МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева

Б.С.Касенов, Б.М.Жаркимбаев, С.Т.Солтабаева



ПРАКТИКУМ ОБЩЕГО КУРСА МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА

Алматы 2015

УДК 622.1/2 (075.8)

Касенов Б.С., Жаркимбаев Б.М., Солтабаева С. Т.

Практикум общего курса маркшейдерского дело. Учебное пособие. – Алматы: КазНТУ, 2015. 107 стр.

Практикум предназначен для лабораторных занятий студентов специальности 5В070700 – «Горное дело» и составлен в соответствии с программой и учебным планом дисциплины «Общий курс маркшейдерского дела». В нем приведены маркшейдерские работы и задания, посвященные горизонтальным, вертикальным и соединительным съемкам, способам измерения углов и длин сторон в горных выработках и соответствующая необходимая аппаратура, инструменты, приборы.

Для каждого типа работ и задач приведены теория и методика выполнения и камеральной обработки, последовательность вычислений и правила оформления результатов.

Таблиц___, иллюстраций ___, библиография ____ названий.

Рецензенты:

Д.т.н., профессор Калыбеков Т.,
Зам.директор ИГД имени Кунаева, д.т.н. Шамганова Л.С.
Зав.каф. КазГУ, д.т.н., профессор Касымканова Х.-К.М.

ISBN _____

© Касенов Б.С., Жаркимбаев Б.М., Солтабаева С.Т.
© КазНТУ, 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Содержание учебного пособия соответствует программе курса «Общий курс маркшейдерского дела» и изложено с учетом длительного опыта преподавания его в Казахском национальном техническом университете имени К.И. Сатпаева. Курс является профилирующим для специальности 5В070700 – «Горное дело», преподавание которого преследует цель обучить студентов методике и технике выполнения маркшейдерских работ при подземной разработке месторождений полезных ископаемых, ознакомить их с вопросами организации маркшейдерских работ.

Маркшейдерское дело студентами очного обучения изучается на II - IV курсах университета. На II курсе теоретическое обучение завершается учебной маркшейдерской практикой на горном предприятии. В соответствии с этим, в порядке подготовки к этой практике и с целью общего ознакомления с основными маркшейдерскими работами применительно к условиям подземной разработки месторождений, студенты на II курсе изучают общий курс (основы курса) маркшейдерского дела. Изучению этого курса предшествует прохождение геодезии и учебной геодезической практики, основы геологии и некоторых общенаучных и общетехнических дисциплин.

Правильная постановка курса требует увязки последовательности его изучения с прохождением перечисленных выше дисциплин.

При подготовке к печати учебного пособия, авторский коллектив считал основной своей задачей изложение материала, составляющего теоретическую и инженерную основу курса, достаточно апробированного и поддающегося изложению на лекциях, в пределах отводимого по учебному плану времени.

Приводя различные математические выкладки, авторы стремились отдавать предпочтение более простым из них, избегая выкладок, сложность которых не оправдывается характером и требованиями решаемых инженерных задач.

За счет исключения устаревших или не имеющих практического значения приборов и методик включены сведения о новой аппаратуре и методиках, разработанных в последние годы.

Авторский коллектив будет благодарен за замечания и предложения, направленные на улучшение содержания настоящего учебного пособия, и просит присылать их на кафедру «Маркшейдерское дело и геодезия» КазНТУ имени К.И.Сатпаева.

ВВЕДЕНИЕ

Маркшейдерская служба является одним из важных подразделений горнодобывающих предприятий (шахт, рудников, карьеров) как в период их строительства, так и при эксплуатации.

Обязанности маркшейдерской службы:

- обеспечение района горного отвода опорной и съемочной сетью;
- перенесение в натуру проектных геометрических элементов сооружений и горных выработок;
- выполнение горизонтальных и вертикальных соединительных съемок, для производства подземных маркшейдерских съемок в одной системе координат со съемками на поверхности;
- полная своевременная маркшейдерская съемка всех подземных горных выработок с целью правильного наглядного изображения горных выработок на маркшейдерских чертежах с оценкой точности полученных результатов.

Под маркшейдерскими съемками понимают совокупность линейных, угловых измерений и их обработку для определения положения координат пунктов опорных съемочных сетей и построения маркшейдерских чертежей, в принятой на поверхности системе координат.

Все съемки на земной поверхности и в недрах выполняют в единой системе координат.

Маркшейдерские чертежи по материалам маркшейдерских съемок составляют в крупных масштабах 1 : 5000 - 1 : 500.

Методы съемок на земной поверхности, выполняемые с целью отображения на планах ее рельефа и ситуации, известны из курса геодезии.

Объектами подземной маркшейдерской съемки в первую очередь являются горные выработки в границах шахтного поля, размещение и состояние которых постоянно изменяются.

По назначению и способам измерений можно выделить основные виды подземных маркшейдерских съемок.

Подземная теодолитная съемка представляет собой комплекс угловых и линейных измерений с последующим вычислением координат x, y системы пунктов, закрепленных в горных выработках специальными знаками.

Результаты подземной теодолитной съемки служат геометрической основой для составления маркшейдерской графической документации, используются при решении ряда инженерных задач и являются составной частью маркшейдерского обеспечения производства горных работ.

Ориентирно-соединительная съемка устанавливает геометрическую связь между подземными съемками и съемками на земной поверхности и дает возможность определять положения пунктов в горных выработках и на земной поверхности в единой системе плоских прямоугольных координат, что позволяет графически или аналитически решать задачи, требующие взаимной увязки горных выработок с объектами на земной поверхности.

Переданные с земной поверхности в горные выработки дирекционный

угол α и координаты *x, y* являются исходными величинами для развития подземных теодолитных съемок, т.е. все плановое обоснование горных выработок создается по результатам ориентирно-соединительных съемок.

Подземная вертикальная съемка позволяет определять высоту (координату *z)* пунктов в принятой системе высот для однозначного определения положения подземных объектов в пространстве. Вертикальная подземная съемка включает: передачу координаты *z* с земной поверхности на горизонты горных работ (вертикальная соединительная съемка), геометрическое нивелирование по горизонтальным выработкам и тригонометрическое нивелирование по наклонным.

Съемка нарезных и очистных выработок выполняется в стесненных условиях и, как правило, с помощью приборов пониженной точности (буссольная, угломерная съемки). Ее результаты используются для пополнения графической документации и решения некоторых горных задач.

Замеры горных выработок. Маркшейдерский замер выполняется в конце месяца. Цель замера определить объемы выполненных горных работ бригадой, горным участком и рудником. По результатам замера определяют факт выполнения производственного плана за отчетный период. Помимо определения объема горных работ, маркшейдер контролирует и качество выполнения, т.е. соответствуют ли они проектным требования, условии выполнения требованиями безопасности при их эксплуатации и соответствуют ли плану развития горных работ за отчетный период. При обнаружении отклонении маркшейдер имеет право браковать эти горные работы и принимает их после устранения замечании. Бракованные горные работы оплате не подлежать.

Система координат маркшейдерских планов. В Республике Казахстан при выполнении топографо-геодезических и маркшейдерских работ пользуются системой плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера, введенной в качестве обязательной в 1942 г. Более подробно с этой системой координат знакомит курс «Геодезия».

В принятой системе плоских прямоугольных координат использована равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция земной поверхности на плоскость, предложенная Гауссом в 20-30-х годах XIX столетия. Теория и практика ее использования в геодезии разработаны немецким геодезистом Крюгером в начале XX столетия. Поэтому система плоских прямоугольных координат получила название Гаусса-Крюгера.

Система высот маркшейдерских планов. Определение высоты (координаты *z)* отдельных точек на земной поверхности, в разведочных и горных выработках (вертикальная съемка) имеет большое значение в маркшейдерском обеспечении горных предприятий, т.к. многие инженерные горные задачи носят выраженный пространственный характер. Для сопоставления вертикальных съемок соседних шахт и для увязки их с земной поверхностью все вертикальные наземные и подземные съемки должны выполняться в единой системе высот. В настоящее время в СССР высоты всех пунктов вычисляют, как правило, относительно нуля Кронштадтского

фудштока, заложенного в 1840 г. и представляющего собой черту на одной из опор Синего моста через Обводный канал в Кронштадте и фиксирующего средний уровень моря на середину 1832 г. (марка М.Рейнеке).

Геодезическая основа маркшейдерских съемок. Исходными для производства всех маркшейдерских съемок на территории производственно-хозяйственной деятельности горных предприятий являются маркшейдерские опорные сети на земной поверхности, состоящие из пунктов государственной геодезической сети и геодезических сетей сгущения.

Особое значение при создании геодезической основы горного предприятия имеют подходные пункты и реперы около устьев шахтных стволов. Они необходимы для соединительных съемок и обеспечения работ, выполняемых на промплощадке; располагаются около шахтных стволов на расстояниях, как правило, не более 300 м в удобных для использования местах. Место закладки подходного пункта должно обеспечивать проложение от него висячего полигонометрического хода к стволу шахты с числом сторон не более трех. Подходными пунктами могут служить пункты маркшейдерской опорной сети не ниже 1 разряда.

На промышленной площадке должно быть не менее трех реперов. Одним из них является центр подходного пункта. Кроме того, поблизости от устья шахтного ствола в надшахтном здании закладывается стенной репер. Высоты реперов определяются геометрическим нивелированием не ниже IV класса.

Маркшейдерская служба горного предприятия ежегодно должна проводить инвентаризацию опорной сети и съемок, характеризующую их состояние и требуемый объем работ на восстановление и пополнение опорной сети.

Маркшейдерская документация. Маркшейдерское обеспечение горных предприятий сопровождается составлением разнообразной маркшейдерской документации, являющейся результатом выполненных измерений (съемок), их обработки и интерпретации. Маркшейдерская документация по своему назначению и содержанию делится на три группы первичную (полевую), вычислительную и графическую (маркшейдерские чертежи).

Первичная документация состоит из установленного комплекта журналов измерений, которые ведутся в карандаше с необходимой полнотой и тщательностью и выполнением обязательного полевого контроля измерений. Журналы измерений проверяются во время камеральной обработки и вычисляются средние значения измеренных величин до того, как они выписываются в ведомости и журналы вычислений со ссылкой на полевые журналы.

В состав *вычислительной маркшейдерской документации* входят: ведомости, журналы вычислений, каталоги координат и высот пунктов геодезической основы съемок. Каталоги координат *x, y* и высот *z* являются результатом маркшейдерских измерений, основой для составления графической документации и аналитического решения ответственных

инженерных задач маркшейдерского обеспечения.

Следует отметить, что содержание и оформление вычислительной документации связано с широким использованием программных продуктов (DataMine, Credo, Surpak и т.д.), современных компьютерных технологии (AutoCAD и т.д.), средств обработки полевых маркшейдерских измерений, создания цифровых моделей и получения выходных данных.

Наиболее широко используемой маркшейдерской документацией на всех стадиях освоения месторождении полезных ископаемых является графическая.

Основные требования к выполнению маркшейдерских съемок. Общность методов измерений (натурные угловые и линейные) и их обработки в геодезии и маркшейдерском деле определяет основные требования к выполнению маркшейдерских съемок.

Так же как и в геодезии, в качестве первого основного требования выступает необходимость ведения съемок по принципу от общего к частному, т.к. при этом уменьшается возможность накопления неизбежных погрешностей измерений и повышается точность съемки.

При подземной съемке это требование проявляется в следующем. По результатам ориентирно-соединительной съемки от шахтного ствола к границам шахтного поля, капитальным и основным подготовительным выработкам создаются опорные сети, на базе которых развивается съемочное обоснование в выработках разного назначения для производства съемок.

Второе основное требование относится к точности съемки, определяемой погрешностями измерений для необходимой надежности созданной геометрической основы маркшейдерского обеспечения горных работ и их безопасности.

Действующая Инструкция по производству маркшейдерских работ определяет требования к точности отдельных видов маркшейдерских съемок и способам измерений, которые являются нормативными, т.е. подлежащими обязательному выполнению.

Основным требованием к производству маркшейдерских съемок является обязательный контроль их выполнения, позволяющий вовремя обнаружить и исправить дополнительными измерениями грубую погрешность. Так, расстояние между двумя точками измеряется дважды, при определении горизонтальных углов берут контрольные отсчеты и т.д. Такой контроль называется полевым.

Полевой контроль, будучи необходимым, не является достаточным критерием для оценки точности съемки, т.к. не выявляет некоторые источники погрешностей, например, влияние погрешности центрирования прибора и сигналов. Поэтому при камеральной обработке производится заключительный контроль и оценка точности. Так, контроль правильности измерений и оценка точности в замкнутом полигоне выполняются по угловым и линейным невязкам. По этим же причинам многие виды подземных съемок выполняются дважды, чаще в прямом и обратном направлениях.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ О ПОРЯДКЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Задания по «Общему курсу маркшейдерского дела" выполняются студентами во время лабораторных занятий, и преследует цель практически закрепить теоретические знания студента, которые выполняются в процессе производственной практики на горном предприятии после окончания II курса.

Вычисления должны производиться в соответствии с общепринятыми правилами округления и с учетом законов накопления погрешностей в процессе вычислений.

В случае, если для камеральной обработки результатов какого-либо вида маркшейдерских работ «Технической инструкцией по производству маркшейдерских работ» предусмотрены специальные формуляры, применение их при выполнении заданий обязательны.

Графическая часть работ выполняется тушью на чертежной бумаге стандартного формата в единых условных обозначениях.

1. Перед началом выполнения лабораторной работы студенту необходимо познакомиться с содержанием данной работы.

2. К очередному занятию студент должен иметь необходимую оргтехнику, аппаратуру и формуляры для занесения данных, а также уметь объяснить преподавателю последовательность проведения измерений, вычислений и обработки данных.

3. Данные, полученные при выполнении работы необходимо согласовывать с преподавателем.

4. К следующему занятию студент обязан подготовить отчет о проделанной работе. Отчет должен завершаться выводами о полученных результатах. Отчет оформляется в соответствии с действующими требованиями стандарта КазНТУ «Работы учебные» СТ РГП 38944979-10-2012, а также требованиями, изложенными в данных методических указаниях.

5. Студент, не подготовившийся к выполнению лабораторной работы, не допускается к ее выполнению.

Необходимо помнить и соблюдать: Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ, связанных с применением электрических приборов, инструментов и вычислительной техники.

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ:

1. Изучение устройства и производство поверок теодолита, измерение горизонтальных углов способом круговых приемов и повторений – 4 часа.

2. Производство полевых измерений и камеральная обработка результатов замкнутого теодолитного хода – 4 часа.

3. Производство ориентирования подземных съемок через один

вертикальный ствол (примыкание соединительным треугольником) – 4 часа.

4. Камеральная обработка результатов ориентирования подземных съемок через один вертикальный ствол. Способ примыкания «Соединительный треугольник» – 2 часа.

5. Камеральная обработка результатов ориентирования подземных съемок через один вертикальных ствол. Способ примыкания «Соединительный четырехугольник» – 4 часа.

6. Камеральная обработка результатов ориентирования подземных съемок через два вертикальных ствола – 4 часа.

7. Изучение устройства и производство поверок нивелиров, нивелирование из середины и вперед – 2 часа.

8. Производство и камеральная обработка результатов передачи высотной отметки с поверхности в шахту при помощи рулетки и длиномера ДА-2 – 2 часа.

9. Производство буссольной съемки и камеральная обработка результатов – 2 часа.

10. Задание направления горным выработкам в горизонтальной и вертикальной плоскости – 2 часа

Лабораторная работа №1
ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРОИЗВОДСТВА ПОВЕРОК ТЕОДОЛИТОВ, ИСПОЛЬЗЕМЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ СЛУЖБОЙ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ, ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ СПОСОБОМ КРУГОВЫХ ПРИЕМОВ И ПОВТОРЕНИЙ

– 4 часа

Задание:

А. Ознакомиться с конструкцией теодолитов, применяемых в маркшейдерском деле.

Б. Произвести поверки теодолита.

С. Измерить горизонтальный угол способами круговых приемов и повторений. Измерить вертикальный угол.

Д. Измерение расстояний.

Необходимые инструменты и приборы: горный теодолит, штатив, отвес, стальная рулетка, маркшейдерские временные точки, журналы измерения углов и сторон хода.

Методические рекомендации. Для выполнения задания необходимо теодолит установить и закрепить становым винтом на штативе. Прежде чем вынуть инструмент из упаковки, следует детально ознакомиться с укладкой его в футляр или ящик (рисунок 1, 2).

