из каких действий состоит каждый шаг, их последовательность, зависимость каждого следующего шага от предыдущего и конечный результат.

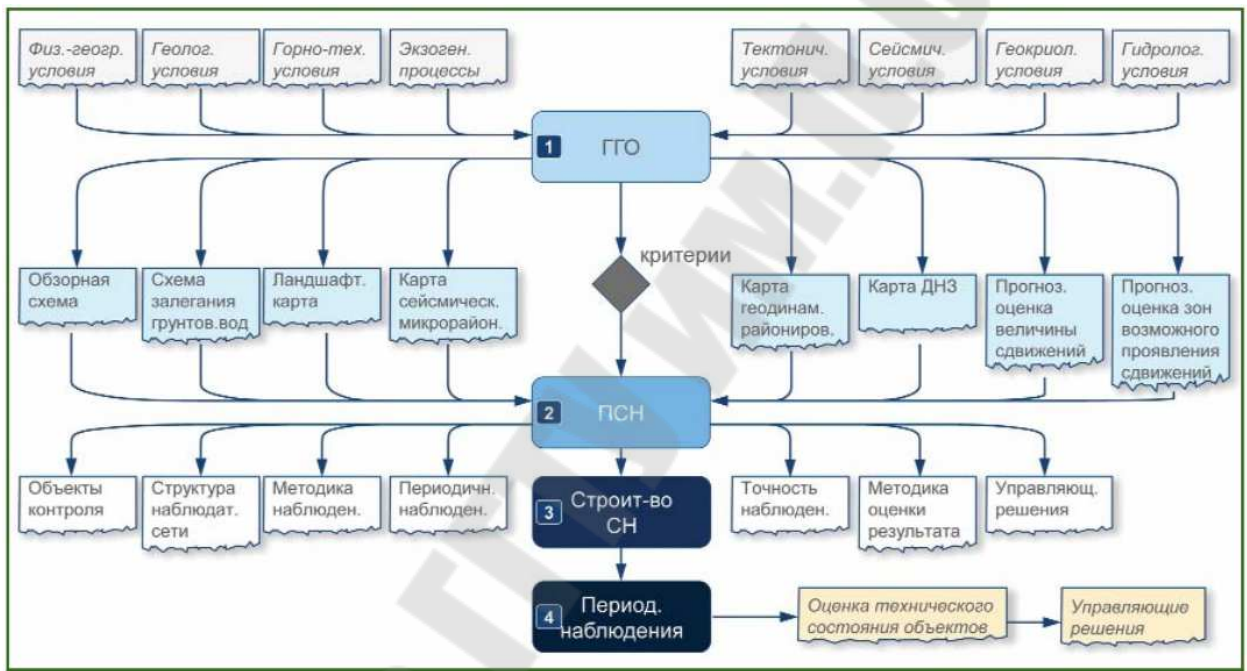


Рисунок 2.53 – Блок-схема алгоритма системы наблюдений

Последовательность действий позволяет предвидеть возможные риски от движений горных пород и земной поверхности для объектов обустройства, стремясь управлять ими. Это достигается за счет того, что на этапе разработки горно-геологического обоснования выделяются объекты, которые расположены в зоне повышенного риска, и для них определяются величины предельно допустимых деформаций, а на этапе проектирования наблюдательная сеть разрабатывается с учетом выделенных рисков для объектов обустройства.

Для выполнения радиолокационной интерферометрии не требуется установка специального оборудования и проведение полевых работ, а использование архивных снимков позволяет исследовать поведение объектов в определенный момент времени. Метод радиолокационной интерферометрии выгодно отличается от других методов наблюдений. В

то же время для получения надежных результатов интерферометрии необходимы контроль и калибровка с применением наземных данных, а также учет условий, ограничивающих применение этого метода.

По результатам многопроходных космических радиолокационных съемок одной и той же территории оцениваются смещения земной поверхности или зданий и сооружений с сантиметровой (для земной поверхности) и даже с миллиметровой (для зданий и сооружений) точностью. Индикатором при определении смещений земной поверхности служит смещение специальным образом выбранных точек, расположенных непосредственно на земной поверхности или на стенах зданий и сооружений. Изменение их пространственно-временного положения обусловлено техногенными и природными факторами (сезонные, геодинамические, геокриологические, карстовые и т. д.), которые проявляются совместно. При этом из суммарной величины смещений невозможно выделить техногенную составляющую без выполнения необходимого комплекса наземных наблюдений на всей контролируемой территории. Деформации земной поверхности, порождаемые природными факторами, при обработке результатов радиолокационных наблюдений без учета наземных работ будут расцениваться как техногенные. Однако они никакого отношения к ним не имеют и должны исключаться из полученных результатов при составлении карт техногенных движений земной поверхности как систематические погрешности повторных инструментальных дистанционных наблюдений. Применение метода радиолокационной интерферометрии для наблюдения за движениями земной поверхности на месторождениях нефти и газа ограничивают следующие условия:

- невозможность выделения техногенной величины смещений (определяется суммарная величина смещений, включающая природные (сезонные, геодинамические, геокриологические, карстовые и т. д.) и техногенные компоненты);

- зависимость от типа подстилающей поверхности (замер смещений невозможен для заболоченных или покрытых снегом территорий, участков, покрытых лесом или имеющих густую луговую растительность);

- наличие территорий с плотной городской застройкой (деформационную картину можно получить только в районах промышленной застройки);

- возможность использования только в качестве дополнительного метода мониторинга (для оценки достоверности полученных данных, которые отягощены влиянием внешних условий, требуется также применение традиционных методов измерений);

- возможность использования только для выявления быстротечных

оседаний (оседаний территорий, характеризующихся скоростями не менее двух дециметров в год).

При подкупающей простоте реализации и быстроте получения результата для детального изучения деформаций земной поверхности метод радиолокационной интерферометрии требует обязательных полевых работ или применения устойчивых отражателей для оценки достоверности полученных данных.

Применение гравиметрического метода обусловлено тем, что плотностные неоднородности в геологических средах находят свое отражение в аномальном гравитационном поле. В проектной документации геодинамических полигонов указывается, что гравиметрический метод применяется для изучения геологического строения территории, а именно, для выделения активных разломов и оконтуривания месторождений и определения их параметров (контроля флюидодинамических процессов). Гравиметрические наблюдения на геодинамических полигонах проектируются и выполняются на всех точках нивелирного хода и/или на опорных реперах сети наблюдений. По сути, структура гравиметрической сети геодинамического полигона представляет собой профильную съемку вдоль линии нивелирования или рекогносцировочную, в случае выполнения съемки на опорных реперах. Профильная или маршрутная гравиметрическая съемка применяется для выделения разломов, а рекогносцировочная – для определения характера изменения силы тяжести на участке.

2.8 Глазомерная съёмка

Глазомерная съёмка – углоначертательная съёмка местности, выполняемая с помощью простейших приборов: планшета с наклеенной на него бумагой и компасом и визирной линейки. При глазомерной съёмке план, хотя и невысокой точности, получают непосредственно на местности. Расстояния измеряют шагами, с помощью шагомера, по спидометру автомобиля, счётчику на велосипеде или просто на глаз, используя таблицы видимости предметов. Направления на объекты чертят на каждой съёмочной точке, установив планшет горизонтально и ориентируя по компасу; выполняют это, прикладывая визирную линейку к изображению данной точки, наводя верхнее ребро линейки на намеченный объект и прочерчивая линию по прилегающей к точке нижней части линейки.

Для создания съёмочной сети прокладывают ход по дорогам, линиям связи, хорошо выраженным контурам. Съёмочные ходы для оценки точности плана делают замкнутыми. Съёмку объектов («ситуации»)

производят также способом засечек в открытой местности, способом перпендикуляров для съёмки линий вблизи хода, съёмкой в створ (дорог, границ, и т.п. линий, пересекающих ход). Производя глазомерную съёмку с первой точки, прочерчивают направление на вторую точку хода и делают засечки всех необходимых объектов, лежащих в стороне. Измерив расстояние до второй точки, его откладывают в масштабе на планшете и со второй точки делают засечки на те же объекты, получая в пересечении линий их изображение. Применяя те или иные способы глазомерной съёмки, снимают в пределах видимости все необходимые объекты и вычерчивают план (рисунок 2.54). Если при глазомерной съёмке предусматривается и съёмка рельефа, то на план предварительно наносят вершины, седловины, водораздельные линии и определяют углы наклона местности эклиметром или её относительные высоты анероидом. Затем одновременно со съёмкой объектов зарисовывают рельеф горизонталями. Глазомерная съёмка производится по маршрутам, как при съёмке полосы местности, так и при съёмке значительных участков. В последнем случае съёмочные маршруты должны охватывать весь участок. Глазомерная съёмка может производиться с использованием топографической карты, при этом на бумаге (планшете) составляется «скелет» плана из основных контуров местности в принятом для съёмки масштабе, а приёмами глазомерная съёмка производится дополнение этого каркаса нужными деталями местности. Глазомерная съёмка используется для получения в масштабах 1:25000 и крупнее планов небольших участков или маршрутов рекогносцировочного характера (в геологических и др. полевых исследованиях) или с целью внесения исправлений и дополнений в топографическую карту. В связи с развитием аэрофотосъёмки, глазомерная съёмка утратила своё значение как быстрый способ получения карт неисследованных районов.

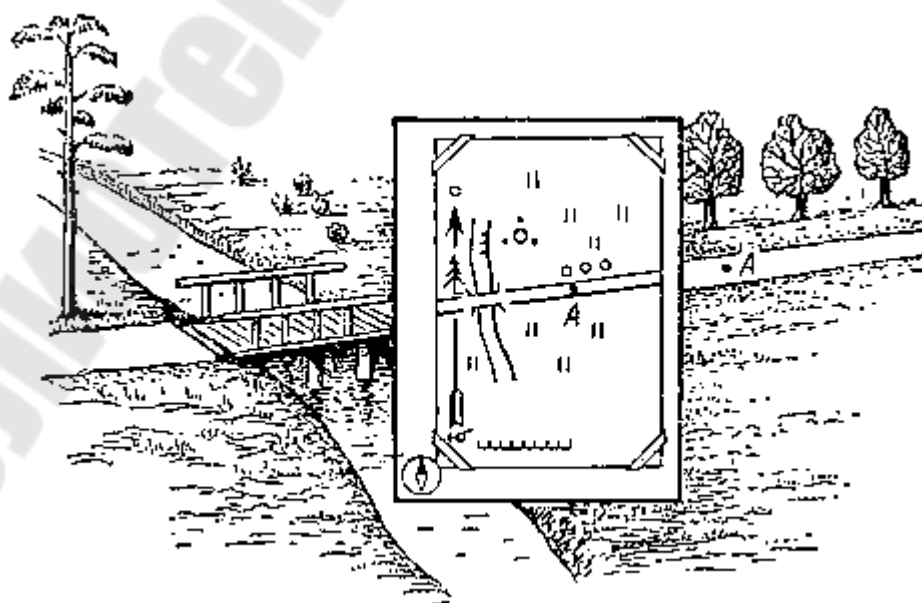


Рисунок 2.54 – Принцип выполнения глазомерной съёмки

Полярный способ (способ полярных координат) – состоит в том, что одну из станций теодолитного хода принимают за полюс, например, станцию А, а положение точки К определяют расстоянием S от полюса до данной точки и полярным углом β между направлением на точку и линией А – В (рисунок 2.55).