а

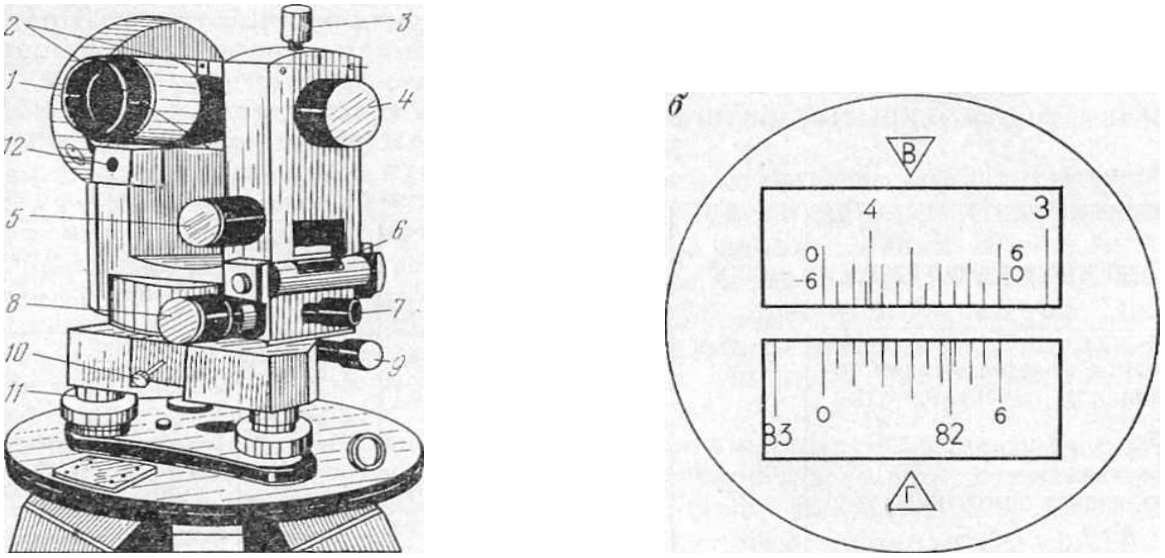


Рисунок. 1. Теодолит 2Т30 *(а)* и поле зрения отсчетного микроскопа *(б)*:
1 - объектив, 2 - визир, 3 - закрепительный винт вертикального круга, 4 - фокусирующее устройство, 5 - наводящий винт вертикального круга, 6 -уровень при горизонтальном круге, 7 - закрепительный винт алидады горизонтального круга, 8 - наводящий винт алидады горизонтального круга, 9 - наводящий винт горизонтального круга; 10 - закрепительный винт горизонтального лимба, 11- подъемный винт трегера (подставки), 12 - уровень накладной

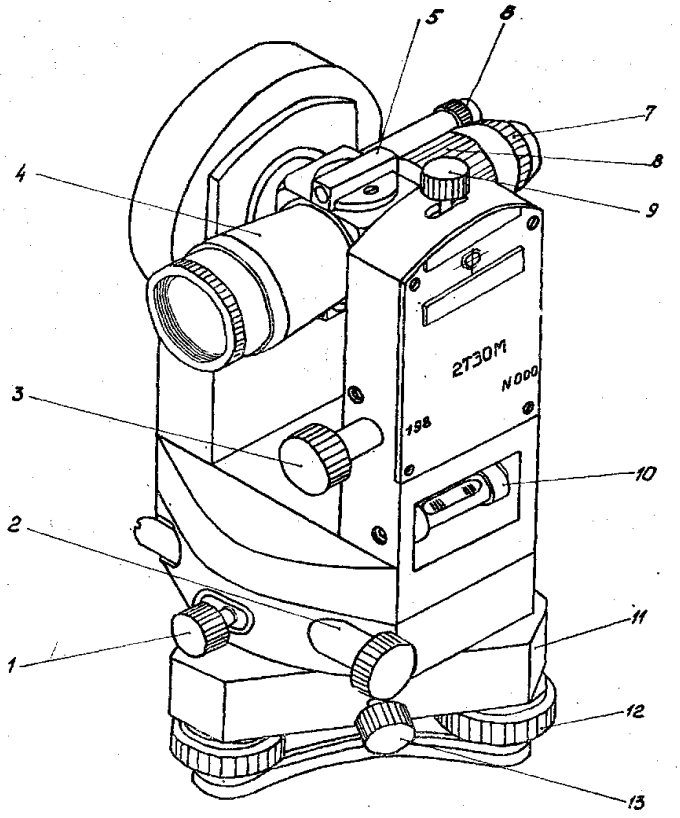


Рисунок 2. Теодолит 2Т30М
1-винт зажимной, 2-винт наводящий горизонтального круга, 3- винт наводящий вертикального круга, 4-зрительная труба, 5-оптические визиры, 6-окуляр микроскопа, 7-диоптрийное кольцо, 8-кольцофокусировочное, 9-винт зажимной, 10-уровень, 11-подставка, 12-подъемный винт, 13-винт зажимной

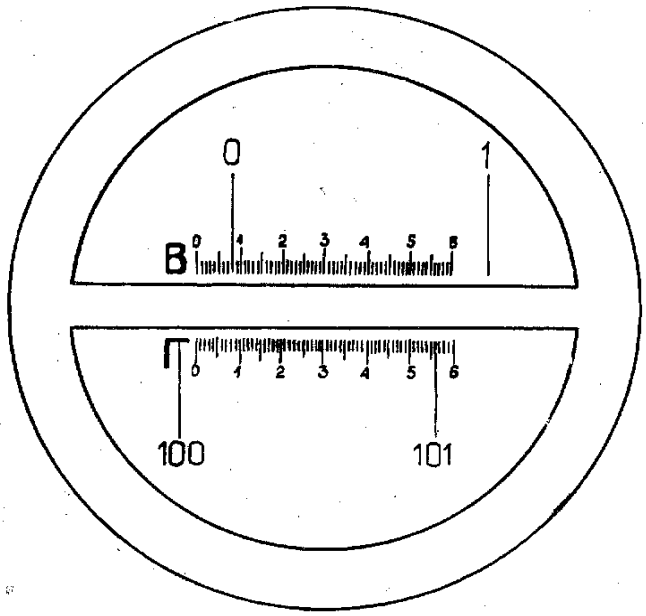


Рисунок 3. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита 2Т30М

Отсчет по горизонтальному кругу 101°56′,
Отсчет по вертикальному кругу 0°08′

При переносе без ящика инструмент держат за подставки и не допускают толчков и больших наклонов. Изучая отдельные части теодолита по рисункам и описанию, следует найти их положение на инструменте и испытать их действие. Установив инструмент на штатив, прикрепляют его становым винтом, а прижимную пружину затягивают так, чтобы подъемные винты вращались. Вращение верхней части инструмента вокруг вертикальной оси должно быть плавным, не тугим и без заедания. Закрепительные винты лимба и алидады горизонтального круга и оси зрительной трубы надо зажимать без излишних усилий. При поворотах верхней части инструмента следует браться руками за закрепительный винт алидады горизонтального круга. Запрещается поворачивать верхнюю часть инструмента, взявшись рукой за трубу. Нельзя допускать прикосновения к оптическим деталям. Следует обратить внимание на исправность уровней, взаимное положение краев лимба и верньеров горизонтального и вертикального кругов; они должны прилегать друг к другу.

Изучение общего устройства завершается описанием состояния инструмента и действия его основных частей.

Поверки и исследования горных теодолитов.

Все геодезические инструменты, в том числе, и горные теодолиты, рекомендуется периодический поверять.

Поверки:

1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита, т.е. $HH \perp VV$.

2. Ось вращения круга лимба должна совпадать или быть по крайней

мере параллельна вертикальной оси вращения теодолита (ось вращения круга алидады).

3. Деления лимба и верньера (микроскопа) должны быть верны (рен).

4. Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита или вертикальная ось вращения теодолита и вертикальная нить сетки нитей должны находится в одной вертикальной плоскости.

5. Центры вращения кругов лимба и алидады должны совпадать (ошибка эксцентриситета).

6. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита ($ГГ \perp VV$).

7. Визирная ось должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения зрительной трубы ($КК \perp ГГ$).

8. Место нуля (МО) вертикального круга.

9. Ось визирного целика должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

10. Верхний центр должен находиться на вертикальной оси вращения теодолита при горизонтальном положении зрительной трубы.

11. Поверка оптического центра.

12. Поверка буссоли:

12.1. Магнитная стрелка должна быть достаточно чувствительная, т.е. достаточно намагничена.

12.2. Линия север – юг на буссоли должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

12.3. Наклонение магнитной стрелки.

Поверки теодолита

Теодолит должен удовлетворять оптико-механическим и геометрическим требованиям. Работы, выполняемые с целью установления выполнения в теодолите конструктивных требовании называют поверками (рисунок 4).

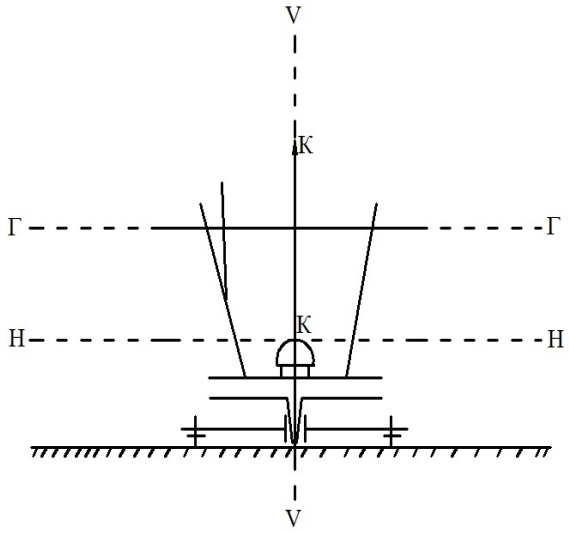


Рисунок 4. Схема геометрических осей повторительного теодолита

VV - вертикальная ось вращения теодолита (ось вращения алидады горизонтального круга)

НН – горизонтальная ось цилиндрического уровня алидады горизонтального круга (касательная линия к нуль пункту уровня)

ГГ – горизонтальная ось вращения зрительной трубы

КК – визирная ось зрительной трубы (визирная ось проходит через перекрестие сетки нитей и передний фокус объектива).

1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита, т.е. НН⊥VV. За вертикальную ось вращения теодолита принимают ось вращения круга алидады.

Уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов и, действуя ими, пузырек уровня выгоняют на середину, затем уровень поворачивают точно на 180°. Если пузырек уровня остался на середине условие *НН⊥VV* выполнено, в противном случае половину отклонения пузырька от середины исправляют винтами уровня, а вторую подъемными винтами. Поверки и исправление повторяют до тех пор, пока пузырек будет оставаться на середине, либо отклоняться от середины не более чем на одно деление уровня.

Для приведения теодолита в рабочее положение исправленный уровень ставить по направлению третьего винта и пузырек уровня выгоняют на середину.

2. Ось вращения круга лимба должна совпадать или быть по крайней мере параллельна вертикальной оси вращения теодолита (ось вращения круга алидады).

При вертикальном положении оси вращения теодолита подразумевается, что плоскость круга лимба занимает горизонтальное положение. Горизонтальные углы при наклонном положении плоскости круга лимба измерить невозможно.

Для проверки вертикальную ось приводят в вертикальное положение, т.е. плоскость круга приводят в горизонтальное положение. Освобождают закрепительные винты лимба и алидады. Придерживая круг алидады рукой под ней медленно проворачивают лимб и наблюдаем за поведением уровня при алидаде горизонтального круга. Если пузырек уровня остается на середине условие совпадения или параллельности осей лимба и алидады выполнено. Если пузырек уровня уклоняется от середины оси вращения лимба и алидады не совпадают или не параллельна. Таким теодолитом работать нельзя.

Выполнение этого условия обычно гарантирует завод изготовитель. Исправление выполняются в специализированных мастерских перетачиванием осей.

3. Центры вращения кругов лимба и алидады должны совпадать (ошибка эксцентриситета).

Несовпадение геометрической оси вращения алидады с центром вращения лимба называется эксцентриситетом алидады (рисунок 5). Расстояние $CC'=l$ – линейный эксцентриситет ; угол ε – угловой эксцентриситет; P – отсчет по горизонтальному кругу по диаметру, совпадающему с отрезком, т.е. отсчет, при котором влияние эксцентриситета равно нулю.

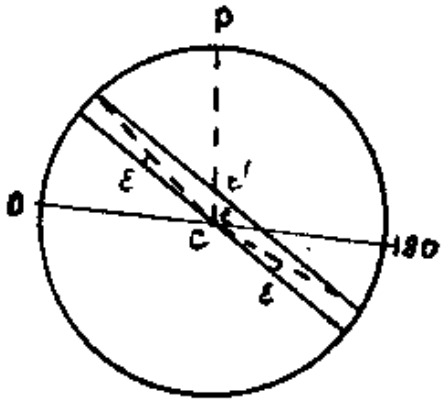


Рисунок 5. Эксцентриситет алидады

В теодолитах с односторонним отсчитыванием (шкаловые микроскопы) эксцентриситет определяется в полевых условиях. Теодолит центрируется, наводится поочередно на точки, установленные на расстоянии не менее 30 м при *КП*, затем при *КЛ*. Результаты отсчетов заносят в таблицу 7.

Эксцентриситет алидады определяется в прямом и обратном направлениях, затем по результатам d строят график эксцентриситета (рисунок 6)

Таблица 7

№ наб-люде-ния	Отсчет по горизонтальному кругу		2ε=КП-КЛ ± 180	$d=2\varepsilon-2\varepsilon_0$
	КП	КЛ		
1.	$0^0\,18'{,}2$	$180^0\,18'{,}1$	$+0'{,}1$	$+0'14$
2.	30 03,4	210 08,1	+0,3	+0,24
3.	60 27,1	240 26,9	+0,2	+0,14
4.	90 53,6	270 53,5	+0,1	+0,06
5.	120 16,0	300 16,0	0,0	-0,06
6.	150 24,2	330 24,2	0,0	-0,06
7.	180 05,5	0 09,6	-0,1	-0,16
8.	210 34,0	30 34,2	-0,2	-0,26
9.	240 28,1	60 28,2	-0,1	-0,16

10.	270 15,2	90 15,2	0,0	-0,06
11.	300 17,1	120 17,0	+0,1	+0,04
12.	330 23,1	150 22,9	+0,2	+0,14

$\sum 2\varepsilon=+0,7$

$$2\varepsilon_0=\frac{\sum 2\varepsilon}{12}=+\frac{0'.7}{12}=+0',06 \qquad (1)$$

Допустимая величина углового эксцентриситета (ε) в теодолитах с односторонним отсчитыванием не должна превышать в среднем $7''$.

4. Деления лимба и верньера (микроскопа) должны быть верны (рен).

Нуль деление верньера (микроскопа) совпадает с любым делением лимба, при этом последний штрих верньера должна совпадать с делением лимба. Таким образом, проверяют все деления лимба. Если при этом отклонении не наблюдается, то деления лимба и верньера нанесены верно, в противном случае заводской брак и теодолит возвращается заводу изготовителю для обмена.

5. Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита или вертикальная ось вращения теодолита и вертикальная нить сетки нитей должны находится в одной вертикальной плоскости.

1 – способ. Теодолит приводят в рабочее положение. Выбирают точку на уровне горизонта инструмента и наводят на эту точку левый край горизонтальной нити сетки. Поворачивая теодолит рукой, ведут эту точку по горизонтальной нити. Если точка не сходит с горизонтальной нити условие выполнено, в противном случае освобождают окуляр и проворачивают ее вокруг на 0,5 расхождение нити и точки. Поверку повторяют.

2 – способ. На удаление (10 – 15 м) от теодолита подвешивают отвес. После успокоения отвеса вертикальную нить сетки нитей наводят на нить отвеса. Если вертикальная нить сетки нитей совпадает с нитью отвеса условие выполнено, в противном случае исправляют как в первом способе.

6. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита (ГГ⊥VV).

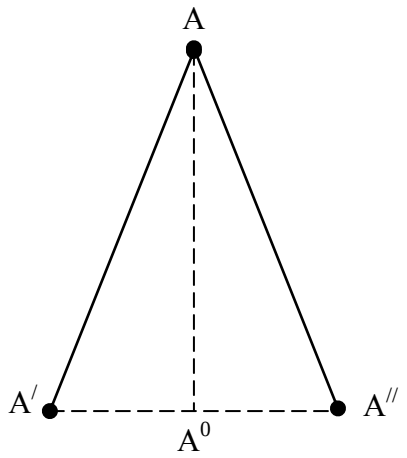


Рисунок 7.

Теодолит приводят в рабочее положение. На стене выбирают высоко расположенную точку (А). Визируют на эту точку. На стене отмечают ее положение на уровне горизонта инструмента ($A^{/}$). Трубу переводят через зенит, вновь визируют на точку А и на горизонте инструмента отмечают ее проекцию ($A^{//}$). Если $A^{/}$ и $A^{//}$ совпадает то условие выполнено, если нет горизонтальная ось вращения трубы не перпендикулярна вертикальной оси вращения

теодолита. Обычно выполнение этого условия гарантирует завод. Если обнаружено отклонение для приведения осей в перпендикулярное положение, открывают на стойке трубы их крепежные винты. Ослабляют крепление стойки трубы и подкладывая под стойку фольгу добиваются совмещение визирной оси с точкой A^0 (среднее положение между $A^{/}$ и $A^{//}$). Крепежные винты затягивают.

7. Визирная ось должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения зрительной трубы (КК⊥ГГ).

При невыполнении этого условия возникает коллимационная ошибка.

Теодолит приводят в рабочее положение. Выбирают удаленную точку на уровне горизонта инструмента. Визируют и берут отсчет по горизонтальному кругу (КП). Трубу переводят через зенит, вновь наводят на точку и берут отчет по горизонтальному кругу (КЛ). Если отчеты КП и КЛ равны, то условие выполнено, в противном случае возникает двойная коллимационная ошибка

$$2c = КЛ - КП. \qquad (1)$$

При наличии коллимационной ошибки таким теодолитом измерять горизонтальные углы можно, при условии измерения их при двух положении трубы. Средний угол свободен от коллимационной ошибки.

Коллимационную ошибку желательно исправить. Для исправления открывают исправительные винты сетки нитей. Вычисляют средний отчет *(КЛ + КП) / 2*, действуя винтами алидады по микроскопу устанавливают средний отсчет, при этом визирная ось сходит с точки. Визирную ось возвращают на точку действуя горизонтальными исправительными винтами сетки нитей.

8. Место нуля (МО) вертикального круга.

МО – отчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси зрительной трубы.

Визируя на одну и ту же точку берут отсчет по вертикальному кругу теодолита тогда:

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}. \qquad (2)$$

$$\delta = \frac{КЛ - КП}{2}, \quad \delta = КЛ - МО, \quad \delta = МО - КП \qquad (3)$$

При наличии МО измерение вертикальных углов можно производит, если измерение производит при двух положениях вертикального. Однако при массовом измерении углов наклона целесообразно угол наклона вычислить по формуле $\delta = КЛ - МО$. Вычисление упрощается, если МО = 0, тогда угол наклона $\delta = КЛ$, т.е. угол наклона равен отсчету при КЛ. Поэтому в

большинстве случаев добивают, чтобы МО = 0.

По вертикальному кругу устанавливают отсчет равное МО. Визирная ось при этом устанавливается в горизонтальное положение. На стене отмечают положение креста сетки нитей. Затем по вертикальному кругу устанавливают отсчет равное 0, визирная ось при этом сходит с отмеченной точки. Действуя вертикальными исправительными винтами сетки нитей визирную ось наводят на точку. Визирная ось осталась в горизонтальном положении, отсчет по вертикальному кругу равен нулю, т.е. МО исправлено.

9. Ось визирного целика должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

При выполнении этого условия при наведении на объект визиркой объект окажется в поле зрения зрительной трубы, и затем можно будет выполнять более тщательное наведение на точку.

Для поверки выбирают хорошо видимую точку и наводят туда визиркой, если точка окажется в поле зрения трубы условие выполнено, в противном случае открепляют крепежные винты визирки и подкладывая фольгу изменяют линию визирования визирки.

Выполнение этого условия гарантируется заводом – изготовителем.

10. Верхний центр должен находиться на вертикальной оси вращения теодолита при горизонтальном положении зрительной трубы.

Теодолит приводят в рабочее состояние. По вертикальному кругу устанавливают отчет равное МО, т.е. зрительную трубу приводят в горизонтальное положение. Тщательно центрируют под точкой нитяным отвесом. Вращая теодолит, наблюдают за верхним центром и острием отвеса, если отвес не сходит с верхнего центра или смещается на величину не более 1 мм условие выполнено. В противном случае намечают новое положение верхнего центра.

11. Поверка оптического центрира.

Оптическим центриром центрирует теодолит над точкой при вертикальном положении зрительной трубы. Теодолит поворачивают на 180^0, если визирная ось не сходит с точки условие выполнено. В противном случае расстояние между точкой и проекцией перекрестия сетки нитей делят пополам и туда наводят визирную ось горизонтальными исправительными винтами.

Повторяют поверку 8 место нуля (МО) вертикального круга.

12. Поверка буссоли:

12.1. Магнитная стрелка должна быть достаточно чувствительная, т.е. достаточно намагничена.

Теодолит приводят в рабочее положение. Магнитную стрелку ориентируют по северу. Берут отсчет по горизонтальному кругу. Освобождают алидаду и прокручивают теодолит вокруг оси алидады. Совмещают север магнитной стрелки с нулем буссоли и берут отсчет по горизонтальному кругу. Если отсчет равен первоначальному отсчету, то условие выполнено.

В противном случае магнитная стрелка недостаточно чувствительна. Магнитную стрелку намагничивают. Северный конец стрелки натирают (намагничивают) южным полюсом магнита, а южный конец стрелки северным полюсом магнита.

После этого поверку повторяют.

12.2. Линия север – юг на буссоли должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

Теодолит приводят в рабочее положение. Визирную ось направляют на хорошо видимую точку на уровне горизонта. Укрепляют иголки пластилином на штрихах север и юг буссоли. Через иголки визируют на точку, если створ иголок пересекает точку наведения, то условия выполнено. В противном случае возникает постоянная систематическая ошибка при измерении магнитных азимутов, которая устраняется введением поправки. Величину этой ошибки определяют. Для этого визирную ось наводят на точку и по горизонтальному кругу берут отсчет, за тем визируют створом иголок на точку наведения, действуя винтами алидады, и по горизонтальному кругу берут отсчет. Разность двух отсчетов и есть постоянная систематическая поправка за счет не параллельности двух направлении.

12.3. Наклонение магнитной стрелки.

Обычно магнитная стрелка имеет наклонение в северном полушарии северный конец стрелки, а в южном южный конец, чтобы уравновесить концы стрелки на один из концов стрелки подвешивают грузик, у нас на южный конец, чтобы магнитная стрелка не задевала плоскости стрелки буссоли.

Измерения углов:

Общие указания по измерению углов

До работы в поле наблюдатель выполняет поверки и исследования инструмента, предусмотренные соответствующими инструкциями и наставлениями.

На каждой станции надлежит установить трубу «по глазу», добиваясь вращением окулярной трубочки четкого изображения сетки нитей, и «по предмету», стремясь получить за счет фокусировки трубы резкое изображение наблюдаемого предмета. Желательно, чтобы при измерении углов установка окуляра и фокусировка трубы оставались неизменными. Окуляр микроскопа устанавливают на наиболее резкое изображение штрихов круга. Необходимо обеспечить равномерное по яркости освещение поля зрения микроскопа при наблюдении всех пунктов.

Окончательную наводку биссектора сетки нитей зрительной трубы на предмет следует производить только ввинчиванием наводящего устройства. Закрепительные винты нужно закреплять не сильно. В противном случае вызываются дополнительные напряжения и упругие деформации в частях инструмента, что может существенно снизить качество измерений

А. Изучить процесс измерения одиночного горизонтального угла способами приемов и повторений.

Последовательность выполнения:

1. Установка теодолита на пункте: центрирование и нивелирование инструмента.

2. Установка визирных знаков на пунктах.

3. Измерение горизонтального угла, одним, двумя и тремя полными приемами.

4. Измерение горизонтального угла одним, двумя и тремя полными повторениями.

Измерение углов в теодолитных ходах начинается с центрирования теодолита и сигналов, т.е. точной их установки. Для подземных теодолитных ходов характерны небольшие длины сторон и вытянутая форма, при которых влияние центрирования теодолита и сигналов на точность измерения горизонтальных углов значительно и требуется особое внимание к выполнению этой операции.

Центрирование может быть осуществлено разными способами. В маркшейдерской практике нашли применение три способа центрирования – механическим отвесом, оптическим отвесом (центриром) и автоматическое.

При центрировании *механическим (шнуровым) отвесом* шнур отвеса используется в качестве сигнала. При этом теодолит устанавливают на штатив или консоль, вертикальную ось прибора приводят в отвесное, а зрительную трубу – в горизонтальное положение. Шнур отвеса продевают снизу в отверстие маркшейдерского знака, закрепленного в кровле выработки, а отвес опускают так, чтобы его острие почти касалось верхнего центра на трубе теодолита Перемещением теодолита по платформе штатива или консоли достигают совмещения острия свободно висящего отвеса с верхним центром, точность центрирования 1 – 1,5 мм.

В оптическом отвесе (рисунок 8) объектив *1*, расположенный в полости вертикальной оси теодолита, проецирует изображение центра пункта на плоскую поверхность коллектива *3*. Призма *2* изменяет ход луча на 90°. Изображение центра рассматривается через окуляр *4* оптического отвеса, точность центрирования 0,7 мм.

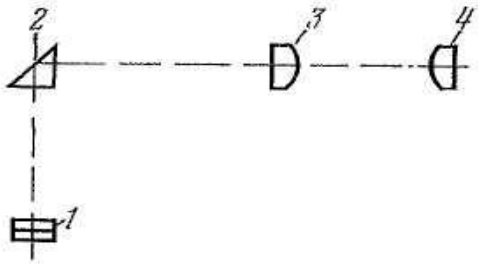


Рисунок 8. Схема оптического отвеса

Автоматическое центрирование теодолита и сигналов осуществляется при условии взаимозаменяемости их в подставках (трегерах), установленных на штативах, точность центрирования 0,4 мм. Методика приведена на рисунке 9.

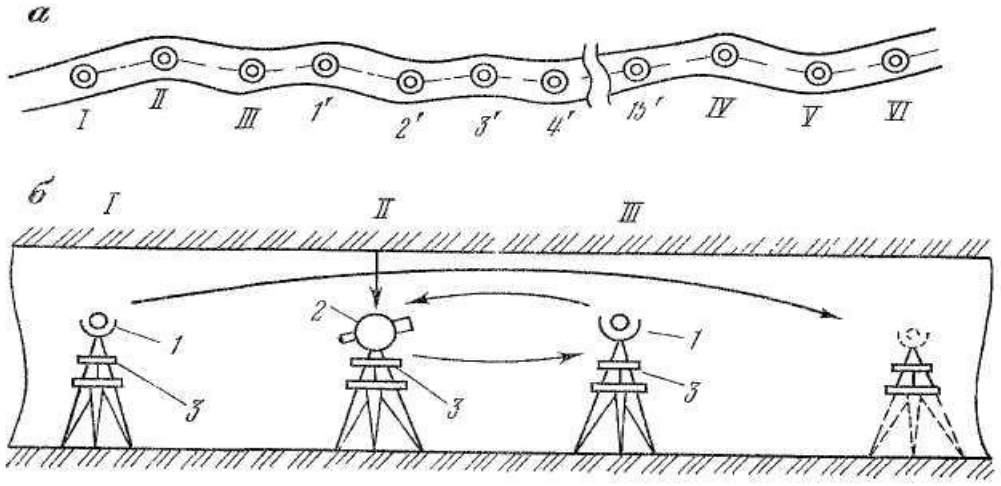


Рисунок 9. Схема теодолитного хода (а) и перестановки приборов (б)

При подземной теодолитной съемке, как правило, измеряются левые по ходу горизонтальные углы. При этом применяют теодолиты средней и технической точности в зависимости от назначения съемки. Первые из них предпочтительнее при построении опорных сетей и выполнении ответственных задач, требующих точных угловых измерений. Вторые - при создании съемочных сетей и производстве рядовых угловых измерений. Однако при необходимости и соответствующей методике измерений их используют и при построении опорных сетей.

Из изложенного выше видно, что по конструкции теодолиты средней точности преимущественно являются не повторительными (поворотными), т.е. измерение ими горизонтальных углов производится способом приемов. В то же время теодолиты технической точности - чаще повторительные; измерения ими горизонтальных углов могут выполняться способом повторений и способом приемов.

В качестве сигналов, как правило, используются шнуровые отвесы, подвешиваемые к центрам знаков; при визировании зрительная труба наводится на освещенный отвес, шнур которого совмещается с биссектором сетки нитей.

Рассмотрим сущность способа повторений и способа приемов измерения горизонтальных углов.

Способ повторений.

Дает возможность повысить точность измерений за счет уменьшения влияния ошибки отсчитывания.

При измерении горизонтального угла при одном повторении соблюдается следующий порядок действий.

- Совмещают и закрепляют нуль алидады с нулем лимба при отсчете $2^{/} - 5^{/}$ близком 0°, и, вращая лимб, визируют на задний сигнал; берут отсчет a_1.
- Вращая алидаду визируют на передний сигнал и берут контрольный отсчет a_2.

- Переводят трубу через зенит; открепляют лимб и, вращая его вместе с алидадой, визируют на задний сигнал; отсчет не берут.
- Открепив алидаду, визируют на передний сигнал; берут отсчет a_3.

Величину левого по ходу горизонтального угла вычисляют по формуле

$$\beta = \frac{a_3 - a_1}{2} \tag{4}$$

Для контроля вычисляют

$$\beta_k = a_2 - a_1 \tag{5}$$

Разность между β и β_K должна быть не больше полуторной точности отсчитывания; в противном случае повторяют измерение угла.

Измерение углов несколькими, например тремя повторениями, производят также при двух положениях трубы. При первом положении движением лимба трижды наводят на задний сигнал и столько же раз движением алидады наводят трубу на передний сигнал. Отсчеты берут только после первого и второго наведений и вычисляют контрольное значение β_K измеряемого угла по формуле. Затем переводят трубу через зенит и при втором положении трубы, так же как и при первом, трижды визируют на задний и передний сигналы. При этом берут только один отсчет после последнего наведения па передний сигнал.

Окончательное значение угла β, измеренного n повторениями, вычисляется по формуле

$$\beta = \frac{(a_3 - a_1) + K \cdot 360^0}{2n} \tag{6}$$

где n — число повторений;

$K = \frac{2n\beta_k - (a_3 - a_1)}{360^0}$ - число полных оборотов алидады (округляется до целого).

Способ повторений имеет преимущество перед другими вследствие сокращения затрат времени на измерение угла и в уменьшении влияния m_0 на точность измерений угла, но он не исключает накопления систематических ошибок. Для исключения влияния систематических ошибок измеряется также и правый угол.

Результаты измерений горизонтальных углов способом повторений записывают в журнал.

Способ приемов (независимых полуприемов) заключается в следующем.

Закрепляют лимб, визируют на задний сигнал и берут отсчет a_1 по лимбу. Устанавливают отсчет близкое 0°.

Визируют на передний сигнал и берут отсчет a_2 по лимбу, разность

отсчетов равна измеряемому углу при первом положении трубы,

Открепляют лимб, поворачивают его на 60-90° и закрепляют, затем переводят трубу через зенит и вновь наводят на задний сигнал и берут отсчет a_3.

Вторично визируют на передний сигнал, берут отсчет a_4 и вычисляют значение угла при втором положении трубы.

Вычисляют среднюю величину угла из двух полуприемов по формуле

$$\beta = \frac{(a_2 - a_1) + (a_4 - a_3)}{2} \qquad (7)$$

Допустимое расхождение между полуприемами должно быть не более полуторной точности отсчитывания.

Измерение горизонтальных углов в выработках с углом наклона более 30° рекомендуется выполнять способом приемов (не менее двух). При измерении угла двумя приемами, закончив первый, устанавливают лимб на отсчет близкий 90° и измеряют угол в той же последовательности, что и в первом приеме. Измеренное значение угла находят как среднее арифметическое из приемов при допустимых расхождениях между ними.

Сравнение двух способов измерения горизонтального угла.

В практике маркшейдерских работ предпочтение отдается способу повторении, поскольку точность измерения угла выше, чем при способе приемов за счет сокращения ошибок отсчитывания.

Среднеквадратическая ошибка измерения угла:

при способе повторений $m_\beta = \sqrt{\frac{m_0^2}{2n^2} + \frac{m_v^2}{n}}$; (8)

при способе приемов $m_\beta = \sqrt{\frac{m_0^2}{n} + \frac{m_v^2}{n}}$, (9)

где n – число повторении или приемов.

Б. Изучить устройство вертикального круга и измерение угла наклона линий.

Последовательность выполнения:

1. Изучение устройства вертикального круга.
2. Исследование и поверки вертикального круга,
3. Измерение углов наклона теодолитом с центральной трубой.

При производстве подземной теодолитной съемки в наклонных выработках одновременно с горизонтальными углами измеряют углы наклона сторон, необходимые для вычисления горизонтальных проложений длин сторон и определения относительных превышений точек теодолитного хода.

Под точкой *A* (рисунок 10) установлен теодолит для измерения угла наклона δ визирного луча *1-2*, проходящего через точку *2*, отмеченную на шнуре отвеса в точке В.

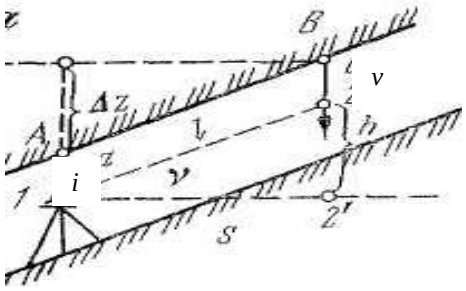


Рисунок 10. Схемы измерений угла наклона

Измерение угла наклона δ производят при двух положениях трубы следующим образом:

- при положении вертикального круга *КЛ* среднюю горизонтальную нить сетки совмещают с изображением точки *2;*
- в случае отсутствия компенсатора пузырек уровня при алидаде вертикального уровня приводят на середину, проверяют правильность визирования, берется отсчет КЛ;
- трубу переводят через зенит, повторяют операции, перечисленные в первом полуприеме, берут отсчет *КП*;
- вычисляют угол наклона δ и *МО* из выражений:

$$\delta = \frac{КЛ - КП}{2}; \qquad \delta = КЛ - КП; \qquad \delta = КЛ - МО; \qquad МО = \frac{КП + КЛ}{2}; \tag{10}$$

где *МО* — место нуля (отсчет по вертикальному кругу, соответствующий горизонтальному положению луча визирования зрительной трубы).

При вычислении угла δ к отсчетам меньшим 90° прибавляют 360° для обеспечения одинаковых знаков углов их размерности.

Превышение Δz (в м) точки *B* относительно точки *A* находят по формуле

$$\Delta z = h - a + b\text{, м} \tag{11}$$

где $h = l \cdot \sin\delta$, м; l – длина наклонной стороны, м; s – горизонтальное проложение наклонной стороны l; i и v – высоты теодолита и сигнала точек *1* и *2* соответственно, м.

Результаты измерений углов наклона сторон записывают в журнал наблюдений.

Отметку (высоту) точки *B* вычисляют по формуле:

$$z_B = z_A + l \cdot \sin\delta - i + v\text{, м} \tag{12}$$

В. Измерение расстояний.

Целью постановки занятий по измерению линий является изучение методов непосредственного измерения линий, не обходимых инструментов и принадлежностей их устройства, исследования, поверок, юстировки и

применения.

Измерение линий довольно редко представляет собой самостоятельный вид работ. Чаще оно сочетается с измерением горизонтальных или вертикальных углов, превышений.

Измерение линий рулеткой.

Инструменты и принадлежности: стальная рулетка (20, 30 или 50 метровой длины), отвесы.

Последовательность выполнения:

1. Ознакомление с устройством рулетки.
2. Осмотр рулеток и изучение правил обращения с ними.
3. Провешивание линии (установка створных отвесов).
4. Измерение расстояний стальной рулеткой "на весу" с натяжением от руки.
5. Контроль линейных измерений.
6. Компарирование рулетки.
7. Введение поправок в измеренную длину.

Методика выполнения.

Работа выполняется двумя лицами - наблюдателем и его помощником. На одном конце устанавливается теодолит, а на втором - сигнал (отвес). Методика измерении: рулеткой на весу с натяжением от руки. Теодолит визируется на сигнал. В случае, когда длина рулетки недостаточна для измерения расстояния, производится провешивание линий. Помощник, приближаясь к наблюдателю, в створе устанавливает дополнительные сигналы (отвесы). После успокоения отвесов (качания) наблюдатель и помощник растягивают между ними рулетку. Рулетку растягивают с усилием порядка 10 кг. Одновременно у теодолита и отвеса по рулетке производят отсчеты. По разности отсчетов вычисляют длину интервала. Для контроля измерения повторяют, предварительно сместив рулетку. Длина интервала измерен верно, если относительная ошибка не более 1/3000.

Таким образом, измеряет все интервалы. Общую длину находят как сумму длин отдельных интервалов. При измерении фиксируемся температура воздуха.

В горизонтальное проложение вводятся следующие поправки:

- -за компарирование;
- -за натяжение;
- -за температуру;
- - за провес.

Измерение сторон светодальномерами. В практике маркшейдерских работ для измерения расстояний, превышающих 50 м, все шире применяются светодальномеры, обеспечивающие высокую точность и производительность измерений.

Разработка и серийный выпуск различных типов светодальномеров осуществляется в основном в таких странах, как Швеция, Германия, США, Великобритания, Япония и Россия.

Лабораторная работа №2
ПРОИЗВОДСТВО ПОЛЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАМКНУТОГО ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА – 4 часа

Задание: Проложить замкнутый теодолитный ход с числом вершин 10 - 12 и произвести съемку подробностей.

Необходимые инструменты и приборы: горный теодолит, штатив, стальная рулетка маркшейдерские временные точки, журналы измерения углов и сторон хода, калькуляторы и формуляры.

Методические рекомендации: Целью теодолитной съемки является определение планового положения точек теодолитного хода с помощью измерения горизонтальных углов и длин линий в горных выработках и построения плана теодолитной съемки.

Теодолитный ход представляет собой систему линий, образующих либо замкнутый, либо разомкнутый многоугольник. Ходы прокладываются для развития съемочного обоснования.

Последовательность выполнения:

1. Рекогносцировка и закрепление вершин хода.
2. Производство угловых и линейных измерений.
3. Производство съемки подробностей.
4. Камеральная обработка.