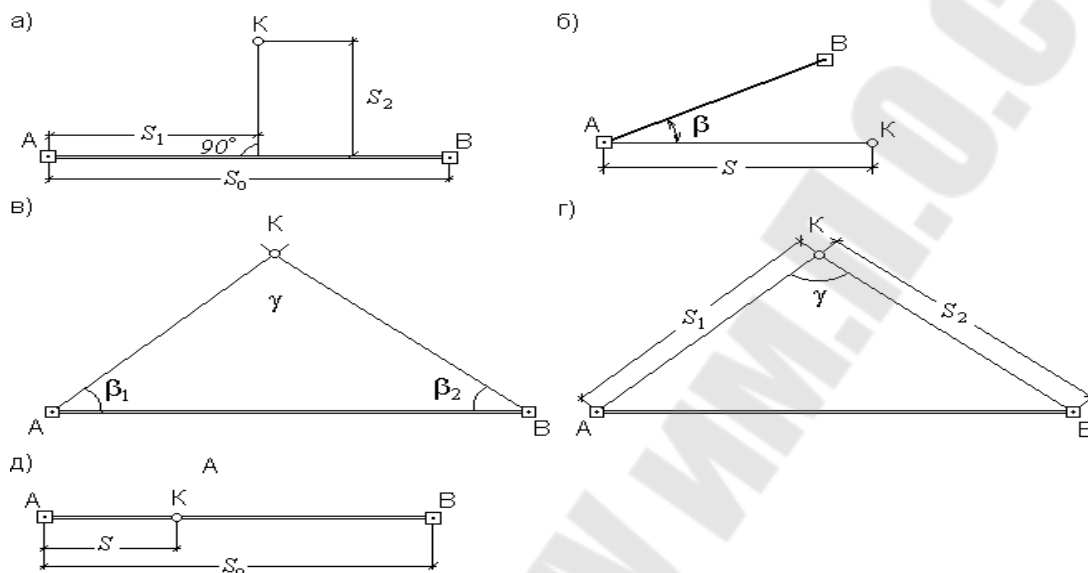


Рисунок 2.55 – Способы съёмки ситуации:
 а – перпендикуляров, б – полярный,
 в – угловых засечек, г – линейных засечек, д – створов.

2.9 Камеральная обработка полевых инженерно-геодезических и маркшейдерских изысканий

Система CREDO_DAT предназначена для автоматизации камеральной обработки полевых инженерно-геодезических, маркшейдерских изысканий, выполняемых при создании опорных геодезических сетей, инженерных изысканий, разведке и добыче полезных ископаемых, геодезическом обеспечении строительства, землеустройстве.

Общая схема обработки данных в CREDO_DAT:

- создание нового или открытие существующего проекта;
- уточнение, при необходимости, сервисных настроек и параметров конфигурации рабочей среды (состав и расположение окон, рабочих команд, параметров отображения элементов в графическом окне);
- уточнение свойств проекта, то есть параметров, присущих каждому отдельному проекту (наименование ведомства и организации, описание

системы координат и высот, используемых при производстве геодезических работ, настройку стандартных классификаторов, задание единиц измерений, учитываемые поправки, параметры уравнивания и другие аналогичные настройки);

- импорт данных или ввод и редактирование данных в табличных редакторах. Система обеспечивает возможность комбинировать способы подготовки данных: импортировать данные по шаблону из текстовых файлов (например, координаты исходных пунктов), импортировать измерения из файлов электронных регистраторов, файлов постобработки ГНСС, вводить данные через табличные редакторы и т.д.;

- предварительная обработка измерений, являющаяся обязательным подготовительным шагом перед уравниванием. Любые изменения проекта не будут учтены при уравнивании, если не выполнена предобработка;

- уравнивание координат пунктов планово-высотного обоснования. Следует обращать особое внимание на настройки параметров уравнивания и априорную точность измерений, которые существенно влияют на качество уравнивания, особенно при совместном уравнивании разнородных сетей;

- подготовка отчетов. Редактор шаблонов позволяет сформировать шаблон выходного документа согласно стандартам предприятия;

- создание чертежей;

- экспорт данных в системы комплекса CREDO, САПР, ГИС, текстовые файлы.

Конфигурация рабочей области моделируется посредством паркуемых окон. Команды управления отображением окон, панелей инструментов, а так же строки состояния содержит главное меню Вид. Выбор команды включает или отключает соответствующие окна. С помощью захвата и перемещений можно выполнить группировку и парковку окон. Окно можно разместить в центральной области главного окна документа, припарковать с любой стороны от центральной области или расположить поверх других окон.

Ввод данных и их обработка в CREDO_DAT

В системе CREDO_DAT данные могут быть введены как с клавиатуры, так и путем импорта различных видов данных, а именно:

- файлов с данными измерений в форматах электронных тахеометров;

- текстовых файлов координат пунктов и измерений в соответствии с настраиваемым пользователем форматом;

- файлов с данными предобработки спутниковых измерений;

- растровых форматов;

- импорт данных непосредственно с прибора.

Обработка введенных данных и измерений выполняется в два этапа: предобработка и уравнивание.

Предварительная обработка данных является обязательным подготовительным шагом перед уравниванием. Основной функцией предобработки является преобразование к единому внутреннему формату данных измерений и параметров проекта, полученных из различных источников и редуцирование измерений.

Перед выполнением уравнивания необходимо выполнить настройку параметров уравнивания.

В процессе предобработки происходит установление связей между наблюдаемыми точками, вычисление и учет поправок в измеренные величины, вычисление предварительных координат пунктов.

Система ОБЪЕМЫ. Система CREDO ОБЪЕМЫ предназначена для моделирования поверхностей и расчетов объемов между поверхностями, выдачи текстовых и графических материалов по результатам расчетов.

Система ОБЪЕМЫ может использоваться:

- для геодезического обеспечения строительства при проведении земляных работ в строительных и дорожных организациях;
- для маркшейдерского обеспечения добычи полезных ископаемых открытым способом;
- для ведения календарных планов учета объемов сырья и строительных материалов на складах производственных предприятий;
- при разработках карьеров.

Исходными данными для работы системы ОБЪЕМЫ являются:

- файлы GDS, содержащие координаты, высоты, имена точек, коды топографических объектов и их атрибуты, сформированные при обработке топографических съемок в системе CREDO_DAT;
- различные проекты, созданные в системах CREDO III и загружаемые из базы данных или импортируемые из других баз посредством файлов в формате PRX;
- данные, подготовленные в программных продуктах CREDO второго поколения (CREDO_TER, CREDO_MIX);
- импортируемые текстовые файлы, содержащие координаты и коды точек;
- данные в формате DXF;
- черно-белые или цветные растровые файлы проектов, карт, планов, аэрофотоснимков;
- проекты, созданные в программе CREDO КОНВЕРТЕР, из файлов системы MapInfo формата MIF/MID.

Основные функциональные возможности системы ОБЪЕМЫ обеспечивают:

– моделирование геометрии объектов плана графическими масками, регионами;

– построение цифровой модели рельефа нерегулярной сеткой треугольников с созданием и учетом структурных линий;

– отображение участков рельефа разными типами в соответствии с настройками стилей поверхностей: горизонталями (с возможностями изменения высоты сечения, создания подписей, бергштрихов), изолиниями, откосами и обрывами (с изменяемым шагом и длиной штрихов);

– формирование разреза по точкам или по линии. Получение информации о координатах в любой точке разреза;

– расчет объемов земляных масс различными методами: для всей перекрывающейся поверхности слоев, в пределах участка, ограниченного произвольно указанным контуром, в пределах региона или площадного объекта;

– создание картограммы земляных масс, формирование по результатам расчетов общей ведомости объемов работ, по сетке квадратов или вдоль трассы с заданным шагом;

– поддержку однострочных и многострочных текстов;

– построение размеров.

Представление результатов работы системы ОБЪЕМЫ обеспечивается цифровой моделью рельефа местности и исполнительными съемками участков работы. Кроме последующего использования собственно самой модели, система обеспечивает:

– выпуск чертежей с использованием шаблонов;

– создание ведомостей объемов;

– экспорт чертежа в формат DXF;

– экспорт созданного проекта (проектов) модели и проектов чертежной модели для обмена данными между базами, используемыми системами CREDO III, в файлы формата PRX.

Базы данных. Все данные в системе ОБЪЕМЫ – геометрия и тематические объекты с семантикой, справочная информация (классификатор, шаблоны чертежей, стили заполнения, штриховки и т.д.) хранятся в базах данных. Используются два типа баз данных: персональная и корпоративная. Персональная база данных может размещаться как на локальном компьютере, так и на любом другом компьютере в рамках локальной сети. Персональная база данных используется при индивидуальной и обособленной (персональной) работе пользователей CREDO. В качестве персональной БД использует файлы формата *.mdb СУБД Microsoft Jet (MS Access). Корпоративная база данных создается для обеспечения одновременного доступа к данным

нескольких пользователей в рамках предприятия или структурного подразделения. Существует возможность обмена данными проектов между базами данных обоих типов, описанная в разделах документации, посвященных импорту и экспорту данных проектов.

Работа с поверхностями в системе ОБЪЕМЫ. Основной способ отображения поверхности рельефа на крупномасштабных топографических картах и планах (стиль представления), будь то лист бумаги или экран монитора, – это горизонтали или линии равных высот. Для представления некоторых форм рельефа, таких как откосы, овраги, обрывы, ямы и тому подобное, на отдельных участках поверхности имеются и специальные графические изображения, которые регламентируются соответствующими нормативными документами (условными знаками). Независимо от стиля отображения моделью поверхности является только треугольная сетка. Это означает, что при определении отметок точек по поверхности, она рассчитывается на треугольной грани модели, но не по горизонталям.

Расчет объемов. Объемы в системе ОБЪЕМЫ рассчитываются между двумя поверхностями, находящимися в различных геометрических слоях. При этом создается отдельный проект Объемы, содержащий данные по объемам насыпи и выемки, данные о границе нулевых работ, текстовую информацию. В проекте Объемы можно создавать сетку объемов и ведомости объемов (общую и по сетке). В пределах одного Набора проектов может создаваться и использоваться произвольное количество проектов типа Объемы, это дает возможность проанализировать выполненный расчет и, если результат не устраивает, удалить проект, внести необходимые корректировки в цифровую модель поверхности и повторно пересчитать объемы. Настройки внешнего вида данных проекта Объемы и настройки текстов оформления выполняются в окне диалога, вызываемом с помощью команды Настройка объемов – в меню Установки.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Абрис – сделанный от руки схематический план участка местности, на котором показываются контуры угодий, местные предметы, результаты измерений, приводятся названия и другие сведения, необходимые для составления точного плана при теодолитной съемке.