Во время рекогносцировки обследуют состояние пунктов основы, проверяют их сохранность и устанавливают единую нумерацию пунктов теодолитного хода и места их закрепление. Точки закрепляются временными знаками.

Для измерения горизонтального угла в каждой вершине устанавливается теодолит, центрируется и нивелируется. Центрирование обычно производится под точкой с помощью нитяного отвеса. Линейная ошибка центрирования должна быть в пределах 1,0-1,5 мм, Нивелирование плоскости круга теодолита осуществляется при помощи цилиндрического уровня алидады горизонтального круга. При центрировании труба устанавливается горизонтально. Для визирования на смежные точки подвешиваются отвесы. Горизонтальные углы измеряют одним полным повторением или приемом.

Длины сторон теодолитных ходов измеряются стальной рулеткой. Для контроля каждая сторона измеряется дважды с относительной ошибкой 1/3000.

При получении недопустимых расхождений угловых и линейных измерений, необходимо выполнить повторно полный цикл измерений.

Результаты измерений записываются в журнал установленного образца. В журналах исправлений подтирки не допускаются. Неправильная запись аккуратно зачеркивается.

Съемка подробностей осуществляется способом перпендикуляров от сторон теодолитного хода.

Камеральная обработка результатов теодолитной съемки.

Задача: по результатам полевых измерений вычислить координаты вершин замкнутого теодолитного хода.

Камеральную обработку начинают с выписки в ведомость вычисления координат названий пунктов, углов, с указанием, являются ли они левыми или правыми (от этого зависит правило вычисления дирекционных углов), известных дирекционных углов исходных, примычных сторон, горизонтальных проложений сторон хода и исходных координат *X* и *Y* начальной точки.

1. Вычисляют сумму измеренных внутренних или внешних углов $\beta_{изм}$ полигона.

2. Вычисляют угловую невязку

$$f_\beta = \sum\beta - \sum\beta_{теор} \ ; \tag{13}$$

$$\sum\beta_{теор}\ 180^0 \cdot (n-2),$$

или (14)

$$\sum\beta_{теор}\ 180^0 \cdot (n+2).$$

$\sum\beta_{теор}\ 180^0 \cdot (n-2)$ - если измерены внутренние углы;

$\sum\beta_{теор}\ 180^0 \cdot (n+2)$ - если измерены внешние углы;

где *n* - число вершин замкнутого полигона.

Если $f_\beta \le \pm\ 1{,}5t\sqrt{n}$, где *t* - точность теодолита, то угловую невязку распределяют с обратным знаком между измеренными углами равномерно независимо от величины угла.

Сумма исправленных углов должна равняться сумме теоретической $\Sigma\beta_{теор.}$

3. Вычисляют дирекционные углы сторон по формуле

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + \beta_{л.испр} \pm 180^0,$$

или (15)

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} - \beta_{пр.испр} \pm 180^0.$$

Если в процессе вычисления дирекционный угол, какой-либо стороны окажется больше 360°, то от него необходимо отнять 360°.

В результате последовательного вычисления дирекционных углов сторон замкнутого полигона должно быть получено значение $\alpha_{НАЧ.}$ - дирекционный угол начальной стороны (контроль).

4. Приращения координат вычисляют по формулам

$$\pm\Delta x = l\cos\alpha, \qquad \pm\Delta y = l\sin\alpha. \tag{16}$$

Знаки приращения координат проставляются в зависимости от знаков $\cos\alpha$ и $\sin\alpha$ дирекционного угла.

Значение приращений координат вычисляют с округлением до тысячных долей метра, то есть до третьего знака после запятой.

5. Вычисленные значения приращения координат суммируют алгебраический по каждой оси, получая невязки f_X и f_Y

$$f_x = \Sigma \Delta x_{выч.}, \qquad f_y = \Sigma \Delta y_{выч.}. \tag{17}$$

используемые для вычисления линейной невязки хода

$$f_S = \sqrt{f_X{}^2 + f_Y{}^2} \tag{18}$$

и относительную невязку

$$\frac{1}{L/f_s} \le \frac{1}{N} \quad . \tag{19}$$

где L – периметр замкнутого хода, м;

$\frac{1}{N}$ - относительная ошибка измерении длин.

Если невязки допустимы, то они распределяются с обратным знаком на все стороны пропорционально их длине

$$\delta_{x_i} = -\frac{f_x}{L} l_i, \quad \delta_{y_i} = \frac{f_y}{L} l_i. \tag{20}$$

где l_i - длина стороны теодолитного хода, м.

6. Исправленные приращения координат определяют по формулам

$$\Delta x_0 = \Delta x + \delta_X, \quad \Delta y_0 = \Delta y + \delta_Y. \tag{21}$$

7. По известным координатам начальной точки теодолитного хода и исправленными приращениями координат последовательно вычисляют координаты всех точек полигона.

$$x_i = x_{i-1} \pm \Delta x_{O_i}, \qquad y_i = y_{i-1} \pm \Delta y_{O_i}. \tag{22}$$

По результатам вычислений и обработки результатов съемки подробностей составляют план теодолитной съемки в масштабе.

Лабораторная работа №3
ПРОИЗВОДСТВО И КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СЪЕМОК ЧЕРЕЗ

ОДИН ВЕРТИКАЛЬНЫЙ СТВОЛ – 4 часа

Задание: Произвести ориентировку подземных съемок через один вертикальный ствол геометрическим способом. Способ примыкания «соединительные треугольники».

Необходимые инструменты и приборы: горный теодолит со штативом – 2, ручная лебедка с проволокой – 2, направляющие блоки – 2, грузы для отвесов – 2 комплекта, столики с центрировочными тарелочками – 2, сосуды с успокоительной жидкостью – 2, рулетки – 2, журналы, формуляры, калькуляторы, фонарики.

Методические рекомендации: Под ориентированием подземной съемки понимают осуществление геометрической связи между маркшейдерскими съемками на поверхности и под землей (соединительные съемки). Т.е., в результате ориентировки подземной съемки получают координаты пунктов подземной теодолитной съемки в той же системе, что и на поверхности.

Соединительные съемки имеют важное значение в комплексе мероприятий, обеспечивающих рациональное и безопасное ведение горных работ при подземной разработке месторождений. Соединительные съемки производятся для решения ряда горнотехнических задач, в том числе и для составления планов горных выработок в общей с поверхностью системе координат. Конкретно задача соединительной съемки заключается в определении дирекционного угла первой стороны и координат первого пункта подземного теодолитного хода.

Определение дирекционного угла (ориентирование) является наиболее важной частью соединительных съемок, поэтому принято соединительные съемки называть ориентированием горных выработок. Объясняется это тем, что влияние ошибки координат начальной точки теодолитного хода остается постоянным независимо от его формы и периметра. Из рисунка 11 *а* видно, что ошибка в координатах начальной точки $CC = KK' - m$ остается постоянной для всех точек, в то время как ошибка в определении дирекционного угла начальной стороны вызывает поворот всего теодолитного хода, из-за чего ошибки точек возрастают по мере их удаления от начальной точки (рисунок 11, б). Если дирекционный угол первой стороны определен с ошибкой m_a, то наиболее удаленная точка *К,* находящаяся на расстоянии L от начальной, будет иметь ошибку

$$m = \frac{m_a L}{\rho} \; ; \qquad (23)$$

при $m_a = \pm 60''$ и $L = 3$ км $\quad m \approx 1$ м.

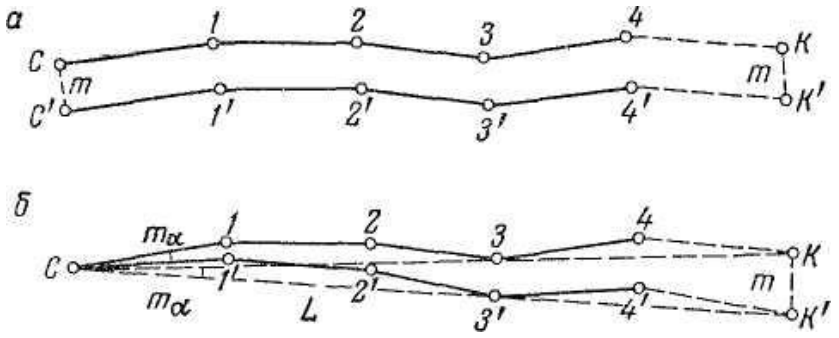


Рисунок 11. Влияние ошибок центрирования и ориентирования на положение пунктов подземной съемки

Ориентирование может быть выполнено геометрическим или физическим методом. Геометрический метод имеет широкое распространение и является одним из основных. К физическим методам относятся магнитное, оптическое и гироскопическое ориентирование. Магнитное ориентирование является наиболее простым. Однако в современных механизированных шахтах с широким использованием электроэнергии магнитное ориентирование не обеспечивает достаточной точности из-за практически непреодолимых в настоящее время трудностей учета изменения магнитного склонения. Оптическое ориентирование и особенно гироскопическое имеют ряд важных преимуществ перед геометрическим и успешно развиваются.

Ориентирование геометрическим методом выполняется в зависимости от схемы вскрытия месторождения:

1) через штольню или наклонную выработку;

2) через одну вертикальную выработку;

3) через две вертикальные выработки.

Для производства соединительной съемки необходимо иметь вблизи устья штольни, наклонной или вертикальной выработки подходные пункты. В качестве подходных пунктов могут быть использованы пункты главной геодезической основы, аналитических сетей повышенной точности и полигонометрии точности 1:15000. Если последние значительно удалены от выработок, то подходные пункты закладывают вблизи устья выработок и координаты их определяют от исходных пунктов путем прокладки хода полигонометрии точности 1:8000.

Точность соединительной съемки (ориентировки) должна удовлетворять требованиям технической инструкции по производству маркшейдерских работ.

1. Разность дирекционных углов стороны подземной съемки, вычисленная по двум независимым ориентировкам, не должна превышать 3'. Предельная погрешность ориентирования ±3'.

2. Угловая невязка хода, прокладываемого между двумя сторонами, дирекционные углы которых определены из независимых ориентировок, не

должна превышать $\pm\sqrt{\square^2 + \square,7^2 n}$, где n - число углов теодолитного хода, проложенного между сторонами, дирекционные углы которых получены непосредственно из ориентировок.

Последовательность выполнения (рисунок 12):

А. Проектирование отвесов с поверхности на ориентируемый горизонт:

1. Закрепление лебедок с проволоками у шахтного ствола.
2. Укрепление блоков для перепуска проволоки отвесов в ствол.
3. Установка центрировочных пластинок.
4. Спуск отвесов в шахту.
5. Установка центрировочных тарелочек на ориентируемом горизонте.
6. Установка теодолита для наблюдения за качением отвесов.
7. Наблюдение за качением отвесов.
9. Закрепление отвесов.
10. Контроль.

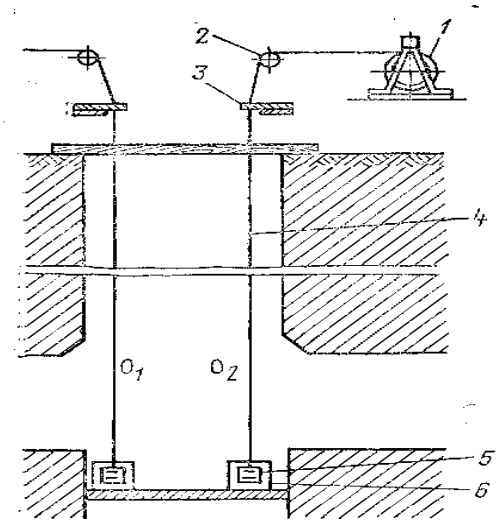


Рисунок 12. Схема центрирования и ориентирования подземной съемки через один вертикальный ствол:

1 - ручная лебедка, *2* — направляющий блок, *3* — центрировочная пластинка, *4* — проволока; *5* — грузы, *6* — сосуд с успокоительной жидкостью,

Работу выполняют две бригады - одна на поверхности, вторая в шахте. Перед началом работы руководитель осматривает ствол, подняв клеть выше приемной площадки, останавливает работу в стволе. Шахтный ствол на поверхности и на ориентируемом горизонте перекрывают полками с выполнением требований техники безопасности работ. Между бригадами устанавливают связь (телефонная, сигнализация и т.д.).

1. Для спуска отвесов у ствола шахты устанавливают лебедки с проволоками.

2. Блоки для перепуска проволоки отвесов в ствол жестко закрепляют на брусьях, установленных на копре шахты.

3. При спуске отвесов должны быть выполнены следующие меры безопасности:

а) перед спуском отвесов должны быть удалены люди из шахтного

ствола;

б) при спуске проволоки для отвесов нагружают небольшими грузами (2-3 кг), а рабочие грузы подвешивают на ориентируемом горизонте. Величина рабочих грузов не должна превышать 60% предела прочности проводки;

в) спуск отвесов производят со скоростью не более 1-2 м/с с остановками через каждые 50 м для успокоения отвесов;

г) руководитель работ обязан осмотреть всю проволоку (пропустить через руку).

4. После спуска отвесов, на перекрытии шахтного ствола ориентируемого горизонта жестко, на специальных столиках устанавливают центрировочные тарелочки. Проволоки отвесов пропускают через отверстие тарелки (рисунок 13).

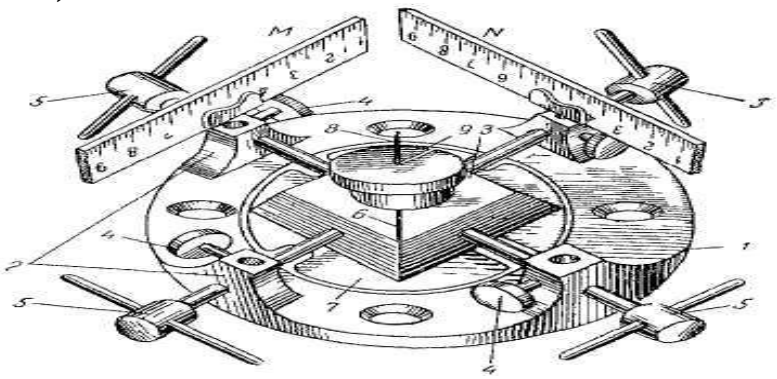


Рисунок 13. Общий вид центрировочной (проектировочной) тарелочки

5. На некотором удалении от отвесов (5-10 м) в выработке околоствольного двора устанавливают теодолит так, чтобы линия визирования проходила перпендикулярно к одной из шкал центрировочных тарелок.

6. При наблюдении за качением отвесов вначале раскачивают параллельно одной шкале, а затем параллельно другой. Наблюдения за колебаниями отвесов заключаются в производстве отсчетов по шкалам центрировочной тарелки, соответствующим крайним правым и левым положениям проволоки отвесов (рисунок 14).

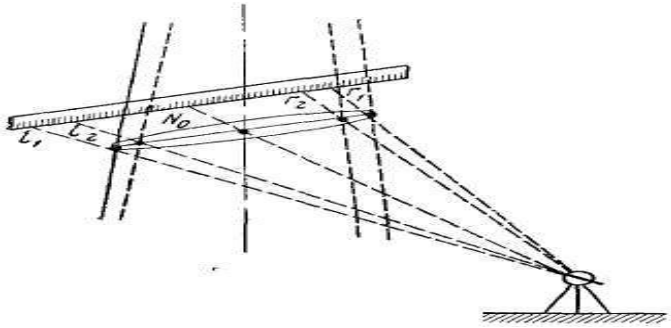


Рисунок 14. Схема наблюдений за колебаниями отвеса

Таких отсчетов по каждой шкале берут 11-13 пар. По окончании

наблюдений вычисляют средние отсчеты, соответствующие положению покоя отвеса по формулам

$$M = \frac{1}{2}\left(\frac{\sum a}{n} + \frac{\sum b}{m}\right), \qquad N = \frac{1}{2}\left(\frac{\sum a'}{n'} + \frac{\sum b'}{m'}\right). \tag{24}$$

где M, N - отсчеты по шкалам, соответствующие положению покоя отвесов;

Σa, $\Sigma в$- сумма шкальных отсчетов по фронтальной шкале, соответствующих крайним левым и правым положениям отвесов;

$\Sigma a'$, $\Sigma в'$ - то же самое для второй шкалы;

m, n, m', n' - число соответствующих отсчетов по шкалам.

7. После вывода средних отсчетов (M и N) в центрировочную тарелку вставляют усеченную пирамиду, а проволоку отвеса пропускают в щель пирамиды до ее центра и закрепляют. Наблюдая в трубу теодолита перемещают пирамиду установочными винтами и устанавливают проволоку на средние отсчеты и в этом положении ее закрепляют неподвижно вместе с пирамидой. Предполагается, что проволока будет установлена в положение, отвечающее положению отвеса, которое он занял бы в спокойном положении, если бы последнее можно было достигнуть. Аналогичные работы выполняют со вторым отвесом.

8. После закрепления отвесов проверяют отсутствие касания отвесов к стенкам ствола или каким-либо выступам. Проверка может производиться: а) светом; б) осмотром; в) по времени качения отвесов; г) почтой; д) сравнением расстояния между отвесами на поверхности и в шахте.

Наилучшие результаты дают последние две проверки. При проверке почтой на поверхности перед спуском отвеса в шахту надевают на проволоку два-три жестяных зонтика и удерживают их на поверхности до закрепления отвесов. Во время проверки зонтики опускаются вниз. Если они без задержки доходят до горизонта ориентировки, то считают, что отвесы висят свободно.

Расстояние между отвесами на поверхности и в шахте должны быть равны между собой. Поэтому, измерив эти расстояния, можно убедиться в отсутствии или наличии отклонения отвесов. Расхождение между расстояниями допускается ±2 мм.

Последние две проверки применяются в сочетании друг с другом.

Убедившись в отсутствии касания отвесов, приступают к выполнению измерений для примыкания к шахтным отвесам на поверхности и в шахте.

Примыкание к шахтным отвесам способом «соединительных треугольников» (рисунок 15).