Азимут геодезический – двугранный угол, образованный плоскостью геодезического меридиана точки наблюдения и плоскостью, проходящей через нормаль к поверхности референц-эллипсоида в точке наблюдения и данное направление; отсчитывается от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки от 0 до 360°.

Азимут магнитный – Горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления магнитного меридиана до данного направления по ходу часовой стрелки от 0 до 360°. Зависимость между магнитным A_m и истинным α азимутами выражается формулой

$$A_m = \alpha - \delta$$

Где δ – склонение магнитной стрелки, принимаемое к востоку от истинного меридиана со знаком «+» и к западу – со знаком «-».

Анаглифический снимок. Для изготовления анаглифического снимка один снимок стереопары печатают краской одного цвета, другой – на той же подложке, но с некоторым смещением изображения – краской дополнительного цвета. Через анаглифические очки наблюдатель увидит стереоскопическую модель объекта в черно-белых тонах.

Анаглифическая карта печатается так же, как и анаглифический аэрофотоснимок, в двух дополнительных цветах. Одним цветом печатается с обычного издательского оригинала, а дополнительным – со специально изготовленного, на котором все элементы местности вычернены с некоторым сдвигом в зависимости от рельефа местности. На анаглифической карте невозможно наносить ситуацию, поэтому в качестве картографического документа она не пригодна, но может быть использована в качестве учебного пособия при изучении метода изображения рельефа горизонта.

Аномалия силы тяжести – разность Δg между наблюдаемым (действительным) g и нормальным (теоретическим) γ значение силы тяжести, т.е.

$$\Delta g = g - \gamma$$

Нормальное значение силы тяжести находится по географической широте φ и высоте H данной точки. По широте φ вычисляется или выбирается из таблиц значений γ_0 на поверхности уровенного эллипсоида. В величину γ_0 вводится поправка (редукция) $\delta\gamma$ за высоту точки. Высота H точки берется нормальная или геодезическая. В первом случае аномалию называют «смешанной», а во втором – «чистой».

Аэрофотоаппараты топографические предназначены для производства аэрофотосъемки в целях создания топографических карт. Они отличаются высокой точностью построения изображения; размер аэрофотоснимков – 18X18 см; наиболее часто применяемые фокусные расстояния – 70, 100, 140 и 200 мм; фотопленка выравнивается прижимом на стекло, не выравнивание не превышает 20 мкм, стекло входит в расчет объектива; минимальная экспозиция 1:1000 с. АФА т. имеют устройства для регистрации информации, необходимой при фотограмметрической обработке аэрофотоснимков.

АФА разведывательные, к ним относятся:

АФА щелевой. Фотографирование АФА щ. производится не отдельными кадрами, как топографическим АФА, а непрерывно а фотопленку, движущуюся позади неподвижной узкой щели со скоростью, равной скорости движения изображения местности, и в каждый момент фотографируется только узкая полоса местности поперек линии полета. Регулирование экспозиции осуществляется изменением ширины щели. При аэрофотосъемке АФА щ. пленка на продольное перекрытие не расходует. Следовательно, одним фильмом можно заснять маршрут длиной, равной длине пленки, помноженной на знаменатель масштаба съемки. Поэтому аэрофотосъемка АФА щ. с успехом может применяться при изысканиях, связанных со строительством железных и шоссейных дорог, трубопроводов, линий электропередач и во многих других видах народнохозяйственного строительства.

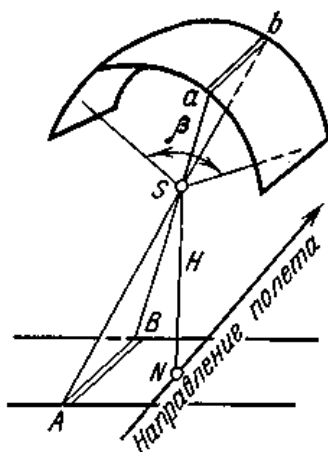
АФА панорамный. В этом АФА фотопленка размещается по цилиндрической поверхности; экспонирование, как и в щелевом АФА, производится через узкую щель.

Пленка в АФА п. во время сканирования находится в неподвижном положении, а перед ее поверхностью движется щель AB и одновременно, как одно целое с ней, вращается объектив так, что его оптическая ось все время перпендикулярна к плоскости щели.

Существуют также АФА п., в которых объектив неподвижен, а сканирование осуществляется с помощью вращающихся призм или зеркал.

Достоинством АФА п. является большой угол поля зрения, что позволяет сфотографировать широкую полосу местности, от горизонта до

горизонта в стороны от линии полета. АФА п. применяется в изыскательских и разведывательных целях.



Аэрофотоснимок – фотографическое изображение местности, полученное с самолета или другого летательного аппарата. В геометрическом отношении А. представляет собой центральную (или иную) проекцию, центром проектирования которой служит задняя узловая точка объектива аэрофотоаппарата (АФА).

Аэрофотосъемка – фотографирование местности с самолета или какого-либо другого летательного аппарата. А. производится для создания топографических карт по аэрофотоснимкам; изучения и учета лесных фондов; проектирования инженерных сооружений; при выполнении геологоразведочных работ и для ряда других народно-хозяйственных целей.

Базис геодезический — расстояние между двумя закрепленными на местности точками, измеренное с высокой точностью и служащее для определения длин сторон *триангуляции*. Базисы геодезической сети 1 класса имеют длину не менее 6 км и измеряются инварными проволоками с относительной ошибкой не более 1:1 500 000.

Барометрическое нивелирование – определение разностей высот точек путем измерения атмосферных давлений в этих точках при помощи барометров. Если в точках 1 и 2 измерить атмосферное давление соответственно B_1 и B_2 , а также температуру воздуха t_1 и t_2 , то разность высот $(H_2 - H_1)$ этих точек может быть найдена по следующей так называемой *приближенной барометрической формуле*:

$$H_2 - H_1 = K_0(1 + \alpha t_{cp})(\lg B_1 - \lg B_2), \quad (a)$$

где коэффициент $K_0 = 18\,470$ (по определению М. В. Певцова);

$$\alpha = \frac{1}{273}; t_{cp} = \frac{1}{2}(t_1 + t_2);$$

$\lg B_1$ и $\lg B_2$ – десятичные логарифмы измеренных значений атмосферного давления, выраженного в мм рт. ст. При использовании таблиц барических ступеней высот формулу (а) представляют в виде

$$H_2 - H_1 = \frac{k}{B_{cp}}(1 + \alpha t_{cp})(B_1 - B_2), \text{ (б)}$$

где $k = K_0 \mu = 18470 \cdot 0,4343 = 8000$ и $B_{cp} = \frac{1}{2}(B_1 + B_2)$.

Величина $\frac{k}{B_{cp}}(1 + \alpha t_{cp})$ называется *барической ступенью высоты*.

Формулы (а) и (б) справедливы для невозмущенного состояния атмосферы, т. е. при условии, что изобарические поверхности параллельны уровненным поверхностям и что атмосферное давление в течение времени перехода с одной точки на другую остается в этих точках неизменным; практически же при условии, что изменение атмосферного давления и температуры при нивелировании происходит пропорционально времени, температурный градиент остается неизменным. Существует несколько способов барометрического нивелирования, основанных на этом условии.

Способ соответствующих наблюдений осуществляется двумя наблюдателями. Сверив в начальной точке показания барометров, термометров и часов, один наблюдатель остается на ней, производит и записывает отсчеты барометра, термометра и часов через равные промежутки времени, например через 30 мин. Второй наблюдатель производит на определяемых точках в моменты измерений такие же отсчеты и записи. Для вычисления разностей высот записанные первым наблюдателем показания барометра и термометра интерполируются на моменты отсчетов второго.

При нивелировании площадей наблюдения производятся в условленные сроки на станции, выбранной в середине района, от которой прокладываются маршруты до определяемых точек, с возвращением на станцию для контроля показаний приборов.

Более точные способы нивелирования учитывают наклоны (возмущения) изобарических поверхностей и изменения температурного градиента.

Башмак (в геометрическом нивелировании) – металлическая подставка в виде диска для установки на нее нивелирной рейки. Вместо башмаков применяют еще забиваемые в землю костыли.

Болотова способ – графический способ определения местоположения на карте четвертой точки по имеющимся на ней трем другим (задача Потенота). Способ применяется, когда требуется перенести с аэрофотоснимков на карту какие-либо точки, которых на ней нет, а также при необходимости определить на карте точку своего стояния на местности. Задача решается при помощи прозрачной бумаги (восковки). На аэрофотоснимок накладывают восковку, и на ней из переносимой точки, как из полюса, прочерчивают направления на три контурные точки снимка, опознанные на карте. Затем восковку накладывают на карту и добиваются такого положения, чтобы прочерченные на ней направления прошли через соответствующие точки на карте. Точка полюса на восковке покажет положение искомой точки на карте. Для определения положения на карте точки своего стояния намечают на восковке, в произвольном месте, точку и визируют через нее на три точки местности, опознанные на карте. После этого накладывают восковку на карту и тем же приемом, как и в случае с аэрофотоснимком, находят положение искомой точки. Б. с. применим и для определения на планшете положения переходной точки при мензуральной съемке.

Исходные три точки следует выбирать так, чтобы углы между прочерченными на восковке направлениями были не менее 60° ; восковка во время визирования должна сохранять неизменное положение. Способ не применим, если определяемая точка находится на одной окружности с исходными.

Буссоль – прибор для измерения на местности магнитных азимутов или румбов. Состоит из кольца с угловыми делениями и магнитной стрелки, вращающейся на острие шпиля в центре кольца. Для визирования Б. имеет диоптры, при измерениях ее устанавливают на штатив, кладут на планшет или держат в руках. Б. проверяется сравнением определений с особо хранящейся нормальной буссолью. Разность между показаниями нормальной и рабочей Б. называется поправкой буссоли.

Круглая Б. или коробчатая ориентир-буссоль обычно имеется в комплекте принадлежностей точных и технических теодолитов. Для определения теодолитом магнитных азимутов его ориентируют, для чего устанавливают алидаду на отсчет $0^\circ 0'$, скрепляют ее зажимным винтом с горизонтальным кругом и вращением всего прибора устанавливают стрелку Б. на отсчет $0^\circ 0'$ (на нулевой диаметр). Если нулевой диаметр Б. параллелен коллимационной плоскости зрительной трубы, то отсчет по лимбу при каком-либо другом азимутальном положении визирной оси трубы будет равен магнитному азимуту линии визирования. Б. при теодолитах проверяются сравнениями с нормальной буссолью или

измерениями по направлениям, магнитные азимуты которых, с учетом суточных и вековых колебаний, известны.