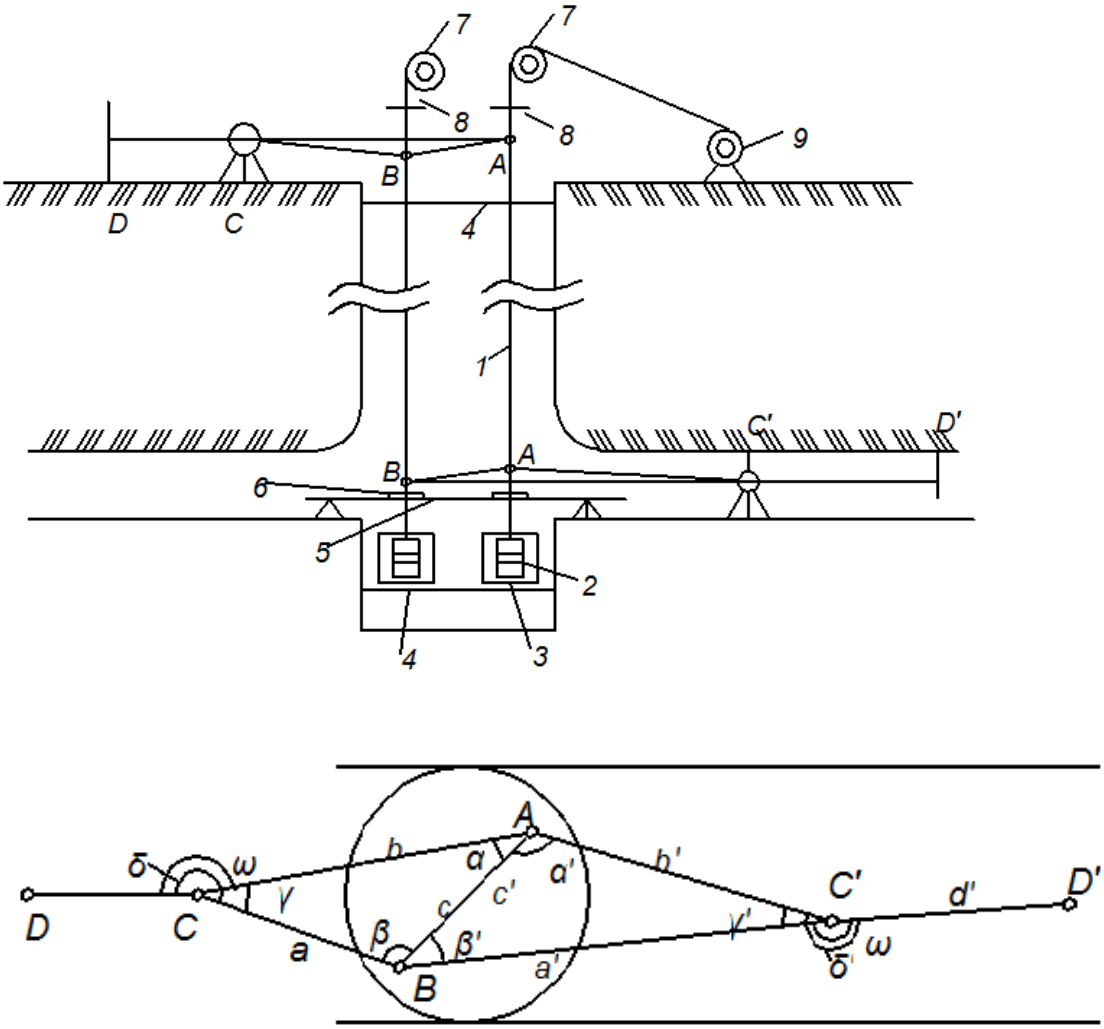


Рисунок 15. Схема примыкания способом «соединительного треугольника»

1 - отвес, 2 – груз, 3 – сосуды для успокаивающей отвесов жидкости, 4 – полок, 5 – центрировочный столик, 6 – центрировочные тарелочки, 7- направляющие блоки, 8 – фиксаторы проволок отвесов, 9 - лебедки

Последовательность выполнения:

1. Установка теодолитов на точках *С* и *С'* сигналов на *Д* и *Д'*.
2. Производство угловых и линейных измерений.
3. Контроль измерений.
4. Вычисление ориентировки.

Измерены углы $\beta_{ДСА}, \beta_{ДСВ}, \gamma$, расстояния *а, в, с*. Аналогичные измерения выполняют и в шахте.

Углы измеряют тремя полными повторениями. Расстояния *а, в* и *с,* на поверхности и в шахте, измеряют 5 раз стальной рулеткой "на весу" с точностью отсчитывания до миллиметра. За результат измерения принимается среднее арифметическое после введения поправок за: компарирование, температуры, растяжение и провес.

Перед тем как освободить ствол от отвесов осуществляют контроль

измерений. Для этого измеренные расстояния c и c' вычисляют по формулам косинуса

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab\cos\gamma}\,. \qquad (25)$$

Измерения выполнены верно (с допустимой ошибкой), если расхождения между вычисленными и измеренными значениями c между отвесами на земной поверхности не превышают величины 2 мм и 4 мм – в шахте, в противном случае измерения повторяют.

Исходными данными являются координаты точки C (x и y) и дирекционный угол стороны $ДС$ ($\alpha_{ДС}$).

Вычисляют углы при отвесах поверхностного и подземного треугольников.

В зависимости от формы треугольников можно применять различные формулы, вычисления углов при отвесах A и B.

Если треугольники имеют вытянутую форму и угол $\beta < 20°$ вычисления производят по теореме синусов:

$$\sin A = \frac{a}{c}\sin\gamma;\ \ \sin B = \frac{в}{c}\sin\gamma;\ \ \sin A' = \frac{a'}{c'}\sin\gamma';\ \ \sin B' = \frac{в'}{c'}\sin\gamma'. \qquad (26)$$

Если в вытянутых треугольниках углы a' и $\beta < 2°$, а углы a и $\beta' > 178°$ то допускается вычисление по приближенным формулам:

$$A'' = \frac{a}{c}\gamma'';\quad B'' = \frac{b}{c}\gamma'';\quad A''' = \frac{a'}{c'}\gamma''';\quad B''' = \frac{b'}{c'}\gamma'''. \qquad (27)$$

Осуществляется контроль вычислений

$$A + B + \gamma = 180°. \qquad (28)$$

Полученная невязка распределяется с обратным знаком поровну только на вычисленные углы A и B.

Далее определяют дирекционные углы сторон и координаты точки C.

Дирекционный угол первой стороны $C'D'$ подземного теодолитного хода вычисляют по формулам

$$\begin{aligned}
\alpha_{CA} &= \alpha_{CD} + \beta_{DCA} \pm 180^0 \\
\alpha_{AC'} &= \alpha_{CA} - (A + A') \pm 180^0 \\
\alpha_{C'D'} &= \alpha_{AC'} + \beta_{AC'D'} \pm 180^0
\end{aligned} \qquad (29)$$

Для контроля $\alpha_{C'D'}$ вычисляют через отвеса B

$$\alpha_{CB} = \alpha_{CD} + \beta_{DCB} \pm 180^0$$
$$\alpha_{BC'} = \alpha_{CB} + \beta + B' \pm 180^0 \qquad (30)$$
$$\alpha_{C'D'} = \alpha_{BC} + \beta_{BC'D'} \pm 180^0$$

Координаты точки *C* вычисляют по формулам:

$$X_{C'} = X_C + b \cdot \cos\alpha_{CA} + b \cdot \cos\alpha_{AC'}$$
$$У_{C'} = У_C + b \cdot \sin\alpha_{CA} + b \cdot \sin\alpha_{AC'} \qquad (31)$$

Для контроля $X_{C'}$ $У_{C'}$ вычисляют через отвеса *B*

$$X_{C'} = X_C + a \cdot \cos\alpha_{CB} + a' \cdot \cos\alpha_{BC'}$$
$$У_{C'} = У_C + a \cdot \sin\alpha_{CB} + a' \cdot \sin\alpha_{BC'} \qquad (32)$$

При решении задачи примыкания соединительным треугольником наиболее выгодной формой треугольника является вытянутая. Приближая точку *C* к створу отвесов *AB,* мы можем получить весьма вытянутую форму треугольника, где острые углы будут близки нулю. Если точку *C* все более приближать к створу отвесов, то и итоге будем иметь вместо треугольника прямую с расположенными на ней точками *C, A* и *B*. Примыкание с установкой теодолита (точки *C)* в створе отвесов называется примыканием по способу створа.

При способе створа измеряют примычный угол при точке *C* и расстояния от точки *C* до отвесов *A* и *B* и расстояние между отвесами. Аналогичные измерения производят в шахте, устанавливая теодолит в точке C′, располагаемой в створе отвесов.

Для установки теодолита в створе отвесов используют специальную подставку, позволяющую микрометренно передвигать теодолит в направлении, перпендикулярном створу.

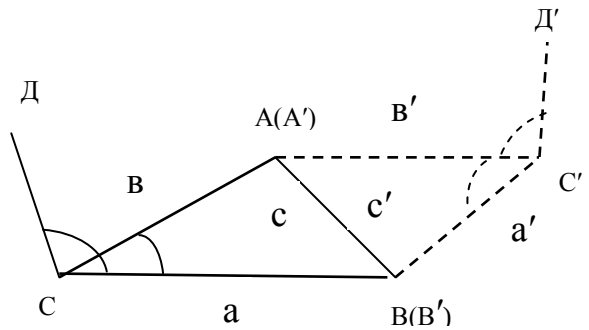
Лабораторная работа №4
КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СЪЕМОК ЧЕРЕЗ ОДИН ВЕРТИКАЛЬНЫЙ СТВОЛ. СПОСОБ ПРИМЫКАНИЯ «СОЕДИНИТЕЛЬНЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК»

Задание: Произвести камеральную обработку результатов геометрического ориентирования подземных съемок через один вертикальный ствол с примыканием на поверхности и на ориентируемом горизонте способом «соединительного треугольника». Определить координаты первой точки $X_{C'}$ $У_{C'}$ и дирекционный угол $\alpha_{C'Д'}$ первой стороны подземного полигона.

Необходимые инструменты и приборы: Инженерные калькуляторы, формуляры.

Вариант №1

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 65°17'43''$; $X_C = 3128{,}450$ м; $У_C = 2984{,}340$ м.



Измерены:

на поверхности:

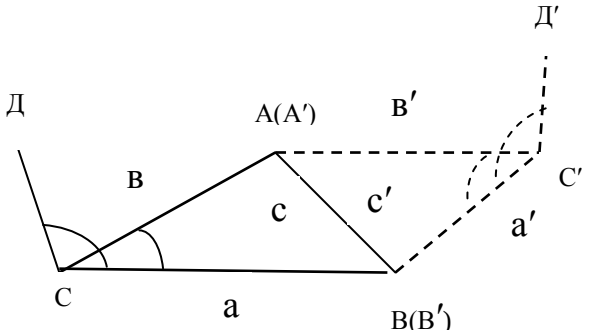
$l_{СД} = 16{,}035$ м, $\beta_{ДСВ} = 111°10'15''$,
а = 9,345 м, в = 6,056 м
с = 3,290 м, $\gamma = 0°25'10''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 10{,}321$ м, $\beta_{АС'Д'} = 176°52'10''$,
а′ = 3,388 м, в′ = 6,675 м
с′ = 3,289 м, $\gamma' = 1°01'30''$.

Вариант № 2

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 176°41'03''$; $X_C = 2045{,}543$ м; $У_C = 4176{,}416$ м.



Измерены:

на поверхности:

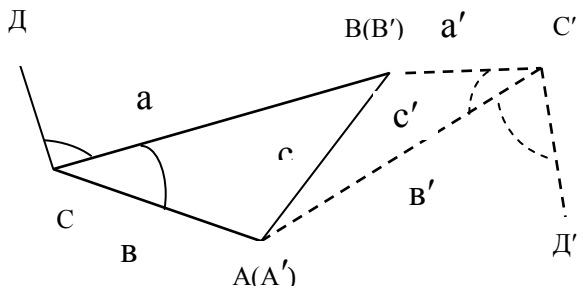
$l_{СД} = 20{,}543$ м, $\beta_{ДСВ} = 110°10'12''$,
а = 8,325 м, в = 4,983 м
с = 3,340 м, $\gamma = 0°30'10''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 18{,}351$ м, $\beta_{АС'Д'} = 167°10'14''$,
а′ = 6,327 м, в′ = 9,664 м
с′ = 3,338 м, $\gamma' = 1°02'25''$.

Вариант № 3

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 315°46'18''$; $X_C = 26416{,}843$ м; $У_C = 17814{,}615$ м.



Измерены:

на поверхности:

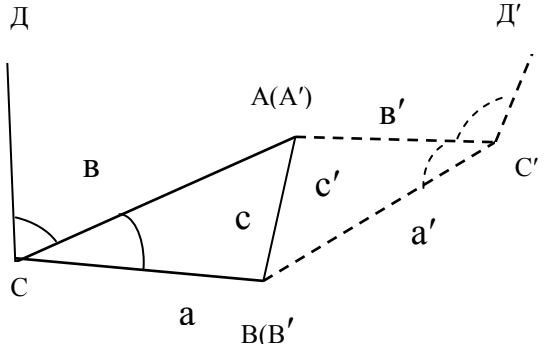
$l_{СД} = 25{,}799$ м, $\beta_{ДСВ} = 179°35'15''$,
а = 7,245 м, в = 4,389 м
с = 2,857 м, $\gamma = 0°01'30''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 10{,}946$ м, $\beta_{АС'Д'} = 50°10'20''$,
а′ = 5,675 м, в′ = 8,533 м
с′ = 2,859 м, $\gamma' = 1°10'40''$.

Вариант № 4

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 356°41'16''$; $X_C = 2984{,}340$ м; $У_C = 872{,}235$ м.



Измерены:

на поверхности:

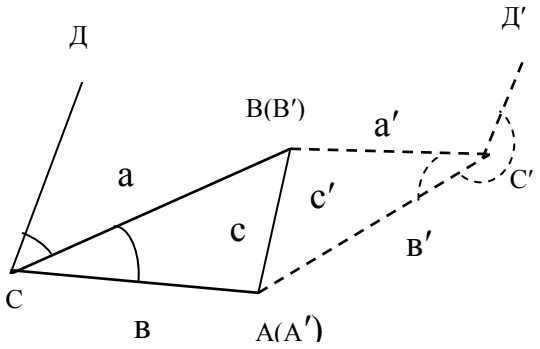
$l_{СД} = 17{,}356$ м, $\beta_{ДСВ} = 49°59'36''$,
a = 5,675 м, в = 8,533 м
c = 2,859 м, $\gamma = 1°10'40''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 9{,}394$ м, $\beta_{АС'Д'} = 179°34'35''$,
a′ = 9,675 м, в′ = 6,818 м
c′ = 2,858 м, $\gamma' = 0°50'10''$.

Вариант № 5

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 17°46'15''$; $X_C = 1237{,}845$ м; $У_C = 1542{,}821$ м.



Измерены:

на поверхности:

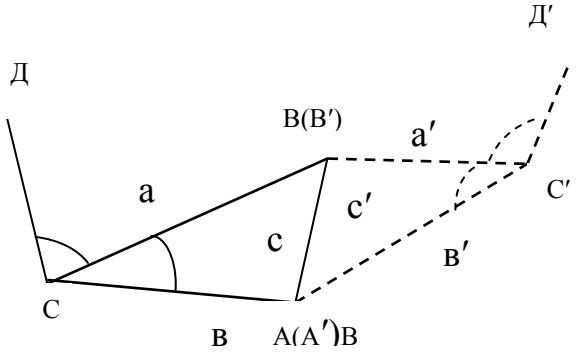
$l_{СД} = 19{,}543$ м, $\beta_{ДСВ} = 68°32'10''$,
a = 7,248 м, в = 4,709 м
c = 2,540 м, $\gamma = 1°01'15''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 18{,}370$ м, $\beta_{АС'Д'} = 181°12'15''$,
a′ = 5,780 м, в′ = 8,318 м
c′ = 2,539 м, $\gamma' = 0°55'43''$.

Вариант № 6

Исходные данные: $\alpha_{ДС} = 248°15'16''$; $X_C = 594{,}820$ м; $У_C = 605{,}308$ м.



Измерены:

на поверхности:

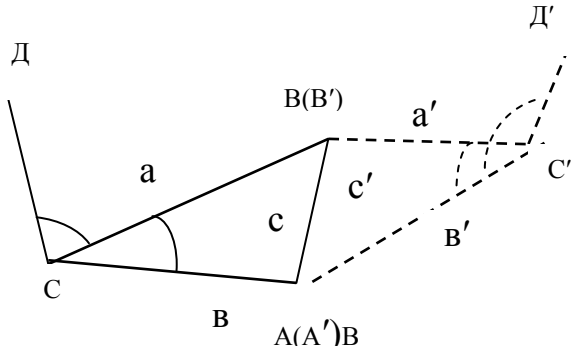
$l_{СД} = 35{,}114$ м, $\beta_{ДСВ} = 74°04'55''$,
a = 11,245 м, в = 7,118 м
c = 4,127 м, $\gamma = 1°07'15''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 17{,}899$ м, $\beta_{ВС'Д'} = 178°48'10''$,
a′ = 9,386 м, в′ = 13,512 м
c′ = 4,126 м, $\gamma' = 0°30'10''$.

Вариант № 7

Исходные данные: $\alpha_{ДС} = 168°30'10''$; $X_C = 1345{,}285$ м; $У_C = 1049{,}520$ м.



Измерены:

на поверхности:

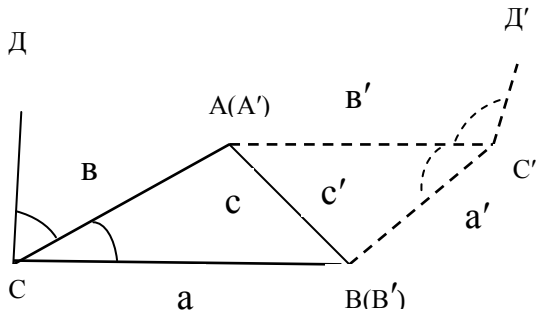
$l_{СД} = 20{,}743$ м, $\beta_{ДСВ} = 135°18'10''$,
а = 7,285 м, в = 4,306 м
с = 2,980 м, $\gamma = 1°10'15''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 18{,}321$ м, $\beta_{АС'Д'} = 177°44'40''$,
$а' = 6{,}315$ м, $в' = 9{,}292$ м
$с' = 2{,}978$ м, $\gamma' = 0°49'15''$.

Вариант № 8

Исходные данные: $\alpha_{ДС} = 5°24'15''$; $X_C = 1237{,}845$ м; $У_C = 1542{,}821$ м.