Величины измеренные, вычисленные и постоянные

Все числовые величины, с которыми имеют дело в обычной практике геодезических, топографических и картографических работ, можно разделить на измеренные, вычисленные и постоянные.

Измеренной величиной, а точнее и полнее *измеренным значением величины*, называют числовой результат ее измерения.

Вычисленной величиной называют числовое значение функции измеренных величин. Любую вычисленную функцию результатов измерений можно назвать косвенно измеренной величиной.

Примерами постоянных математических величин могут служить число «пи» – отношение длины окружности к ее диаметру, e – основание натуральных логарифмов.

Величины независимые и зависимые

Независимой в теории ошибок измерений считается такая V , неизбежная малая ошибка которой образуется независимо от ошибок других V , участвующих в данной обработке измерений. V будет *зависимой*, если ее ошибка является функцией ошибок других V , участвующих в данных вычислениях. Результат любого измерения – независимая V . Если третий угол треугольника найден как дополнение до 180° к двум его измеренным углам, то значение такого угла будет зависимой V по отношению к двум измеренным углам. Условие независимости образования ошибок лежит в основе многих правил и формул теории ошибок измерений и способа наименьших квадратов.

От понятия «зависимая величина» необходимо отличать понятие «функциональная связь». *Функциональная связь* между результатами измерений может возникать только при наличии избыточно измеренных величин. Так, например, между двумя измеренными углами треугольника никакой функциональной связи не существует. Избыточно измеренный третий угол даст функциональную связь между результатами измерений: сумма трех углов плоского треугольника должна быть равна 180° ; на этом основании можно подсчитать истинную ошибку.

Величины необходимые и избыточные

Необходимыми называют величины, которые нужно знать (измерить), чтобы однократно найти значения искомых величин. Например, чтобы найти все шесть элементов плоского треугольника, необходимо измерить три его элемента, в числе которых была бы, по крайней мере, одна сторона. При математической обработке геодезических построений необходимые величины называют *необходимыми неизвестными (параметрами)*. Необходимые неизвестные, как и необходимые

измеренные величины, можно выбирать, руководствуясь тем, чтобы последующие вычисления были возможно более простыми. Между необходимыми величинами никаких математических соотношений существовать не может. *Избыточными* называют величины, измеренные сверх необходимых. Если, например, в плоском треугольнике нужно знать величины его углов и с этой целью были измерены все три его угла, то любой один из этих углов будет избыточно измеренной величиной. Избыточно измеренные величины в геодезических построениях позволяют многократно находить значения искомых величин. Каждая избыточно измеренная величина непременно влечет появление математических соотношений между измеренными величинами. В этих соотношениях при подстановке в них измеренных значений величин из-за неизбежных малых ошибок измерений будут возникать *невязки*. Избыточные измерения позволяют обнаруживать промахи и просчеты, судить о точности измерений и найденных значений искомых величин. В практике все величины всегда измеряются многократно, и в геодезических сетях всегда предусматриваются измерения избыточных величин.

Верньер (нониус) – отсчетная шкала для измерений долей делений на равномерной шкале.

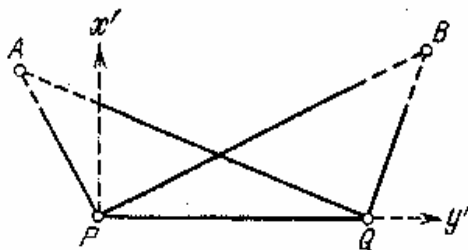
Высота точки земной поверхности есть расстояние до этой точки по отвесной линии до уровенной поверхности, принятой в государственной геодезической сети за исходную (нулевую).

В системе ортометрических высот высоты считаются от поверхности геоида. Но ортометрические высоты практически не могут быть точно определены, так как для их вычисления необходимо знать среднее значение силы тяжести на отрезке отвесной линии между геоидом и данной точкой, что практически недостижимо.

Высота фотографирования — высота полета самолета над некоторой средней уровенной поверхностью снимаемого района. В. ф. (H) устанавливаются в зависимости от заданного масштаба аэрофотосъемки ($1:m$), величины фокусного расстояния АФА (f) и вычисляются по формуле $H = mf$.

В полете В. ф. выдерживается по барометрическому высотомеру; технические требования к аэрофотосъемке, выполняемой для картографирования, допускают отклонение высоты от заданной не более чем на 5%. Высота средней уровенной поверхности определяется по карте как средняя между высшей и низшей точками снимаемого района. Однако если в различных частях района рельеф по своей характеристике различен, то район подразделяется на участки и для каждого участка выбирается своя средняя уровенная поверхность.

Ганзена задача – определение координат двух пунктов P и Q по измеренным на них направлениям на данные пункты A к B и взаимным направлениям PQ и QR .



Гаусса проекция – изображение поверхности эллипсоида на плоскости под следующими условиями, предложенными немецким ученым К.Ф. Гауссом:

- 1) один из меридианов эллипсоида принимается за осевой и изображается на плоскости осью абсцисс (X) с сохранением длин дуг меридиана;
- 2) проекция равноугольна (сохраняет на плоскости углы изображаемых фигур).

Геодезическая задача обратная – задача, в которой по данным координатам двух точек требуется найти расстояние между ними и взаимные направления. Г. з. о. часто встречается в геодезических вычислениях и в навигационных расчетах. В геодезии рассматривается решение задачи на плоскости, сфере и эллипсоиде. Решение на плоскости и сфере выполняют по формулам соответственно плоской и сферической тригонометрии. Для решения задачи на земном эллипсоиде поверхность последнего предварительно изображают в той или иной проекции на сфере или на плоскости, затем решают задачу на этих более простых поверхностях, после чего вносят в результаты поправки за искажения проекции. Математическая сущность задачи заключается в преобразовании плоских прямоугольных или географических координат в полярные. Выбор метода решения задачи зависит от требуемой точности. Формулы для точного решения задачи на поверхности земного эллипсоида настолько сложны, что на практике их более или менее упрощают, поступаясь в той или иной мере строгостью решения.

Геодезическая задача прямая – задача, в которой по данным координатам одной точки, азимуту или дирекционному углу направления с нее на вторую точку и расстоянию между ними требуется найти координаты второй точки и направление с нее на первую.

Геодезическая сеть – система пунктов на земной поверхности, закрепленных на местности специальными знаками и центрами, положение которых определено в плановом отношении и по высоте.

Плановые координаты пунктов Г. с. определяются методами *триангуляции, полигонометрии, трилатерации* и их сочетанием, а положение пунктов по высоте – методами *геометрического и тригонометрического нивелирования*. Г. с. служат плановой и высотной основой для топографических съемок и составления карт, а также для изыскательских и строительных работ, связанных с точными расчетами на местности.

Геодиметр – прибор для измерения расстояний методом светолокации конструкции шведского ученого Бергстранда; относится к светодальномерам фазового типа.

Геоид – фигура Земли, образованная уровенной поверхностью, совпадающей в открытых морях и океанах с их спокойной поверхностью (без волн, приливов и течений) и продолженной под материками. Строгое определение положения поверхности Г. относительно отсчетной поверхности практически невозможно, поэтому при изучении физической поверхности Земли роль вспомогательной поверхности выполняет поверхность *квазигеоида*.

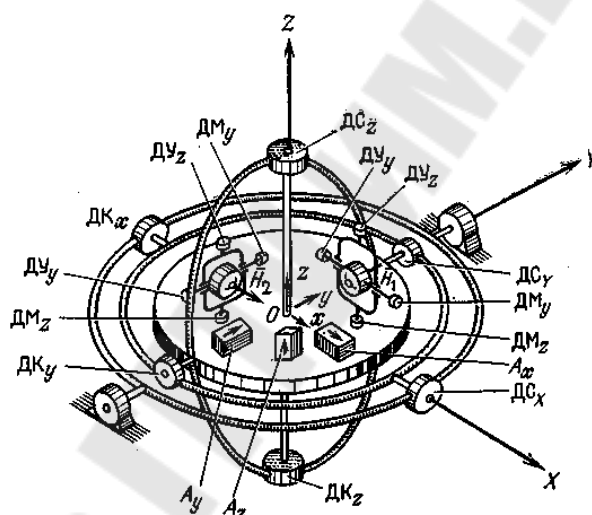
Гипсометрические планы. Горизонтали поверхности залежи принято называть *изогипсами*, а план поверхности залежи – гипсометрическим планом. *Изоглубинами* называются линии равных вертикальных глубин от земной поверхности до висячего бока залежи.

Гироскоп – техническое устройство, главной особенностью которого является чувствительность к поворотам основания в пространстве. По принципиальным основам конструкции Г. могут быть роторными и безроторными. Под *роторными* гироскопами понимают механическое устройство, основу которого составляют быстро вращающиеся динамические симметричные маховики (*ротор*) и его *подвес*, позволяющий оси собственного вращения ротора изменять свое направление в пространстве. Ротором в гироскопах, как правило, служит ротор специального электрического двигателя – *гиромотора*. Помимо гиромотора и системы подвеса в конструкцию роторных гироскопов также входят датчики угла и датчики момента, системы токоподвода и арретирования. Датчики угла предназначены для регистрации поворотов гироскопа, а датчики момента – для наложения на гироскоп внешней силы, стремящегося повернуть гироскоп вокруг какой-либо оси подвеса. Система токопровода должна обеспечивать подвод электропитания к гиромотору при минимальных механических и магнитных воздействиях

на гироскоп. С помощью системы арретирования производится скрепление подвижных деталей гироскопа с его корпусом.

Гироскопическое ориентирование – метод определения *астрономических азимутов* направлений на земной поверхности, в котором измерения производятся *гиротеодолитом*. В геодезическом производстве и маркшейдерском деле наибольшее распространение получили гиротеодолиты, у которых чувствительным элементом служит маятниковый *гироскоп* (приборы этого типа малочувствительны к наклонам корпуса, толчкам, и вибрациям).

Гиротеодолит – геодезический прибор, предназначенный для автономного определения азимутов направлений. Представляет собой угломерный прибор, в котором объединены *гироскоп* как датчик направления меридиана и *теодолит*.



Глазомерная съемка – упрощенный способ топографической съемки с целью быстрого получения наглядного и выразительного, но приближенного по точности схематического плана участка местности. Выполняется иногда в экспедиционных условиях для отображения подробностей местности при отсутствии карты достаточно крупного масштаба, а также при составлении *абриса*.

Голограмма – зарегистрированная светочувствительным материалом интерференционная картина, образованная двумя пучками взаимно когерентного света: предметным и опорным пучками.