Измерены:

на поверхности:

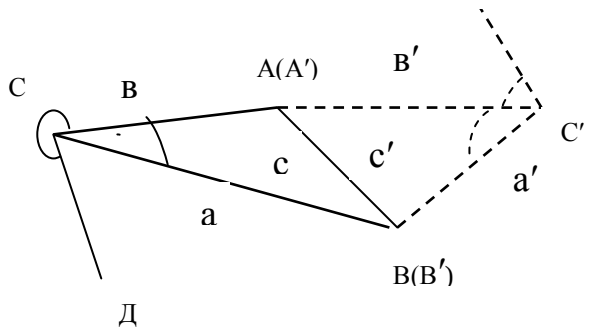
$l_{ДС} = 35{,}617$ м, $\beta_{ДСА} = 222°53'55''$,
а = 9,830 м, в = 6,827 м
с = 3,005 м, $\gamma = 1°15'05''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 11{,}445$ м, $\beta_{АС'Д'} = 177°18'20''$,
$а' = 5{,}933$ м, $в' = 8{,}935$ м
$с' = 3{,}004$ м, $\gamma' = 0°49'10''$.

Вариант № 9

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 38°16'10''$; $X_C = 644{,}840$ м; $У_C = 17404{,}305$ м.



Измерены:

на поверхности:

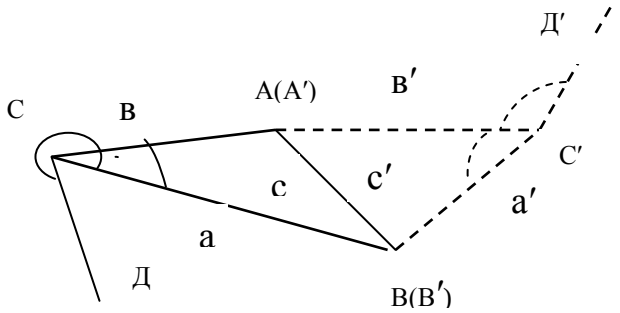
$l_{СД} = 35{,}617$ м, $\beta_{ДСВ} = 220°17'34''$,
а = 11,745 м, в = 8,222 м
с = 3,525 м, $\gamma = 0°32'10''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 11{,}445$ м, $\beta_{АС'Д'} = 178°11'20''$,
$а' = 8{,}320$ м, $в' = 11{,}843$ м
$с' = 3{,}524$ м, $\gamma' = 0°45'15''$.

Вариант № 10

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 145°14'05''$; $X_С = 2417{,}646$ м; $У_С = 1895{,}744$ м.



Измерены:

на поверхности:

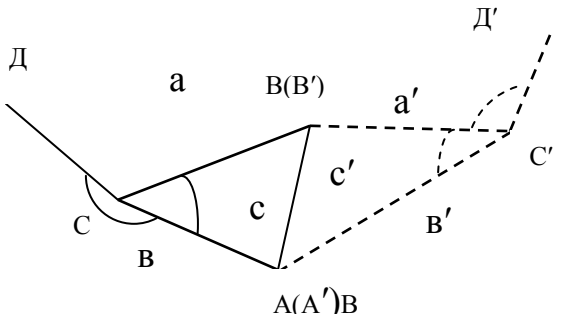
$l_{СД} = 21{,}352$ м, $\beta_{ДСВ} = 223°13'40''$,
а = 9,320 м, в = 6,106 м
с = 3,215 м, $\gamma = 0°37'40''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 10{,}420$ м, $\beta_{АС'Д'} = 179°37'50''$,
а′ = 5,549 м, в′ = 8,760 м
с′ = 3,213 м, $\gamma' = 1°43'15''$.

Вариант № 11

Исходные данные: $\alpha_{ДС} = 269°43'33''$; $X_С = 2401{,}735$ м; $У_С = -34588{,}535$ м.



Измерены:

на поверхности:

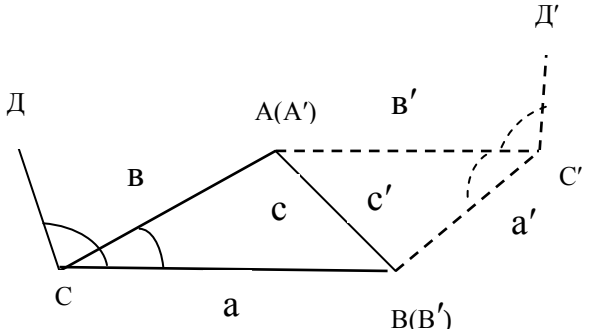
$l_{СД} = 27{,}543$ м, $\beta_{ДСВ} = 197°52'11''$,
а = 5,465 м, в = 3,064 м
с = 2,402 м, $\gamma = 1°37'52''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 38{,}132$ м, $\beta_{ВС'Д'} = 175°50'00''$,
а′ = 4,567 м, в′ = 6,968 м
с′ = 2,402 м, $\gamma' = 0°48'22''$.

Вариант № 12

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 77°46'03''$; $X_С = 7465{,}146$ м; $У_С = 1543{,}714$ м.



Измерены:

на поверхности:

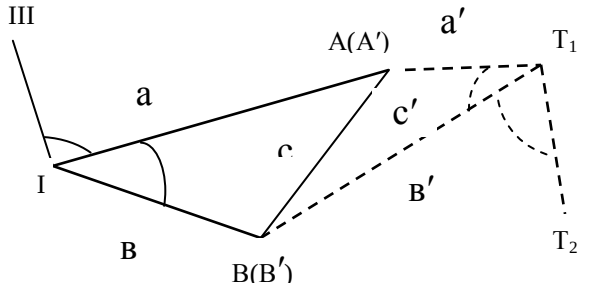
$l_{СД} = 31{,}716$ м, $\beta_{ДСВ} = 118°15'16''$,
а = 13,375 м, в = 10,257 м
с = 3,120 м, $\gamma = 1°27'30''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 18{,}541$ м, $\beta_{АС'Д'} = 92°13'48''$,
а′ = 4,672 м, в′ = 7,789 м
с′ = 3,117 м, $\gamma' = 0°52'15''$.

Вариант № 13

Исходные данные: $\alpha_{I\text{-}III} = 143°15'09''$; $X_I = 1941{,}703$ м; $Y_I = 7127{,}785$ м.



Измерены:

на поверхности:

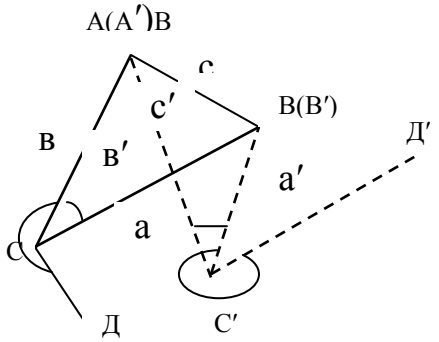
$l_{I\text{-}III} = 35{,}715$ м, $\beta_{III\text{-}I\text{-}A} = 87°23'45''$,
а = 4,246 м, в = 8,548 м
с = 4,342 м, $\gamma = 5°31'26''$.

в шахте:

$l_{T1\text{-}T2} = 37{,}642$ м, $\beta_{T2T1B} = 157°44'33''$,
$a' = 4{,}857$ м, $в' = 5{,}046$ м
$c' = 4{,}341$ м, $\gamma' = 51°57'45''$.

Вариант № 14

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 15°46'18''$; $X_C = 1465{,}675$ м; $Y_C = 2416{,}782$ м.



Измерены:

на поверхности:

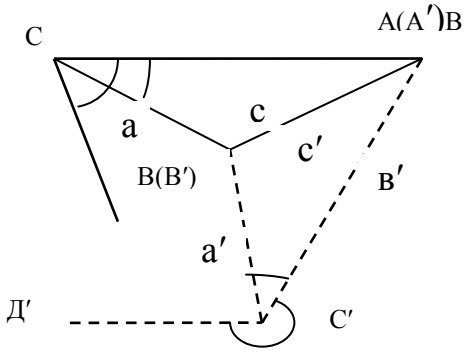
$l_{СД} = 19{,}743$ м, $\beta_{ДСА} = 182°19'39''$,
а = 9,610 м, в = 12,690 м
с = 3,079 м, $\gamma = 0°15'19''$.

в шахте:

$l_{C'Д'} = 25{,}351$ м, $\beta_{BC'Д'} = 359°23'56''$,
$a' = 9{,}176$ м, $в' = 12{,}254$ м
$c' = 3{,}083$ м, $\gamma' = 0°43'58''$.

Вариант № 15

Исходные данные: $\alpha_{ДС} = 154°16'43''$; $X_C = 145416{,}843$ м; $Y_C = 17817{,}460$ м.



Измерены:

на поверхности:

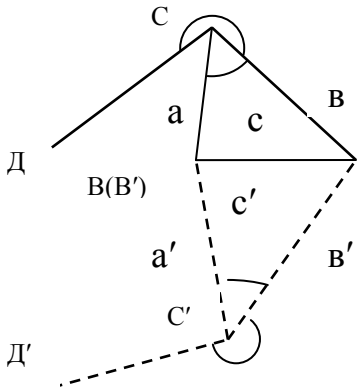
$l_{СД} = 21{,}316$ м, $\beta_{ДСА} = 34°31'46''$,
а = 5,568 м, в = 10,028 м,
с = 4,460 м, $\gamma = 0°34'28''$.

в шахте:

$l_{C'Д'} = 15{,}666$ м, $\beta_{АС'Д'} = 176°43'16''$,
$a' = 2{,}583$ м, $в' = 7{,}048$ м
$c' = 4{,}462$ м, $\gamma' = 0°09'36''$.

Вариант № 16

Исходные данные: $\alpha_{ДС} = 248°17'18''$; $X_C = 46844{,}761$ м; $У_C = 4741{,}816$ м.



Измерены:

на поверхности:

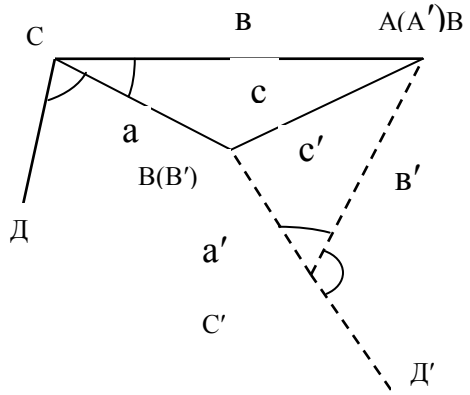
$l_{СД} = 42{,}515$ м, $\beta_{ДСА} = 324°56'32''$,
а = 5,568 м, в = 7,800 м,
с = 2,234 м, $\gamma = 1°05'58''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 11{,}515$ м, $\beta_{АС'Д'} = 174°16'22''$,
а′ = 2,587 м, в′ = 4,816 м
с′ = 2,231 м, $\gamma' = 0°01'24''$.

Вариант № 17

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 192°16'34''$; $X_C = 17465{,}891$ м; $У_C = 7651{,}345$ м.



Измерены:

на поверхности:

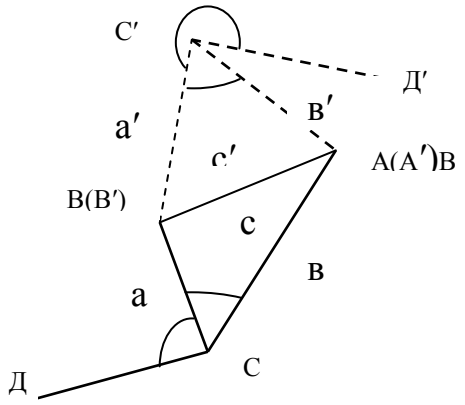
$l_{СД} = 20{,}352$ м, $\beta_{ДСВ} = 34°05'33''$,
а = 7,800 м, в = 10,028 м,
с = 2,228 м, $\gamma = 0°28'11''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 35{,}142$ м, $\beta_{АС'Д'} = 154°16'37''$,
а′ = 4,814 м, в′ = 7,047 м
с′ = 2,231 м, $\gamma' = 0°20'08''$.

Вариант № 18

Исходные данные: $\alpha_{ДС} = 251°44'16''$; $X_C = 74160{,}841$ м; $У_C = 24161{,}715$ м.



Измерены:

на поверхности:

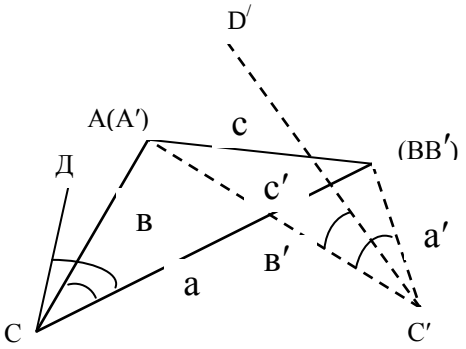
$l_{СД} = 19{,}645$ м, $\beta_{ДСВ} = 102°44'12''$,
а = 10,192 м, в = 16,809 м,
с = 6,620 м, $\gamma = 0°15'51''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 14{,}043$ м, $\beta_{ВС'Д'} = 358°36'02''$,
а′ = 11,154 м, в′ = 4,526 м
с′ = 6,623 м, $\gamma' = 0°08'04''$.

Вариант № 19

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 17°45'18''$; $X_C = 46813{,}741$ м; $У_C = 5541{,}859$ м.



Измерены:

на поверхности:

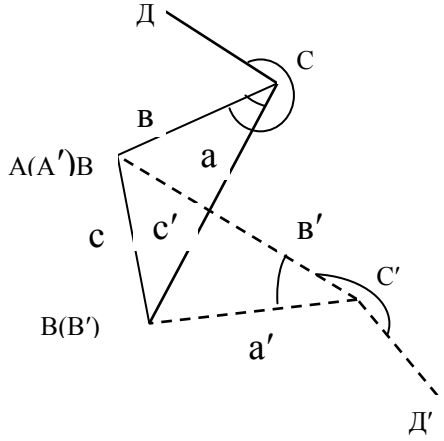
$l_{СД} = 20{,}352$ м, $\beta_{ДСВ} = 43°25'00''$,
а = 14,164 м, в = 9,232 м
с = 4,925 м, $\gamma = 0°40'27''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 16{,}540$ м, $\beta_{АС'Д'} = 1°46'51''$,
а′ = 2,204 м, в′ = 7,125 м
с′ = 4,925 м, $\gamma' = 2°01'20''$.

Вариант № 20

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 341°17'28''$; $X_C = 44615{,}741$ м; $У_C = 3472{,}752$ м.



Измерены:

на поверхности:

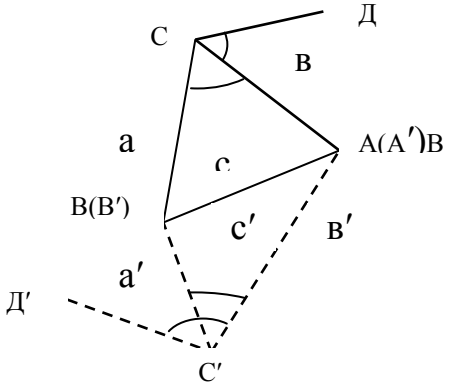
$l_{СД} = 24{,}122$ м, $\beta_{ДСА} = 247°55'20''$,
а = 8,012 м, в = 5,989 м,
с = 2,023 м, $\gamma = 0°45'15''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 15{,}198$ м, $\beta_{АС'Д'} = 180°24'34''$,
а′ = 5,814 м, в′ = 7,842 м
с′ = 2,026 м, $\gamma' = 0°43'34''$.

Вариант № 21

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 65°44'18''$; $X_C = 76841{,}615$ м; $У_C = 17448{,}722$ м.



Измерены:

на поверхности:

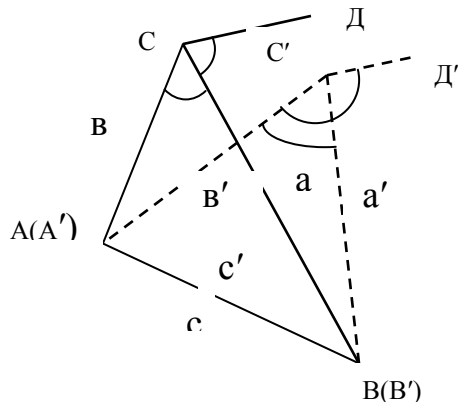
$l_{СД} = 18{,}532$ м, $\beta_{ДСА} = 174°18'54''$,
а = 6,295 м, в = 2,758 м,
с = 3,536 м, $\gamma = 0°16'07''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 14{,}844$ м, $\beta_{АС'Д'} = 101°46'16''$,
а′ = 3,298 м, в′ = 6,830 м
с′ = 3,534 м, $\gamma' = 0°46'54''$.

Вариант № 22

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 17°48'34''$; $X_С = 48469{,}715$ м; $У_С = 9718{,}541$ м.



Измерены:

на поверхности:

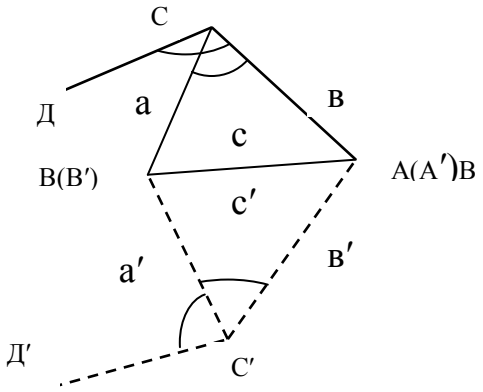
$l_{СД} = 16{,}540$ м, $\beta_{ДСВ} = 148°16'34''$,
а = 7,139 м, в = 2,509 м,
с = 4,630 м, $\gamma = 0°06'18''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 19{,}535$ м, $\beta_{АС'Д'} = 175°44'32''$,
а′ = 7,357 м, в′ = 2,726 м
с′ = 4,632 м, $\gamma' = 0°31'21''$.

Вариант № 23

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 246°16'34''$; $X_С = 11446{,}715$ м; $У_С = 5458{,}541$ м.



Измерены:

на поверхности:

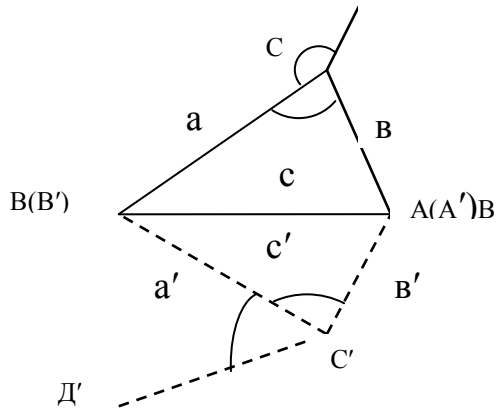
$l_{СД} = 19{,}895$ м, $\beta_{ДСА} = 138°19'37''$,
а = 7,164 м, в = 5,016 м,
с = 2,683 м, $\gamma = 15°23'37''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 25{,}636$ м, $\beta_{ВС'Д'} = 107°17'22''$,
а′ = 9,425 м, в′ = 6,747 м
с′ = 2,683 м, $\gamma' = 1°30'54''$.