Голограмметрия – новое научно-техническое направление, включающее теорию и практику измерения объектов по их *голограммам* и *голографическим стереомоделям*. Г. является комбинацией методов когерентной оптики, фотограмметрии и картографических работ.

Горизонталы (изогипсы) – линии на карте, соединяющие точки земной поверхности с одинаковой высотой.

Град – единица десятичной меры углов, равная 1/100 прямого угла; обозначается буквой *g*. Г. делится на 100° (градовых минут), а 1° – на 100^{cc} (градовых секунд). $1^g = 0,9^\circ = 54' = 3240''$.

Градиент температуры земной атмосферы – мера изменения температуры воздуха с увеличением высоты над земной поверхностью на 1 м.

Графики изолиний мощности залежи – чертежи, на которых графически изображается характер изменения мощности залежи при помощи линий равных мощностей (изомощностей), называются *графиками изолиний мощностей*. Мощность залежи на этих графиках принято относить к точкам висячего бока залежи.

Способы построения планов и графиков изомощностей

Графики и планы изомощностей залежи могут быть построены непосредственным или косвенным способом. При падении залежи под углом до 30 – 40° и разведке ее в основном вертикальными скважинами, как правило, строят план изолиний вертикальных мощностей. При этом исходными данными являются координаты *x*, *y* точек наблюдений (точек встречи скважин с поверхностью висячего бока залежи) и определенные по выходу керна значения вертикальной мощности залежи *m_v*, отнесенные к этим точкам. Кроме того, используются данные, полученные в других разведочных точках.

Для построения плана вертикальных изомощностей поступают следующим образом:

- а) вычерчивают координатную сетку и в заданном масштабе по координатам *x*, *y* наносят все точки наблюдения;
- б) возле этих точек выписывают соответствующие им значения вертикальной мощности залежи, взятые из бурового журнала или определенные тем или иным способом;
- в) производят оконтуривание залежи, если это не сделано при построении других графиков.

Графическая точность – точность измерения расстояния между двумя точками на бумаге при помощи циркуля и масштабной линейки. Опытом установлено, что такие измерения не могут быть выполнены точнее, чем 0,1 мм, поэтому при графических измерениях и построениях величина 0,1 мм считается предельной графической точностью.

Геометризация месторождений полезных ископаемых является прикладной частью отрасли горно-технологической науки, называемой геометрией недр.

Методы геометризации месторождений

Основными методами геометризации месторождений являются методы изолиний, геологических разрезов (сечений) и профилей. Кроме этих основных методов при геометризации сложных залежей применяют метод объемных наглядных графиков. В последние годы при решении некоторых задач стали применять метод математического моделирования с применением ЭВМ.

Метод изолиний получил самое широкое применение на практике, когда изучаемый показатель V меняется в плоскости и в пространстве. Этот метод геометризации часто называют методом графического моделирования, так как изолинии показателя V на чертеже дают весьма наглядное изображение характера изменения этого показателя. Достоинствами метода изолиний кроме наглядности являются простота построения структурных и качественных горно-геометрических графиков.

Метод геологических разрезов и профилей применяется для отображения формы и условия залегания залежи полезного ископаемого в любом вертикальном, горизонтальном и наклонном сечении. Чаще всего строят вертикальные геологические разрезы по простиранию и вкрест простирания залежи.

Этот метод широко применяется при геометризации структуры залежи в начальной стадии разведки. Однако разрезы не могут отобразить характера изменений качественных свойств полезного ископаемого, поэтому при геометризации залежи способ изолиний и способ геологических разрезов рекомендуется применять совместно.

Метод объемных наглядных графиков применяется при структурной и качественной геометризации сложных месторождений. Объемные графики строят в виде аффинных и аксонометрических проекций.

Горно-геометрические графики:

Структурные графики – горно-геометрические графики, дающие наглядное пространственное представление о форме, элементах и условиях залегания, нарушениях и других геометрических особенностях залежи.

Качественные графики – горно-геометрические графики, наглядное пространственное представление о характере изменения качественных свойств полезного ископаемого (например, содержание полезных или вредных компонентов).

Дешифрирование аэрофотоснимков – изучение аэрофотоснимков с целью опознания изображений на них объектов и определения их качественных и количественных характеристик.

Дешифровочные признаки изображений объектов – демаскирующие признаки объектов в том виде, в котором они передаются изображением.

Заложение ската – расстояние на топографической карте между смежными горизонталями, зависящее от принятой *высоты сечения рельефа* на данной карте и крутизны ската в данном месте. Заложение ската является проекцией линии ската на горизонтальную плоскость. По величине заложения ската можно определить в нужном месте крутизну ската.

Измерение горизонтальных углов

Существуют различные способы измерения горизонтальных углов, причем во всех способах углы измеряют многократно. Основными способами измерения горизонтальных углов являются измерение отдельного угла, способ круговых приемов, измерение углов во всех комбинациях и способ повторений.

Интерполирование – отыскание по ряду табличных величин функции ее значения для промежуточного значения аргумента.

Камеральное трассирование – трассирование по топографическим картам.

Камеральное трассирование линейных сооружений производится при технико-экономических и технических изысканиях с целью выбора основного направления и вариантов трассы. Однако на местности со сложным рельефом прибегают к трассированию по крупномасштабным планам и в процессе, полевых изысканий. В зависимости от условий местности камеральное трассирование выполняют или способом попыток, или построением линии заданного уклона.

Способ попыток применяют в равнинной местности на участках вольных ходов. Между фиксированными точками намечают по карте кратчайшую трассу и составляют по ней продольный профиль местности с проектной линией. На основании анализа продольного профиля выявляют участки, в которых трассу целесообразно сдвинуть вправо и влево, чтобы высоты местности ближе подходили к проектным. Эти участки вновь трассируют и составляют улучшенный проект трассы.

В горных условиях на участках напряженных ходов самым распространенным приемом камерального трассирования является нахождение на топографической карте в заданном направлении *линии предельно допустимого уклона* для данной категории трассы или, как его называют, «ход раствором циркуля».

Так как линия нулевых работ обычно представляет собою весьма извилистую кривую, то для размещения основных элементов плана трассы ее спрямляют; затем вписывают кривые, разбивают пикетаж. По горизонталям определяют отметки пикетов и характерных перегибов местности и составляют продольный профиль, по которому проектируют трассу. В местах, где получаются большие объемы земляных работ,

сообразуясь с высотами рельефа на карте, трассу несколько смещают в ту или иную сторону и перепроектируют этот участок.

Беспикетный способ полевого трассирования, при котором разбивают на местности только рельефные и контурные плюсовые точки, измеряя между ними расстояние дальномером и подсчитывая их пикетажные значения по суммам расстояний (нарастающим итогом).

Картографическая (географическая) сетка образуется на карте изображениями линий меридианов и параллелей, проводимых с частотой, устанавливаемой в зависимости от масштаба и назначения карты. На топографических картах крупных и средних масштабов К. с. не прочерчивается, но на внутренних рамках показываются выходы меридианов, и параллелей. К. с. используется для определения по карте географических координат точек местности или для нанесения их по географическим координатам.

Каталог координат геодезических пунктов – систематизированный список пунктов, расположенных на площади листа карты масштаба или на участке района работ, в котором указываются названия и класс пунктов, прямоугольные координаты, абсолютные высоты центров и дирекционные углы направлений на соседние пункты или на специальные ориентирные пункты. Пункты в К. к. г. п. обычно располагаются в порядке убывания их абсцисс. К. к. г. п. сопровождаются схемой геодезической сети, описанием центров и другими сведениями, необходимыми при последующем использовании сети.

Километровая сетка – координатная сетка на топографических картах, проведенная через интервалы, соответствующие определенному числу километров.

Клинометры – приборы, предназначенные для измерения только углов наклона оси скважины на различных ее интервалах, а приборы, измеряющие как углы наклона, так и азимуты оси скважины – инклинометры.

Компас магнитный – прибор, служащий для определения сторон горизонта и измерения на местности магнитных азимутов. Основная часть К. м.— магнитная стрелка, свободно вращающаяся на острие стальной иглы. Под влиянием магнитных сил Земли стрелка сама устанавливается в направлении магнитного меридиана. Практическая точность измерения магнитного азимута компасом порядка 3-5°.

Координатная сетка на топографических картах – сетка, образуемая вертикальными и горизонтальными линиями, параллельными осям прямоугольных координат.

Координатные зоны – ограниченные двумя меридианами части земной поверхности (сфероидические двуугольники), каждая из которых изображается на плоскости совершенно одинаковым образом в плоских прямоугольных координатах в принятой *проекции Гаусса*. Зоны имеют размеры в 6 и 3° по долготе. Средний меридиан зоны изображается на плоскости осью абсцисс X , а экватор — осью ординат Y .

Место зенита (MZ) – отсчет по вертикальному кругу теодолита, если визирная ось зрительной трубы вертикальна и алидада вертикального круга установлена по уровню в положение, которое она занимает при измерении вертикальных углов.

Мощность залежи по различным направлениям:

Нормальная (истинная) мощность залежи – кратчайшее расстояние от заданной точки ее поверхности висячего бока до поверхности лежачего бока.

Горизонтальная мощность залежи – кратчайшее расстояние от той же заданной точки по горизонтальному направлению до поверхности ее лежачего бока.

Вертикальная мощность залежи – расстояние от той же заданной точки по вертикали до поверхности ее лежачего бока.

Мульда сдвижения – участок земной поверхности, подвергшийся сдвигению под влиянием горных разработок.

Наклонение магнитной стрелки – вертикальный угол, образуемый осью магнитной стрелки с горизонтальной плоскостью.

Н. м. с. обусловлено расположением магнитных полюсов в глубине Земли. В северном полушарии вниз наклоняется северный конец стрелки, а в южном – южный. По мере приближения к магнитным полюсам Н. м. с. увеличивается, достигая в полюсах 90°. Влияние Н. м. с. на работу компаса устраняется передвижением специального грузика на стрелке. Характер распределения Н. м. с. по поверхности земного шара изображается на изоклинических картах. *Изоклина* — линия одинаковых значений Н. м. с. Изоклина, соответствующая Н. м. с. 0°, называется магнитным экватором.

Нивелирование – определение высот точек земной поверхности относительно некоторой избранной точки или над уровнем моря.

Нивелирование геометрическое – метод определения разностей высот точек посредством горизонтального визирного луча, получаемого при помощи нивелира.

Ортодромия – линия кратчайшего расстояния между двумя точками на поверхности земного шара или эллипсоида. Название «ортодромия»

принято в навигации и картографии; в математике и геодезии линии кратчайшего расстояния называются «геодезическими».

Отвесная линия – направление вектора силы тяжести в данной точке. Направление $O. л.$ характеризуется астрономическими координатами – широтой φ и долготой λ , определяемыми из астрономических наблюдений.

Отклонение магнитной стрелки – угол, образованный вертикальной линией (линией абсцисс) координатной сетки топографической карты и направлением магнитного меридиана.