Вариант № 24

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 16°45'14''$; $X_С = 46844{,}716$ м; $У_С = 8175{,}446$ м.



Измерены:

на поверхности:

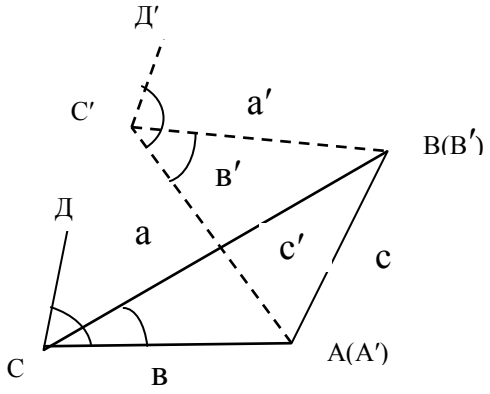
$l_{СД} = 18{,}351$ м, $\beta_{ДСА} = 138°17'41''$,
а = 7,142 м, в = 5,026 м,
с = 2,661 м, $\gamma = 15°30'19''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 17{,}543$ м, $\beta_{ВС'Д'} = 107°13'55''$,
а′ = 9,398 м, в′ = 6,747 м
с′ = 2,660 м, $\gamma' = 1°43'21''$.

Вариант № 25

Исходные данные: $\alpha_{ДС} = 182°55'04''$; $X_C = 29188{,}830$ м; $Y_C = 110485{,}370$ м.



Измерены:

на поверхности:

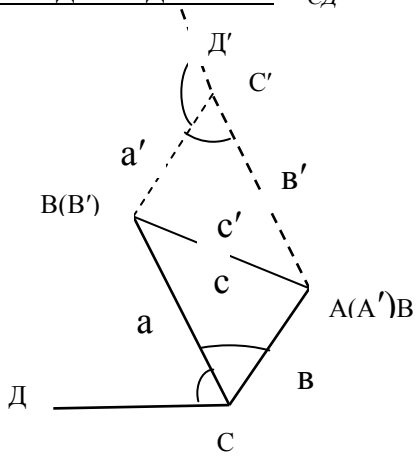
$l_{СД} = 25{,}164$ м, $\beta_{ДСА} = 16°29'00''$,
а = 5,848 м, в = 4,377 м
с = 1,468 м, $\gamma = 1°27'30''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 45{,}616$ м, $\beta_{АС'Д'} = 103°38'05''$,
а′ = 2,782 м, в′ = 4,218 м
с′ = 1,468 м, $\gamma' = 5°10'45''$.

Вариант № 26

Исходные данные: $\alpha_{СД} = 268°15'16''$; $X_C = 2494{,}820$ м; $Y_C = 11594{,}508$ м.



Измерены:

на поверхности:

$l_{СД} = 35{,}114$ м, $\beta_{ДСВ} = 54°04'55''$,
а = 11,245 м, в = 7,118 м,
с = 4,128 м, $\gamma = 1°07'15''$.

в шахте:

$l_{С'Д'} = 15{,}799$ м, $\beta_{ВС'Д'} = 168°48'10''$,
а′ = 9,386 м, в′ = 13,512 м
с′ = 4,126 м, $\gamma' = 1°30'10''$.

Лабораторная работа №5
КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СЪЕМОК ЧЕРЕЗ ОДИН ВЕРТИКАЛЬНЫЙ СТВОЛ. СПОСОБ ПРИМЫКАНИЯ «СОЕДИНИТЕЛЬНЫЙ ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНИК» - 4 часа

Задание: Провести камеральную обработку результатов геометрического ориентирования подземных съемок через один вертикальный ствол. Примыкание способом «соединительного четырехугольника».

Необходимые инструменты и приборы: Инженерные калькуляторы и формуляры.

Методические рекомендации: Решение задачи примыкания по способу «соединительного четырехугольника» осуществляется только на

ориентируемом горизонте (рисунок 16).

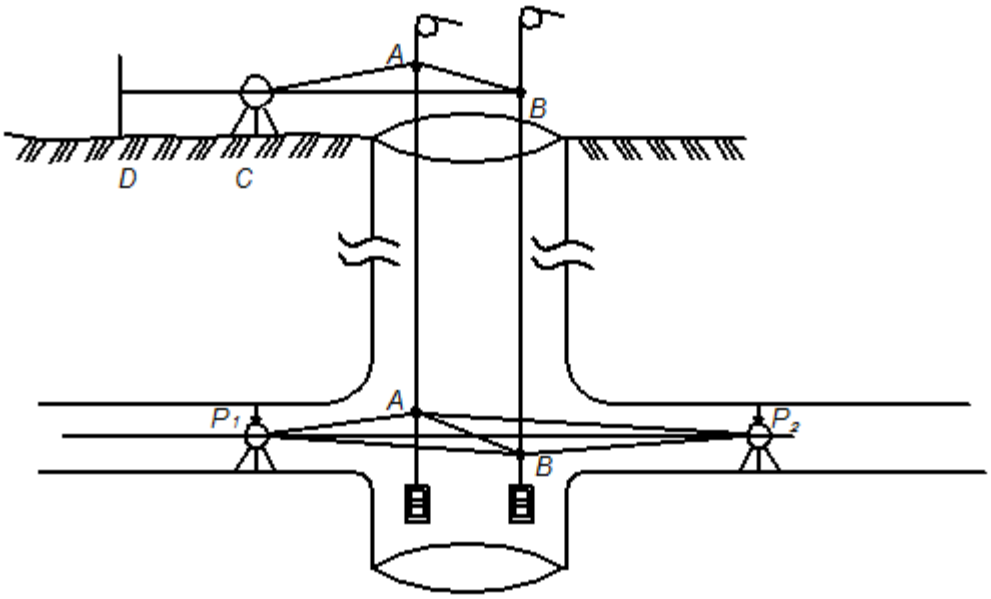


Рисунок 16. Схема примыкания способом «соединительного четырехугольника»

Примыкание на поверхности произведено способом «соединительного треугольника» и вычислены координаты отвесов A (x_A, y_A.), B (x_B, y_B), дирекционный угол створа отвесов α_{AB}. На ориентируемом горизонте примыкание произведено способом «соединительного четырехугольника». Измерены горизонтальные углы α_1, α_2, β_1, β_2 и P_1P_2. Методика измерений, как при примыкании соединительным треугольником. Требуется определить координаты точек P_1 и P_2 и дирекционный угол стороны $\alpha_{P_1P_2}$.

Задача решается двумя способами: способом условных координат и способом введения вспомогательных точек.

I. Решение задачи способом условных координат (рисунок 17).

Точка P_1 начало условной системы координат положительная направление оси x' направлена на точку P_2. В принятой условной системе координат вычисляют условные азимуты сторон четырехугольника:

$$x'_{P_1} = 0; \quad y'_{P_1} = 0; \quad \alpha_{P_1P_2} = 0$$
$$x'_{P_2} = d; \quad y'_{P_2} = 0$$

$$\left.\begin{aligned} \alpha_{P_1A} &= 360^0 - \alpha_1; & \alpha_{P_2A} &= 180^0 + \alpha_2 \\ \alpha_{P_2B} &= \beta_1 & \alpha_{P_2B} &= 180^0 - \beta_2 \end{aligned}\right\} \qquad (33)$$

В треугольниках P_1AP_2 и P_1P_2B по теореме синусов определяют длины сторон:

$$\left.\begin{aligned} l_{P_1A} &= \frac{d \cdot \sin\alpha_2}{\sin(\alpha_1+\alpha_2)}; & l_{P_2A} &= \frac{d \cdot \sin\alpha_1}{\sin(\alpha_1+\alpha_2)} \\ l_{P_1B} &= \frac{d \cdot \sin\beta_2}{\sin(\beta_1+\beta_2)}; & l_{P_2B} &= \frac{d \cdot \sin\beta_1}{\sin(\beta_1+\beta_2)} \end{aligned}\right\}$$

где d – длина стороны P_1P_2.

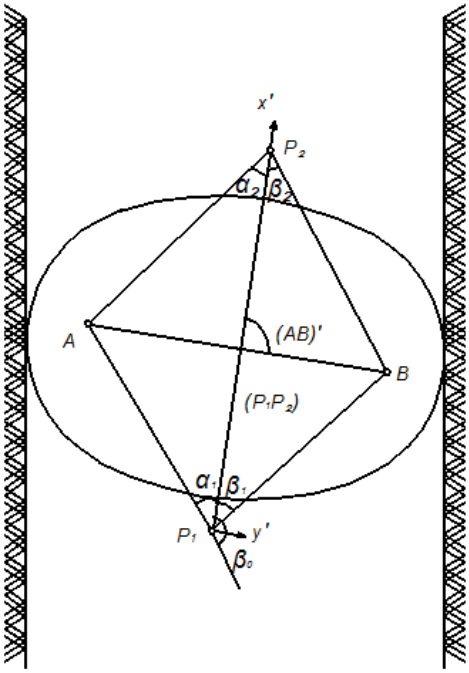


Рисунок 17. Схема решения соединительного четырехугольника способом условного азимута

Вычисляют условные координаты отвесов А и В:

$$\left.\begin{aligned} x'_A &= x'_{P_1} + l_{P_1A}\cos\alpha_{(P_1A)'} = x'_{P_2} + l_{P_2A}\cos\alpha_{(P_2A)'}; \\ y'_A &= y'_{P_1} + l_{P_1A}\sin\alpha_{(P_1A)'} = y'_{P_2} + l_{P_2A}\sin\alpha_{(P_2A)'}; \\ x'_B &= x'_{P_1} + l_{P_1B}\cos\alpha_{(P_1B)'} = x'_{P_2} + l_{P_2B}\cos\alpha_{(P_2B)'}; \\ y'_B &= y'_{P_1} + l_{P_1B}\sin\alpha_{(P_1B)'} = x'_{P_2} + l_{P_2B}\sin\alpha_{(P_2B)'} \end{aligned}\right\} \quad (35)$$

По условным координатам вычисляют условный азимут створа отвесов и расстояние между отвесами:

$$tg\alpha_{(AB)'} = \frac{y'_B - y'_A}{x'_B - x'_A}$$

$$c_{AB} = \frac{y'_B - y'_A}{\sin \alpha_{(AB)'}} = \frac{x'_B - x'_A}{\cos \alpha_{(AB)'}}$$

Вычисленное расстояние между отвесами c_{AB} сравнивают с непосредственно измеренным расстоянием c на поверхности. При этом $\Delta c = c_B - c \leq 4$ мм.

Вычисляют дирекционный угол створа точек P_1 и P_2 в системе координат на поверхности:

$$\alpha_{(P_1P_2)'} = \alpha_{(AB)'} - \alpha_{(AB)'} \tag{37}$$

Вычисляют дирекционные углы сторон четырехугольника в системе координат принятой на поверхности:

$$\begin{aligned} &\alpha_{AP_1} = \alpha_{P_1P_2} - \alpha_1; \qquad \alpha_{AP_2} = \alpha_{P_2P_1} + \alpha_2; \\ &\alpha_{BP_1} = \alpha_{P_1P_2} + \beta_1; \qquad \alpha_{BP_2} = \alpha_{P_2P_1} - \beta_2. \end{aligned} \tag{38}$$

Вычисляют координаты точек P_1 и P_2 в системе координат на поверхности:

$$\begin{aligned} x_{P_1} &= x_A + l_{AP_1} \cdot \cos \alpha_{AP_1} = x_B + l_{BP_1} \cdot \cos \alpha_{BP_1} \\ y_{P_1} &= y_A + l_{AP_1} \cdot \sin \alpha_{AP_1} = y_B + l_{BP_1} \cdot \sin \alpha_{BP_1} \\ x_{P_2} &= x_A + l_{AP_2} \cdot \cos \alpha_{AP_2} = x_B + l_{BP_2} \cdot \cos \alpha_{BP_2} \\ y_{P_2} &= y_A + l_{AP_2} \cdot \sin \alpha_{AP_2} = y_B + l_{BP_2} \cdot \sin \alpha_{BP_2} \end{aligned} \tag{39}$$

Контроль вычисления расстояния:

$$d_B = \frac{y_{P_2} - y_{P_1}}{\sin \alpha_{(P_1P_2)}} = \frac{x_{P_2} - x_{P_1}}{\cos \alpha_{(P_1P_2)}}. \tag{40}$$

Вычисленное расстояние между точками P_1 и P_2 d_B сравнивают с непосредственно измеренным расстоянием d. При этом $\Delta d = d_B - d \leq 2$ мм.

II. Решение задачи способом введения вспомогательных точек (рисунок 18).

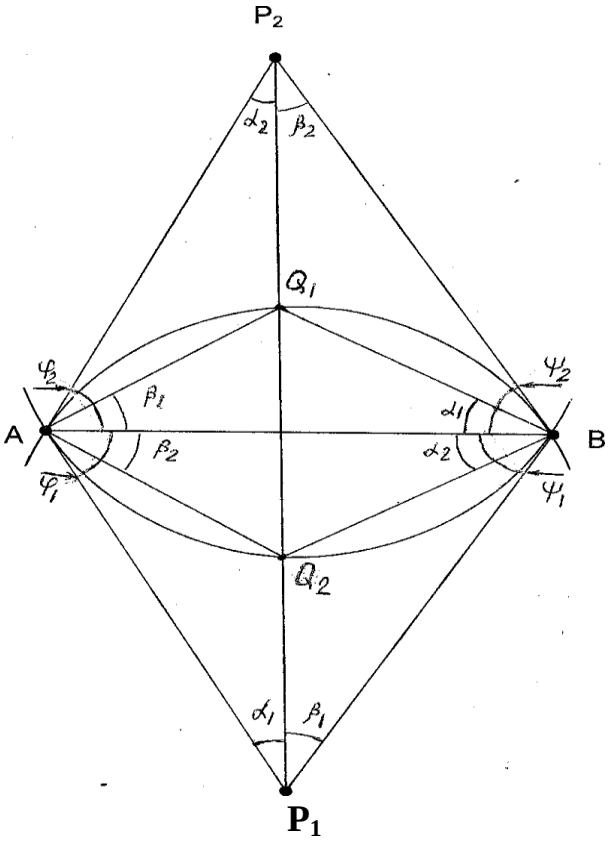


Рисунок 18. Метод определения мест вспомогательных точек Q_1 и Q_2

Вспомогательные точки Q_1 и Q_2 находятся на пересечении окружности проведенные через точки ABP_1 и ABP_2 со стороной $l_{P_1P_2}$

В схеме:

$$\beta_{AP_1Q_1} = \beta_{ABQ_1} = \alpha_1; \qquad \beta_{BP_1Q_1} = \beta_{BAQ_1} = \beta_1;$$
$$\beta_{AP_2Q_2} = \beta_{ABQ_2} = \alpha_2; \qquad \beta_{BP_2Q_2} = \beta_{BAQ_2} = \beta_2. \tag{41}$$

Как углы, вписанные в одну окружность и опирающийся на одинаковые дуги.

Решение выполняется в следующей последовательности:

1. Используя известный дирекционный угол $\alpha_{(AB)}$ створов отвесов (АВ) и углов α_1, β_1, α_2, β_2 вычисляют дирекционные углы α_{AQ_1}, α_{AQ_2}, α_{BQ_1}, α_{BQ_2} сторон l_{AQ_1}, l_{AQ_2}, l_{BQ_1}, l_{BQ_2}:

$$\alpha_{AQ_1} = \alpha_{AB} - \beta_1; \qquad \alpha_{AQ_2} = \alpha_{AB} + \beta_2;$$
$$\alpha_{BQ_1} = \alpha_{BA} + \alpha_1; \qquad \alpha_{BQ_2} = \alpha_{BA} - \alpha_2. \tag{42}$$

2. В треугольниках ABQ_1 и ABQ_2 используя величину известного

расстояния l_{AB} и измеренные углы α_1, β_1, α_2, β_2 по теореме синусов вычисляют длину сторон l_{AQ_1}, l_{AQ_2}, l_{BQ_1}, l_{BQ_2}:

$$l_{AQ_1} = \frac{l_{AB} \cdot \sin \alpha_1}{\sin \alpha_1 + \sin \beta_1}; \qquad l_{BQ_1} = \frac{l_{AB} \cdot \sin \beta_1}{\sin \alpha_1 + \sin \beta_1};$$
$$l_{AQ_2} = \frac{l_{AB} \cdot \sin \alpha_2}{\sin \alpha_2 + \sin \beta_2}; \qquad l_{BQ_2} = \frac{l_{AB} \cdot \sin \beta_2}{\sin \alpha_2 + \sin \beta_2}. \tag{43}$$

3. Используя вычисление в треугольниках ABQ_1 и ABQ_2 длины l_{AQ_1}, l_{AQ_2}, l_{BQ_1}, l_{BQ_2} и дирекционные углы α_{AQ_1}, α_{AQ_2}, α_{BQ_1}, α_{BQ_2} сторон вычисляют координаты x_{Q_1}, y_{Q_1}, x_{Q_2}, y_{Q_2} точек Q_1 и Q_2:

$$\begin{aligned} x_{Q_1} &= x_A + l_{AQ_1} \cdot \cos\alpha_{(AQ_1)} = x_B + l_{BQ_1} \cdot \cos\alpha_{(BQ_1)}; \\ y_{Q_1} &= y_A + l_{AQ_1} \cdot \sin\alpha_{(AQ_1)} = y_B + l_{BQ_1} \cdot \sin\alpha_{(BQ_1)}; \\ x_{Q_2} &= x_A + l_{AQ_2} \cdot \cos\alpha_{(AQ_2)} = x_B + l_{BQ_2} \cdot \cos\alpha_{(BQ_2)}; \\ y_{Q_2} &= y_A + l_{AQ_2} \cdot \sin\alpha_{(AQ_2)} = y_B + l_{BQ_2} \cdot \sin\alpha_{(BQ_2)}. \end{aligned} \tag{44}$$

4. По координатам x_{Q_1}, y_{Q_1}, x_{Q_2}, y_{Q_2} точек Q_1 и Q_2 решением обратной геодезической задачи определяют дирекционный угол $\alpha_{Q_1Q_2}$ стороны $l_{Q_1Q_2}$:

$$tg\alpha_{(Q_2Q_1)} = \frac{y_{Q_1} - y_{Q_2}}{x_{Q_1} - x_{Q_2}};$$
$$\alpha_{(Q_2Q_1)} = \alpha_{(P_1P_2)}. \tag{45}$$

Дирекционные углы $\alpha_{(Q_2Q_1)}$ и $\alpha_{(P_1P_2)}$ сторон одинаковы поскольку точки P_1, Q_2, Q_1 и P_2 лежат на одной прямой.