Ошибки измерений – отклонения результатов измерений от истинных или более точных значений измеренных величин ошибок измерений неизбежно возникают при любых измерениях вследствие влияния непрерывных изменений (колебаний) всех факторов, участвующих в образовании результата измерения, и именно таких по своей величине изменений, воздействовать на которые нет практической возможности в каждом данном измерении. Этими изменяющимися факторами являются измерительный прибор и его детали, объект измерений, наши органы чувств, внешние условия и т. д. Влияние этих изменяющихся факторов обуславливает неизбежные малые различия между собой результатов измерений, а следовательно, и отклонения их от точных значений измеренных величин. По характеру закономерностей действия этих источников ошибок измерений разделяют на два основных вида – *ошибки случайные* и *ошибки систематические*. Суммарное действие различных источников ошибок измерений называют *полной ошибкой результата измерений*.

Знак ошибок измерений устанавливается по правилу вычитания – «измеренное значение минус более точное». У термина «ошибка» в русском языке имеется синоним «погрешность».

Ошибки систематические – ошибки, возникающие в случаях, когда некоторые источники ошибок влияют на результат измерения не в случайной форме, а по определенному функциональному закону действия этих источников. При повторении измерений вполне одинаковым образом величина систематической ошибки в существенной ее части будет оставаться постоянной, но лишь в той мере, в какой будут сохраняться условия, порождающие ее возникновение. $O. с.$, вообще говоря, не имеют компенсационного свойства и подлежат обнаружению и исключению из результатов измерений введением поправок или соответственно разработанными способами измерений. Случайное отклонение величины систематической ошибки от величины поправки называют остаточным действием систематической ошибки.

Ошибки случайные – ошибки, возникающие вследствие того, что объект измерений, мерный прибор, среда и другие факторы, участвующие в образовании результатов измерений, всегда претерпевают в процессе измерений изменения (колебания), влекущие за собой элементарные малые изменения результатов. Эти элементарные изменения суммируются в результатах измерений случайно, но с различной вероятностью той или иной их комбинации. Очевидно, например, что быть в результате отдельного измерения всем элементарным изменениям однозначными, т. е. всем положительными или отрицательными, менее вероятно, чем разнозначными. Суммарно эти элементарные изменения образуют в каждом отдельном измерении случайную часть полной ошибки его результата. Ослабить влияние этих малых изменений можно лишь до некоторого предела в каждом данных измерениях, и так как та или иная их комбинация всегда будет иметь место, то случайные по абсолютной величине и знаку ошибки оказываются неизбежными во всяких измерениях. Предельные величины ошибок зависят от точности приборов, качества внешних условий и опытности измеряющих. Чем точнее прибор, благоприятнее условия и опытнее наблюдатель, тем меньше амплитуды колебаний результатов измерений. Закономерность распределения O . с. обнаруживается при массовых испытаниях; при небольшом же ряде измерений она не выявляется, так как невозможно установить, какие причины и как действуют при образовании ошибок единичных измерений. Практикой установлено, что ряды случайных ошибок равноточных геодезических измерений подчиняются закону нормального распределения ошибок и обладают свойством компенсации: среднее арифметическое из ряда ошибок при возрастании числа измерений стремится к нулю.

Планы – проекции объектов земной поверхности и горных выработок, составленные в ортогональной проекции на горизонтальную плоскость с указанием на них числовых отметок (координат z) отдельных точек или горизонталей изображаемой поверхности.

Поверки нивелира – обследование прибора, устанавливающее, удовлетворяет ли он геометрическим и конструктивным требованиям, соблюдение которых необходимо для приведения линии визирования в горизонтальное положение. Содержание и порядок поверок и юстировок зависят от типа нивелира.

Поверки теодолита – обследование прибора, устанавливающее, удовлетворяет ли он следующим геометрическим и конструктивным требованиям, соблюдение которых необходимо для измерения горизонтальных и вертикальных углов.

Поле невидимости – участок местности в каком-либо секторе обзора, невидимый из-за складок рельефа или скрытый за местными предметами. П. н. может быть определено по крупномасштабной топографической карте путем построения профилей по направлениям, исходящим из точки наблюдения.

Полезная площадь аэрофотоснимка – центральная часть аэрофотоснимка, ограниченная линиями, проходящими через середины перекрытий между смежными аэрофотоснимками.

Полигонометрия – метод определения положения геодезических пунктов путем проложения на местности ломаной линии (полигонометрического хода) или системы связанных между собой ломаных линий (полигонометрической сети), в которых измеряются все углы и стороны.

Привязка геодезической сети – включение в создаваемую сеть элементов ранее проложенной сети в качестве исходной основы или с целью присоединения к ней.

Принцип наименьших квадратов – математическое условие, налагаемое на отыскиваемую совокупность поправок v к приближенным значениям математически связанных между собой искомым величин, например, к результатам измерений, состоящее в требовании, чтобы сумма квадратов поправок была минимальной, т. е. чтобы

$$[v^2]=\min,$$

а при неравноточных результатах – чтобы

$$[pv^2]=\min,$$

где p — веса результатов, к которым отыскиваются поправки v .

Проекция ортогональная – изображение пространственного объекта на плоскости посредством проектирующих лучей, перпендикулярных к плоскости проектирования. Имеет широкое применение в технике. Съёмка топографических карт и планов также производится в П. о., причем уровенная поверхность в пределах листа карты принимается за плоскость, а отвесные линии – перпендикулярными к ней. На топографическую карту (план) наносятся не измеренные на местности наклонные расстояния, а их горизонтальные проложения, и, следовательно, отдельный лист топографической карты (плана) масштабов 1:100 000 и крупнее является ортогональной проекцией изображенной на ней земной поверхности.

П, о. характеризуется двумя основными свойствами (в пределах точности графических построений):

1) расстояния на карте (плане) пропорциональны горизонтальным проложениям соответствующих расстояний на местности и

2) углы с вершиной в любой точке карты (плана) равны соответствующим горизонтальным углам на местности.

Проекции – чертежи, представляющие собой изображение необходимых объектов пространства на плоскости. В маркшейдерской практике используются в основном проекции с числовыми отметками на одну плоскость. Для более наглядного пространственного изображения отдельных участков горных выработок иногда применяют аксонометрические, аффинные и перспективные проекции.

Вертикальные проекции – чертежи, построенные в ортогональной проекции на вертикальную плоскость. К изображению объектов в проекции на вертикальную плоскость прибегают в тех случаях, когда проектирование на горизонтальную плоскость вызывает большие искажения и приводит к неясному или недостаточно наглядному изображению рассматриваемых объектов, например горных выработок, проведенных по крутой залежи. Для устранения искажений размеров горных выработок и других объектов, расположенных на наклонной залежи, плоскость проекции располагают параллельно наклонной плоскости пласта. Такие чертежи называются проекциями на наклонную плоскость.

Профили представляют собой чертежи, изображающие на данной вертикальной секущей плоскости только лишь необходимые линии контура рассматриваемого объекта. Вертикальные секущие плоскости при этом могут проходить через прямые ломаные линии.

Профили строят для изображения характера изменения по высоте какой-либо поверхности, например рельефа местности, нижней границы наносов, почвы или кровли горной выработки в данном направлении. Профили в основном строят вдоль вытянутых объектов, например оси железных и автомобильных дорог, откаточных путей и т. д. Для более наглядного и резкого изображения изменения положения точек по высоте вертикальный масштаб профиля обычно принимают в 10 раз крупнее горизонтального.

Пункт геодезический – пункт геодезической сети, отмеченный на местности заложением в землю центром и возведенным над ним знаком, окопанным канавой. Координаты центра пункта (абсцисса, ордината и абсолютная высота), а также дирекционные углы направлений на ориентирные пункты указываются в геодезических каталогах. Ориентирные пункты отмечаются на местности заложением в землю

центром и установленным на нем деревянным или бетонным столбом, окопанным круглой канавой.

Пункт гравиметрический – пункт гравиметрической сети с известными координатами, в котором проведены измерения элементов гравитационного поля Земли. При возможности гравиметрические пункты совмещают с плановыми или высотными геодезическими пунктами. Значение силы тяжести g и ее точность m_g , координаты B , L , высота H , способ ее определения и точность m_H указываются в каталогах гравиметрических пунктов, составляемых по листам карты масштаба 1:200 000.

Радиогеодезические системы – совокупность нескольких взаимодействующих друг с другом радиотехнических станций, предназначенных для определения одной из них, если положение других известно. Положение станций определяется линейными круговыми (или гиперболическими) засечками или методом *трилатерации*. Существуют Р. с. высокоточные круговые (дальномерные) и гиперболические (разностно-дальномерные) пониженной точности. Высокоточные круговые радиогеодезические системы работают на ультракоротких волнах, поэтому дальность их действия ограничивается пределами прямой геометрической видимости. Рабочий комплект круговой радиогеодезической системы включает две-три наземные станции, работающие как ведомые станции радиодальномера,

Разбивка сооружений является основным видом геодезических работ при вынесении проекта в натуру. Как правило, этот вид работ требует более высокой точности геодезической основы и более тщательных геодезических измерений, чем съемочные работы. В состав разбивочных работ входят построение разбивочной основы в виде триангуляции, полигонометрии, строительной сетки, трилатерации вынесение в натуру от разбивочной основы главных осей сооружений, детальная разбивка для строительства фундаментов, подземных коммуникаций, зданий.

Разрезы представляют собой изображение деталей объектов, расположенных в некоторой секущей плоскости. В состав маркшейдерских чертежей входят вертикальные и горизонтальные разрезы, на которых изображают геологическое строение толщи горных пород и горные выработки. Вертикальные геологические разрезы строят по линиям разведочных и горно-эксплуатационных выработок, а также по направлениям простирания и в крест простирания залежи.

Сущность моделирования

Месторождение можно рассматривать как динамическую систему с изменяющимися параметрами, а геологические процессы – как соответствующие части единой динамической системы, охватывающей

Землю в целом. Широко используются статистические модели в качестве математических аналогов моделей геологических, причем эти модели служат основой для организации и планирования геологических исследований. Под термином *модель* понимают знак, формулу, чертеж, электрическую схему, специально созданный предмет, систему или целое устройство, которые в том или ином отношении имитируют или воспроизводят реально существующий в природе объект, систему или процесс. Моделирование производят на основе теории подобия, определяющей условия, при которых модель и моделируемый объект становятся подобными. Сравнение модели и объекта осуществляется на основе формул-критериев, содержащих множители подобия (отношения свойств модели к соответствующим свойствам моделируемого объекта). Множители подобия делают возможным относить к моделируемому объекту или явлению выводы, полученные на модели. Моделирование как научный метод исследований позволяет в более короткие сроки и с наименьшими затратами получить достаточно полные сведения о закономерностях изучаемых явлений. В гидрогеологии применяется метод электрогидродинамических аналогий, в основе которого лежит моделирование природных процессов. Движение подземного фильтрационного водного потока в пористой среде и движение электрического тока в цепи выражаются аналогичными математическими уравнениями, а это дает возможность смоделировать область фильтрации в виде электрической модели и на ней изучать закономерности подземного фильтрационного потока. Методы моделирования позволяют также прогнозировать работу дренажных устройств, водозабор промышленных вод и водопритоки в горные выработки.

Сфероид (земной) – фигура, которую приняла бы Земля, находясь в состоянии гидростатического равновесия и под влиянием только сил взаимного тяготения ее частиц и центробежной силы ее вращения. Термин *С.* часто применяется в значении «эллипсоид».

Съемка тахеометрическая – топографическая съемка, выполняемая при помощи *тахеометра* обычно в масштабах от 1: 500 до 1: 5000 при сечении рельефа от 0,5 до 2,0 м. Плановой и высотной основой для *С.* т. служат теодолитные и нивелирные ходы, базирующиеся на пунктах опорной геодезической сети. Съемка подробностей производится с точек (называемых «станциями») тахеометрических ходов, прокладываемых между пунктами теодолитных ходов. Плановое положение и высоты речных точек определяются со станций полярным способом. Имеются редуцированные тахеометры, позволяющие измерять горизонтальные расстояния и превышения непосредственно путем отсчетов по механическим или оптическим приспособлениям. При съемке

подробностей на каждой станции ведется абрис, на котором схематически показывают станции, номера речных точек, контуры угодий, местные предметы и названия. Числовые результаты измерений записываются в тахеометрическом журнале. По результатам данных, полученных на станциях, составляется камеральным путем топографический план снимаемого участка местности. Имеются тахеометры-автоматы, позволяющие составлять станционные топографические планы непосредственно на местности.

Съемка теодолитная – горизонтальная съемка местности (съемка без изображения рельефа) в масштабах обычно от 1:500 до 1:10 000, при производстве которой углы измеряются теодолитом, длина линий – мерными линейными приборами или оптическими дальномерами с точностью не ниже 1:1500, в качестве вспомогательных приборов применяются *эккер*, *эклиметр* и *буссоль*. Опорная сеть строится обычно в виде системы теодолитных ходов, с точек которых снимают ситуацию, определяя нужные точки полярным способом, способами перпендикуляров, створов, а также разного рода угловыми, и линейными засечками. Результаты измерений заносят в абрис, пользуясь которым составляют камеральным путем ситуационный план снятого участка местности. При съёмке теодолитной в сочетании с нивелирными (высотными) ходами составляется нивелирный план, на котором рельеф местности изображается горизонталями.

Съемка топографическая – комплекс полевых и камеральных работ, имеющих целью изображение условными знаками в заданном масштабе местных предметов и рельефа участка земной поверхности. С. т. производятся в *ортогональной проекции* в масштабах 1:100 000 и крупнее. Плановой и высотной основой С. т. служат пункты государственных геодезических плановых и высотных сетей.

Съемочная сеть – совокупность точек, определяемых дополнительно к пунктам государственной геодезической сети для непосредственного обеспечения топографических съемок.

Тахеометр – топографический прибор, предназначенный для измерений на местности горизонтальных углов, расстояний и превышений, применяемый при производстве тахеометрических съемок.

Теодолит – геодезический прибор для измерения большинства Т. позволяют измерять и вертикальные углы, но с меньшей точностью, чем горизонтальные.

Топография – научная дисциплина, занимающаяся подробным изучением земной поверхности в геометрическом отношении и

разработкой способов изображения этой поверхности на плоскости в виде *топографических карт* или *планов*.

Топографо-геодезические изыскания – наиболее известный вид работ. Он включает построение на площадке плановых и высотных опорных сетей; крупномасштабную топографическую съемку площадок; трассирование линейных сооружений; геодезическую привязку геологических выработок, гидрологических створов, точек геофизической разведки и др. Топографо-геодезические изыскания служат основой для проектирования сооружений и проведения других видов изысканий и обследований. Широкое развитие здесь получают методы аэроизысканий.

Точность плана – суммарная средняя квадратическая ошибка в плановом и высотном положении изображаемых точек ситуации и рельефа.

Трансформирование аэрофотоснимков – преобразование плановых или перспективных аэрофотоснимков в горизонтальные. В процесс трансформирования входит также приведение аэрофотоснимков к заданному масштабу и уменьшение искажений, обусловливаемых рельефом местности.

Триангуляция – метод определения относительного (взаимного) планового положения геодезических пунктов путем построения на местности систем смежно расположенных треугольников, в которых измеряют их углы, а в сети – длину хотя бы одной стороны, называемой базисом или базисной стороной. Методом триангуляции в сочетании с тригонометрическим нивелированием может определяться положение пунктов и по высоте, но с меньшей точностью, чем нивелированием геометрическим.

Трассой называется ось проектируемого линейного сооружения, обозначенная на местности, нанесенная на топографическую карту и фотоплан или заданная координатами основных точек в цифровой модели местности.

Основными элементами трассы являются: план – ее проекция на горизонтальную плоскость и продольный профиль – вертикальный разрез по проектируемой линии.

Уровенная поверхность

С геометрической точки зрения *уровенная поверхность* – поверхность, пересекающая отвесные линии во всех ее точках под прямым углом; с физической точки зрения *уровенная поверхность* – поверхность, во всех точках которой значение потенциала силы тяжести W одно и то же, т. е.

$$W=C.$$

Потенциал силы тяжести с удалением от центра масс во внешнее пространство принимает бесконечное множество значений, а соответствующие им уровенные поверхности образуют бесконечно большое семейство поверхностей.

Форма и геометрические параметры залежи полезного ископаемого

Залежью полезного ископаемого называется тело, размещенное в массиве горных пород, с промышленным содержанием полезных компонентов. Тело залежи ограничено поверхностями раздела (контактами), которые могут быть действительными или условными.

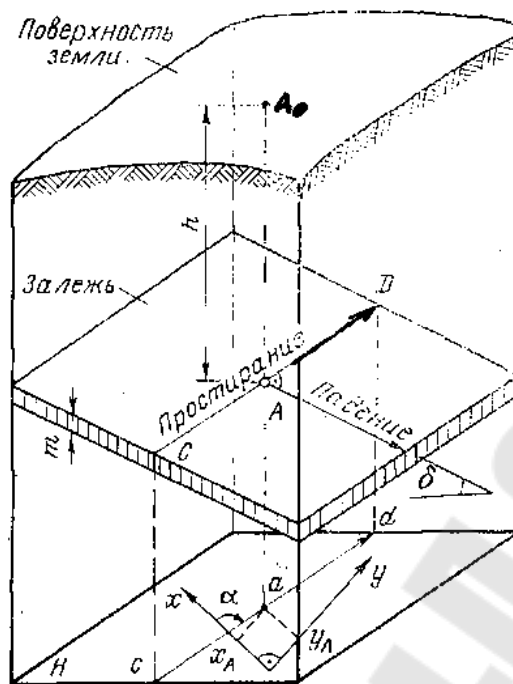
Действительными поверхностями раздела залежи, или поверхностями контакта с вмещающими породами являются, например, поверхности стратиграфических напластований, поверхности магматических внедрений или поверхности разрывных нарушений.

Условные поверхности раздела устанавливаются для вкрапленных руд и россыпных месторождений, когда оруденение не имеет четких границ и содержание полезного компонента в руде по краям залежи постепенно уменьшается. Для таких залежей на основании данных опробований проводят условные поверхности раздела залежи по точкам с заданным бортовым содержанием полезного компонента в руде.

По своей форме залежи подразделяются на *простые и сложные*.

К простым относятся пласты, пластообразные, простые жильные и линзообразные залежи, у которых поверхности раздела для ограниченных участков близки к плоскостям.

Форма и пространственное положение залежи полезного ископаемого в недрах определяются совокупностью линейных и угловых величин, называемых *геометрическими параметрами*.



Линией простирания поверхности залежи называется горизонтальная линия, лежащая на этой поверхности. Иными словами, линия простирания – это горизонталь поверхности залежи. Если горизонтали поверхности залежи представляют на плане кривые линии, это указывает на изменчивость направления простирания поверхности залежи вдоль, этих горизонталей. Направление простирания в любой точке поверхности залежи совпадает с направлением касательной к горизонтали в этой точке.

Линией падения залежи называется линия наибольшего ската поверхности лежащего или висящего ее бока. Направление падения перпендикулярно к направлению простирания залежи в данной точке.

Углом простирания или просто простиранием поверхности залежи в ее точке А называется дирекционный угол α (или азимут) линии простирания AD .

Дирекционный угол (или азимут) линии падения всегда на 90° больше дирекционного угла линии простирания залежи.

Углом падения залежи δ называется вертикальный угол,

составленный линией падения с горизонтальной плоскостью. Угол падения изменяется от 0 до 90° .

Глубиной залегания залежи h в точке А называется расстояние по отвесной линии от поверхности висящего бока залежи до земной поверхности, т. е. $n=AA_0$.

Линией выхода залежи на земную поверхность называется линия на поверхности залежи, во всех точках которой $h=0$

Мощностью залежи m называется расстояние между поверхностями ее висячего и лежащего боков. В зависимости от направлений, по которым измеряются эти расстояния, мощности различаются. Числовые значения геометрических параметров залежи могут быть определены непосредственным и косвенным способами.

Непосредственным называется такой способ определения элементов залегания, когда в естественных или искусственных обнажениях залежи эти элементы измеряются в натуре.

Косвенным называется такой способ определения этих элементов, когда непосредственно измеряются другие, доступные для измерений величины, а по ним графическими построениями или аналитическими вычислениями определяются требуемые значения величин элементов залегания.

Фотограмметрия (измерительная фотография) – техническая дисциплина, в задачу которой входит определение вида и размеров какого-либо объекта путем изучения и измерения не самого объекта, а его фотографического изображения. Наибольшее применение фотограмметрия получила в топографии, где объектом изучения и измерения является местность. Здесь задача фотограмметрии состоит в том, чтобы полевые измерения, необходимые для создания топографической карты, заменить измерениями аэрофотоснимков в камеральных условиях при помощи специальных фотограмметрических приборов. Часть фотограмметрии, в которой изучаются не только способы определения планового положения объектов, но и способы измерения трехмерных объектов, называется стереофотограмметрией, которая занимает в фотограмметрии примерно такое же место, как стереометрия в геометрии. Фотограмметрия является теоретической основой аэрофототопографии.

Фотоплан – фотографическое изображение местности, полученное в результате *монтажа* по опорным точкам *полезных площадей* трансформированных аэрофотоснимков. Фотопланы изготавливаются обычно в рамках съемочной трапеции; точность положения контуров относительно геодезических пунктов соответствует точности топографической карты такого же масштаба, что и фотоплан.

Репродукции с фотопланов. используются для рисовки на них рельефа при топографической съемке и как самостоятельный документ при изыскательских и строительных работах, требующих детального изучения местности и точного определения расстояний или площадей.

Фотосхема – фотографическое изображение местности, полученное в результате монтажа *полезных площадей* трансформированных плановых *аэрофотоснимков* по их общим точкам или по *начальным направлениям*. Изготовление фотосхемы не требует полевой подготовки и трансформирования аэрофотоснимков, поэтому она может быть получена в короткий срок после аэрофотосъемки. Фотосхема используется для изучения местности при различного рода изысканиях, не требующих точных измерений. Масштаб фотосхемы равен масштабу аэрофотосъемки. Фотосхема, смонтированная по начальным направлениям, по точности несколько выше, чем смонтированная по контурам, и называется уточненной фотосхемой, но на ее изготовление затрачивается больше времени, чем на обычную.

Фототеодолитная съемка (наземная стереофотограмметрическая съемка) – метод создания топографических карт по *стереоскопическим парам* фотоснимков, полученных с точек земной поверхности.

Футисток – рейка с делениями, укрепленная отвесно и неподвижно у прочного берегового сооружения так, чтобы можно было делать отсчеты максимального и минимального уровней воды.

Центр геодезического пункта состоит из заложенных в землю бетонных монолитов отмечающих и долговременно сохраняющих на местности положение пункта. Точное положение пункта обозначается чугунными марками, заделанными в верхние грани нижнего и верхнего монолитов и расположенными на одной отвесной линии. На верхний монолит устанавливается опознавательный столб, несколько выступающий над землей. Существуют различные типы центров в зависимости от глубины промерзания и характера грунта.

Цифровая модель местности – отображение земной поверхности или ее элементов, выражающее пространственную определенность и структурную подробность объектов местности, сформированное по определенным требованиям в цифровой форме и отвечающее установленным правилам обращения.

Под цифровой моделью местности понимают представление ситуации- и рельефа массивом точек с известными координатами и высотами и с алгоритмами по их обработке, для решения отдельных инженерно-технических задач. Особо важное значение имеет использование ЦММ для определения оптимальных вариантов проектных решений (выбор трассы, расчеты проектов вертикальной планировки, расчеты искусственных сооружений и др.). По своему содержанию ЦММ разделяется на цифровую модель ситуации и цифровую модель рельефа.

Цифровая модель ситуации создается обычно на городские и промышленные территории: все здания, сооружения и другие элементы ситуации задаются координатами характерных точек (центров, углов, пересечением осей и т. д.), определяющими положение ситуации на местности.

Более трудной является задача цифрового выражения модели рельефа, так как местность имеет весьма сложную поверхность. По способу размещения точек рельефа различают регулярную, полурегулярную и структурную модели.

В регулярной модели, применяемой в равнинной местности, точки размещают в виде сетки квадратов (или правильных треугольников), как в известном методе нивелирования поверхностей. Так как при этом не учитываются геоморфологические особенности рельефа, то выбирают такой шаг сетки, чтобы отобразить характерные перегибы местности. В зависимости от сложности рельефа и масштаба съемки сторону сетки принимают равной от 5–10 м (план масштаба 1:500) до 40–80 м (план масштаба 1:5000). Построение точек модели в виде сетки сильно упрощает определение их плановых координат. Высоты вершин основных квадратов находят из измерений. При камеральном сгущении высот местность аппроксимируется поверхностью 2 или 3 порядка и высоты модели определяются из нелинейного интерполирования.

Полурегулярная модель, используемая главным образом при изысканиях линейных сооружений, создается в виде магистрали с системой поперечников. Интервал между поперечниками стремятся иметь постоянный (пикет), но могут назначаться для характеристики рельефа и дополнительные поперечники. Точки в каждом поперечнике располагают на характерных перегибах местности.

Плановые координаты осевых точек поперечников находят по пикетажу магистрали и дирекционному углу ее сторон. Приращения координат точек на поперечниках вычисляют по измеренным расстояниям от оси и дирекционному углу поперечника, который, как правило, отличается от дирекционного угла магистрали на 90° . В зависимости от характера местности и густоты поперечников поверхность полурегулярной модели может быть представлена в виде плоскости или криволинейной поверхности. Интерполирование высот по поперечникам производится по линейному закону, между поперечниками – по принятой аппроксимирующей поверхности.

В структурной модели, как при тахеометрической или мензульной съемке, опорные точки выбирают в характерных перегибах рельефа с учетом его геоморфологических особенностей. В этой модели местность аппроксимируется системой многогранников, ребрами которых являются

структурные («скелетные») линии рельефа. В сложной, горной местности структурные линии могут быть выбраны по горизонталям как хорды, вписывающиеся в кривые.

Плановые координаты точек структурной модели определяются весьма сложно: для каждой структурной линии должны быть известны ее длина и дирекционный угол. Высоты точек легко находятся из линейного интерполирования внутри каждой грани и вдоль структурных линий.

В пересеченной местности иногда применяют статистическую модель, в которой поверхность местности определяется при помощи «плавающего квадрата» или «динамического круга» принятого размера, непрерывно перемещающегося на местности. Форма поверхности находится из аналитического решения уравнений, связывающих опорные точки, находящиеся внутри квадрата или круга.

По цифровой модели рельефа решается общая задача вычисления из полинома

$$H = f(x, y)$$

по известным координатам x и y высот точек местности H , необходимых для построения продольных и поперечных профилей, составления проектов вертикальной планировки, вычисления объемов земляных работ, проведения горизонталей на планах и др. *Исходная информация для построения ЦММ.* Для построения цифровой модели местности могут быть использованы данные, полученные из фотограмметрических измерений аэрофотоснимков, полевых топографических работ, обработки топографических планов и карт.

Цифровая карта местности – цифровая модель местности, записанная на машинный носитель в установленной структуре и кодах применительно к определенной математической основе, проекции и разграфке, принятых для карт, отвечающим установленным требованиям по точности и содержанию.

Цифровая карта топографическая – цифровой образ местности, записанный на машинном носителе в установленных кодах и структуре в принятой для топографических карт проекции, разграфке, системе координат и высот, по содержанию и точности соответствующий карте определенного масштаба.

Цифровая обработка изображений – самостоятельная область применения универсальных и специализированных ЭВМ для различных преобразований изображений, представленных последовательностью или

матрицей чисел (см. *Дискретизация фотоизображения и Квантование фотоизображения*).

Методами цифровой обработки изображений решается большое число задач, основными из которых являются: повышение качества изображения; подчеркивание и сглаживание деталей; сокращение избыточности; распознавание объектов по изображениям; выделение количественной информации и измерения на изображениях; машинная графика; кодирование изображений.

Экватор

1. Географический (земной) – линия на земной поверхности, все точки которой имеют географическую широту 0° . Экватор делит поверхность Земли на два полушария: северное и южное.

2. Небесный – большой круг небесной сферы, лежащий в плоскости, перпендикулярной к оси мира.

3. Геодезический – сечение референц-эллипсоида плоскостью, проходящей через центр эллипсоида и перпендикулярной к его малой оси. Длина экватора референц-эллипсоида Красовского 40 075 704 м.

Эккер – прибор, служащий для построения на местности прямых углов и применяемый при съемке ситуации и разбивке кривых; некоторые эккеры позволяют строить углы в 45° и находить точку, лежащую в створе между двумя данными, т. е. «вставать в створ». Существуют эккеры отражательные (оптические) и простые (с диоптрами).

Эклиметр – прибор для измерения углов наклона линий с точностью до десятых долей градуса. Э. состоит из круглой коробки, к которой наглухо прикреплена визирная трубка с диоптрами, а внутри помещено вращающееся колесико, на ободке которого нанесены градусные деления, подписанные через каждые 10° . В нерабочем состоянии колесико прижимается к коробке пружиной, а будучи освобожденным путем нажатия стопорной кнопки, занимает под действием силы тяжести одно и то же положение относительно горизонтальной плоскости.

Эталоны дешифрирования — аэрофотоснимки, отдешифрованные в поле или камерально, на которых указано значение типичных для данного района объектов, трудно опознаваемых в камеральных условиях. Эталоны дешифрирования служат пособием при камеральном дешифрировании: сличая с ним аэрофотоснимки, опознают по сходственным признакам одноименные объекты.

Литературы

1. Авакян, В. В. Прикладная геодезия: технологии инженерно-геодезических работ: учеб. пособие для вузов / В. В. Авакян. – М.: «Амалданик», 2012. – 330 с.
2. Антонович, К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии / К. М. Антонович.– М.: ФГУП «КАРТГЕО - ЦЕНТР», 2006. – Т. 1, 2. – 360 с.
3. Баршай С. Е. Инженерная геодезия: учеб. пособие для ст-ов вузов /под общ. ред. Л. С. Хренова: учеб. пособие для ст-ов вузов Нестеренок В. Ф. – Минск: Вышэйшая школа, 1976. – 400 с. УДК 528.48(075.8)
4. Генике, А. А. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии / А. А. Генике, Г. Г. Побединский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ФГУП «КАРТГЕОЦЕНТР», 2004. – 355 с.
5. Григоренко, Л. Г. Спутниковые системы и электронные тахеометры в обеспечении строительных работ: учебное пособие/ Л. Г. Григоренко, А. П. Ворошилов. – Челябинск: АКСВЕЛЛ, 2007. – 163с.
6. Инженерная геодезия: [учебник для вузов /Г. В. Багратуни и др.] – Москва :Недра, 1984. –44 с. УДК528.48(075.8) ББК22
7. Куштин И. Ф. Геодезия: учебно-практическое пособие: учебно-практическое пособие – Москва: ПРИОР, 2001. -447 с. УДК 528.2(07)
8. Куштин И. Ф. Инженерная геодезия: учеб. пособие для вузов: учеб. пособие для вузов Куштин В. И. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. -425 с. УДК 528.2(075.8)
9. Куштин, И. Ф. / Геодезия // И. Ф. Куштин, В. И. Куштин. – Ростов-на-Дону :Феникс, 2009. – 909 с.
10. Машимов, М. М. / Геодезия. Теоретическая геодезия: справочное пособие // под ред. В. и. Савиных и В. Р. Яценко справочное пособие – Москва: Недра, 1991. – 268 с.
11. Нестеренок, М. С. Геодезия: учебное пособие для вузов / М. С. Нестеренок: учебное пособие для вузов – Минск: Вышэйшая школа, 2009. – 272 с.
12. Подшивалов, В. П. Инженерная геодезия: учебник для вузов / В. П. Подшивалов, М. С. Нестеренок – Минск: Вышэйшая школа, 2011. – 462 с.

Абрамович Ольга Константиновна

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

**Учебно-методическое пособие
для студентов специальности
1-51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 03.04.23.

Рег. № 19Е.

<http://www.gstu.by>