5. Вычисляют дирекционные углы сторон:

$$\begin{aligned} \alpha_{AP_1} &= \alpha_{P_2P_1} - \alpha_1; & \alpha_{AP_2} &= \alpha_{P_2P_1} + \alpha_2; \\ \alpha_{BP_1} &= \alpha_{P_2P_1} + \beta_1; & \alpha_{BP_2} &= \alpha_{P_1P_2} - \beta_2 \end{aligned} \tag{46}$$

6. Используя вычисленные дирекционные углы и известный дирекционный угол створа отвесов *(AB)* определяют значения углов φ_1, φ_2, ψ_1, ψ_2:

$$\varphi_1 = \alpha_{AP_1} - \alpha_{AB}; \quad \psi_1 = \alpha_{BA} - \alpha_{BP_1};$$
$$\varphi_1 + \psi_1 + \alpha_1 + \beta_1 - 180^0 = f_\beta.$$
$$\varphi_2 = \alpha_{AB} - \alpha_{AP_2}; \quad \psi_2 = \alpha_{BP_2} - \alpha_{BA}; \qquad (47)$$
$$\varphi_2 + \psi_2 + \alpha_2 + \beta_2 - 180^0 = f_\beta$$
$$\varphi_1 + \psi_1 + \alpha_1 + \beta_1 - 180° = f_\beta.$$

Угловая невязка распределяется пополам с обратным знаком только на вычисленные углы.

7. По теореме синусов определяют длины сторон:

$$l_{AP_1} = \frac{l_{AB} \cdot \sin \psi_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)}; \qquad l_{BP_1} = \frac{l_{AB} \cdot \sin \varphi_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)};$$
$$l_{AP_2} = \frac{l_{AB} \cdot \sin \psi_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)}; \qquad l_{BP_2} = \frac{l_{AB} \cdot \sin \psi_2}{\sin(\alpha_2 + \beta_2)}. \qquad (48)$$

8. Вычисляют координаты примычных точек P_1 и P_2 в системе координат на поверхности:

$$x_{P_1} = x_A + l_{AP_1} \cdot \cos\alpha_{(AP_1)} = x_B + l_{BP_1} \cdot \cos\alpha_{(BP_1)};$$
$$y_{P_1} = y_A + l_{AP_1} \cdot \sin\alpha_{(AP_1)} = y_B + l_{BP_1} \cdot \sin\alpha_{(BP_1)}; \qquad (49)$$
$$x_{P_2} = x_A + l_{AP_2} \cdot \cos\alpha_{(AP_2)} = x_B + l_{BP_2} \cdot \cos\alpha_{(BP_2)};$$
$$y_{P_2} = y_A + l_{AP_2} \cdot \sin\alpha_{(AP_2)} = y_B + l_{BP_2} \cdot \cos\alpha_{(BP_2)}.$$

Контроль вычисления расстояния:

$$d_B = \frac{y_{P_2} - y_{P_1}}{\sin\alpha_{(P_1P_2)}} = \frac{x_{P_2} - x_{P_1}}{\cos\alpha_{(P_1P_2)}}. \qquad (50)$$

Вычисленное расстояние d_B между точками P_1 и P_2 сравнивают с непосредственно измеренным расстоянием d. При этом $\Delta d = d_B - d \leq 5$ мм.

Ниже приведены данные индивидуальных заданий для студентов.

Исходные данные							Данные измерения вземлей шахте				
№	α_{AB}	l_{AB},, м	$У_A$	$У_B$	X_A	X_B	α_1	α_2	β_1	β_2	d, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	$15^0 25' 10''$	3,405	287,372	288,278	588,500	591,783	$31^0 45' 20''$	$30^0 35' 10''$	$33^0 10' 10''$	$32^0 30' 15''$	5,450
2	$350^0 08' 20''$	3,406	524,320	523,737	485,370	488,726	$31^0 45' 20''$	$30^0 35' 10''$	$33^0 10' 10''$	$32^0 30' 15''$	5,450
3	$32^0 15' 20''$	3,301	1247,082	1248,846	936,085	938,875	$19^0 25' 10''$	$20^0 18' 20''$	$18^0 22' 30''$	$20^0 15' 20''$	9,282
4	$315^0 14' 10''$	3,301	722,018	719,694	406,837	409,181	$19^0 25' 10''$	$20^0 18' 20''$	$18^0 22' 30''$	$20^0 15' 20''$	9,282
5	$46^0 32' 02''$	4,757	342,030	345,482	527,020	530,292	$47^0 19' 20''$	$46^0 15' 10''$	$46^0 35' 27''$	$45^0 17' 13''$	4,537
6	$292^0 13' 20''$	4,757	520,870	516,466	345,287	347,086	$47^0 19' 20''$	$46^0 15' 10''$	$46^0 35' 27''$	$45^0 17' 13''$	4,537
7	$72^0 05' 40''$	5,047	192,087	196,889	320,578	322,130	$51^0 37' 15''$	$50^0 42' 35''$	$49^0 23' 28''$	$49^0 00' 34''$	4,205
8	$227^0 18' 30''$	5,047	480,050	476,340	520,375	516,953	$51^0 37' 15''$	$50^0 42' 35''$	$49^0 23' 28''$	$49^0 00' 34''$	4,205
9	$105^0 37' 20''$	3,788	1239,370	1243,018	2182,072	2181,052	$45^0 03' 10''$	$25^0 15' 30''$	$21^0 10' 15''$	$21^0 17' 35''$	6,935
10	$197^0 31' 10''$	3,788	683,257	682,116	256,075	252,463	$45^0 03' 10''$	$25^0 15' 30''$	$21^0 10' 15''$	$21^0 17' 35''$	6,935
11	$152^0 49' 10''$	3,183	1527,982	1529,463	593,070	590,238	$24^0 31' 15''$	$41^0 32' 25''$	$19^0 42' 18''$	$28^0 30' 12''$	6,120
12	$152^0 49' 10''$	3,183	321,074	322,528	350,060	347,228	$24^0 31' 15''$	$41^0 32' 23''$	$19^0 42' 18''$	$28^0 30' 14''$	6,122
13	$197^0 31' 40''$	4,231	321,081	319,807	520,039	516,005	$37^0 18' 15''$	$29^0 02' 46''$	$31^0 09' 22''$	$14^0 19' 28''$	8,195
14	$105^0 37' 20''$	4,231	1242,372	1246,445	1486,085	1484,946	$37^0 18' 15''$	$29^0 02' 46''$	$31^0 09' 22''$	$14^0 19' 28''$	8,195
15	$227^0 18' 50''$	3,971	101,005	98,086	95,080	92,388	$48^0 10' 10''$	$26^0 18' 40''$	$47^0 32' 15''$	$24^0 10' 38''$	6,005
16	$72^0 05' 40''$	3,971	949,376	953,155	846,317	847,538	$48^0 10' 11''$	$26^0 18' 38''$	$47^0 32' 16''$	$24^0 10' 39''$	6,004
17	$292^0 13' 30''$	1,880	229,311	227,571	321,830	322,541	$10^0 28' 30''$	$12^0 10' 28''$	$11^0 13' 18''$	$11^0 19' 19''$	9,282
18	$46^0 32' 50''$	1,880	521,842	523,206	346,258	347,551	$10^0 28' 32''$	$12^0 10' 30''$	$11^0 13' 20''$	$11^0 19' 18''$	9,282
19	$161^0 27' 28''$	5,317	1171,227	1172,918	1218,038	1223,079	$26^0 05' 18''$	$25^0 14' 19''$	$11^0 01' 50''$	$13^0 49' 56''$	14,957
20	$16^0 48' 33''$	3,296	548,316	549,269	814,212	817,367	$28^0 01' 39''$	$26^0 52' 04''$	$7^0 50' 54''$	$7^0 53' 15''$	10,020
21	$185^0 16' 46''$	2,634	1465,716	1465,474	846,314	843,691	$23^0 04' 10''$	$24^0 36' 24''$	$22^0 49' 58''$	$24^0 52' 43''$	5,967
22	$45^0 15' 07''$	4,341	7131,312	7134,395	1944,067	1947,123	$53^0 52' 55''$	$28^0 27' 05''$	$24^0 24' 15''$	$28^0 33' 05''$	6,498
23	$44^0 18' 37''$	4,998	445,176	448,667	988,895	992,471	$84^0 48' 40''$	$44^0 13' 14''$	$47^0 59' 14''$	$80^0 53' 33''$	6,498
24	$348^0 46' 55''$	4,240	448,316	447,491	785,283	789,442	$66^0 43' 15''$	$30^0 17' 13''$	$36^0 05' 48''$	$74^0 06' 38''$	6,604
25	$265^0 17' 45''$	4,187	448,316	444,143	944,823	944,480	$70^0 02' 34''$	$44^0 58' 25''$	$32^0 05' 34''$	$68^0 58' 53''$	7,148

51

Лабораторная работа №6
КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СЪЕМОК ЧЕРЕЗ ДВА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛА - 4 часа

Задание: Провести камеральную обработку результатов геометрического ориентирования подземных съемок через два вертикальных ствола.

Необходимые инструменты и приборы: Инженерные калькуляторы и формуляры.

Методические рекомендации: Соединительная съемка через два вертикальных ствола возможна, когда между стволами пройдены горные выработки. По выработкам прокладывают теодолитный ход, геометрическую связь которого со съемками на поверхности устанавливают при помощи отвесов. Задача ориентирования через два ствола заключается в определении дирекционных углов сторон и координат всех точек теодолитного хода, пройденного по подземным выработкам между стволами.

Схема ориентирования через два ствола показана на рисунке 19 В стволы *A* и *B* опускают по одному отвесу. На поверхности от пунктов опорной сети производят съемку с целью определения координат отвесов. Эта съемка может быть выполнена прокладкой теодолитного хода от одного пункта опорной сети к стволам или от двух пунктов опорной сети, расположенных вблизи стволов. В последнем случае оба пункта, используемые для определения координат отвесов, должны быть пунктами одной и той же опорной сети. В том и другом случае координаты отвесов определяются методом полигонометрии точности 1 : 8000.

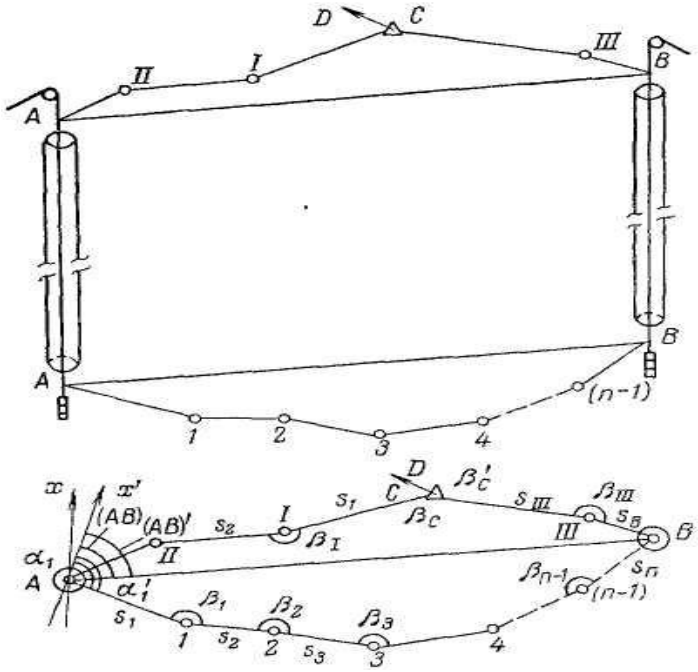


Рисунок 19. Соединительная съемка через две вертикальные выработки

В шахте между стволами прокладывают теодолитный ход первого разряда. При наличии сложной системы околоствольных выработок для прокладки теодолитного хода выбирают выработки, по которым можно было бы проложить ход, более вытянутый по направлению створа отвесов и наименьшей протяженности.

Таким образом, при ориентировании через два ствола выполняют:

1) проектирование точек с поверхности в шахту с помощью отвесов;

2) съемки на поверхности с целью определения координат отвесов (примыкание на поверхности);

3) съемки в шахте с целью определения координат точек теодолитного хода (примыкание в шахте).

При производстве съемки на поверхности измеряют углы: β_C , β_I, β_{II} , β'_C, и β_{III}; длины: s_I, s_{II}, s_A, s_{III} , s_B. При прокладке подземного теодолитного хода (соединительного полигона) между стволами измеряют углы: β_1, β_2, . . ., β_{n-1} и длины: s_1, s_2 , s_3 , …, s_n .

Для решения задачи проектирования используют отвесы. Спуск и закрепление отвесов производятся аналогичным способом с соблюдением требовании и правил безопасности, как и при ориентировании через один вертикальный ствол.

Выше указывалось, что точность решения задачи проектирования существенно зависит от расстояния между отвесами. С увеличением расстояния точность решения задачи повышается.

При ориентировании через два ствола расстояние между отвесами достигает нескольких сотен метров и поэтому угловая ошибка проектирования, будет сравнительно малой. Это обстоятельство позволяет при решении задачи проектирования в данном случае ограничиться проектированием по способу неподвижного отвеса и лишь при расстоянии между отвесами, меньшем 50 *м,* прибегать к проектированию с колеблющимся отвесом с использованием шкал.

Таким образом, при ориентировании через два ствола решение задачи проектирования имеет второстепенное значение. Это указывает на важное преимущество ориентировки через два ствола, по сравнению с ориентировкой через один вертикальный ствол.

Вторым важным преимуществом данного способа ориентировки является спуск в ствол одного отвеса вместо двух при ориентировке через один ствол. Время, затрачиваемое на проектирование и примыкание в данном случае, резко сокращается со значительно меньшей трудоемкостью работ.

Работы должны быть организованы таким образом, чтобы основная часть теодолитных ходов на поверхности и в шахте была пройдена до спуска отвесов. Отвесы опускают последовательно. Опустив отвес *А,* решают задачу примыкания (измеряют угол при точке *II* и расстояние $s_A = l_{A\text{-}II}$ на поверхности). Затем опускают отвес *В* и производят аналогичные измерения (угол при точке I и расстояние s_I в шахте).

Вычисление ориентировки через два ствола производится в следующей последовательности:

1. Вычисляют координаты отвесов *A* и *B* из съемки па поверхности:

$$\begin{aligned} y_A &= y_C + s_1 \sin\alpha_{CI} + s_{II} \sin\alpha_{I-II} + s_A \sin\alpha_{IIA}; \\ x_A &= x_C + s_1 \cos\alpha_{CI} + s_{II} \cos\alpha_{I-II} + s_A \cos\alpha_{IIA}; \\ y_B &= y_C + s_{III} \sin\alpha_{CIII} + s_B \sin\alpha_{III-B}; \\ x_B &= x_C + s_{III} \cos\alpha_{CIII} + s_B \cos\alpha_{III-B} \end{aligned} \qquad (51)$$

где дирекционные углы сторон хода вычисляют по известному дирекционному углу α_{DC} исходной стороны и измеренным углам на поверхности.

2. Вычисляют дирекционный угол α_{AB} линии, соединяющей отвесы и ее горизонтальное проложение *L*:

$$tg\alpha_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

$$L_{AB} = \frac{y_B - y_A}{\sin\alpha_{AB}} = \frac{x_B - x_A}{\cos\alpha_{AB}} \qquad (52)$$

3. Приняв точку *A* за начало условной системы координат ($y'_A = 0$ и $x'_A = 0$) и первую сторону *A - 1* соединительного полигона за ось *OX',* вычисляют координаты отвеса *B:*

$$\left.\begin{aligned} y'_B &= s_1 \sin\alpha'_1 + s_2 \sin\alpha'_2 + \ldots + s_n \sin\alpha'_n; \\ x'_B &= s_1 \cos\alpha'_1 + s_2 \cos\alpha'_2 + \ldots + s_n \cos\alpha'_n \end{aligned}\right\} \qquad (53)$$

где α'_1 ,α'_2 - условные дирекционные углы сторон соединительного полигона;

$$\alpha'_1 = 0; \qquad \alpha'_2 = \alpha'_1 + \beta_1 \pm 180^0; \qquad \alpha'_3 = \alpha'_2 + \beta_2 \pm 180^0 \qquad (54)$$

s_1 , s_2 , ... – длины стороны полигона.

3. По условным координатам отвесов вычисляют условный дирекционный угол α_{AB}' линии, соединяющей отвесы, и ее горизонтальное проложение *L':*

$$tg\alpha_{AB} = \frac{y'_B}{x'_B} \qquad (55)$$

$$L'_{AB} = \frac{y'_B}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{x'_B}{\cos \alpha_{AB}}$$

4. Для контроля ориентировки сравнивают расстояния L и L' между отвесами, вычисленные по координатам отвесов на поверхности и в условной системе координат.

Разность между L и L' не должна быть более допустимой, т.е. относительная ошибка.

$$\frac{1}{L/\Delta L} \le \frac{1}{N},$$

где $\frac{1}{N}$ - относительная ошибка измерения сторон;

$\Delta L = L - L'$.

5. Вычисляют ориентирную поправку $\Delta\alpha$ и дирекционные углы α сторон соединительного полигона в системе координат поверхности:

$$\Delta\alpha = \alpha_{AB} - \alpha_{AB'}; \qquad (56)$$

$$\left.\begin{array}{c} \alpha_1 = \alpha'_1 + \Delta\alpha; \\ \alpha_2 = \alpha_1 + \beta_1 \pm 180^0; \\ \alpha_3 = \alpha_2 + \beta_2 \pm 180^0; \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array}\right\}$$

Вычисление дирекционных углов целесообразно проверять, используя ориентирную поправку:

$$\left.\begin{array}{c} \alpha_1 = \alpha'_1 + \Delta\alpha; \\ \alpha_2 = \alpha'_2 + \Delta\alpha; \\ \alpha_3 = \alpha'_3 + \Delta\alpha; \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array}\right\} \qquad (57)$$

7. Вычисляют приращения координат точек соединительного (подземного) полигона в системе координат поверхности и определяют невязки в приращениях координат:

$$f_y = \sum \Delta y - (y_B - y_A); \qquad f_x = \sum \Delta x - (x_B - x_A). \qquad (58)$$

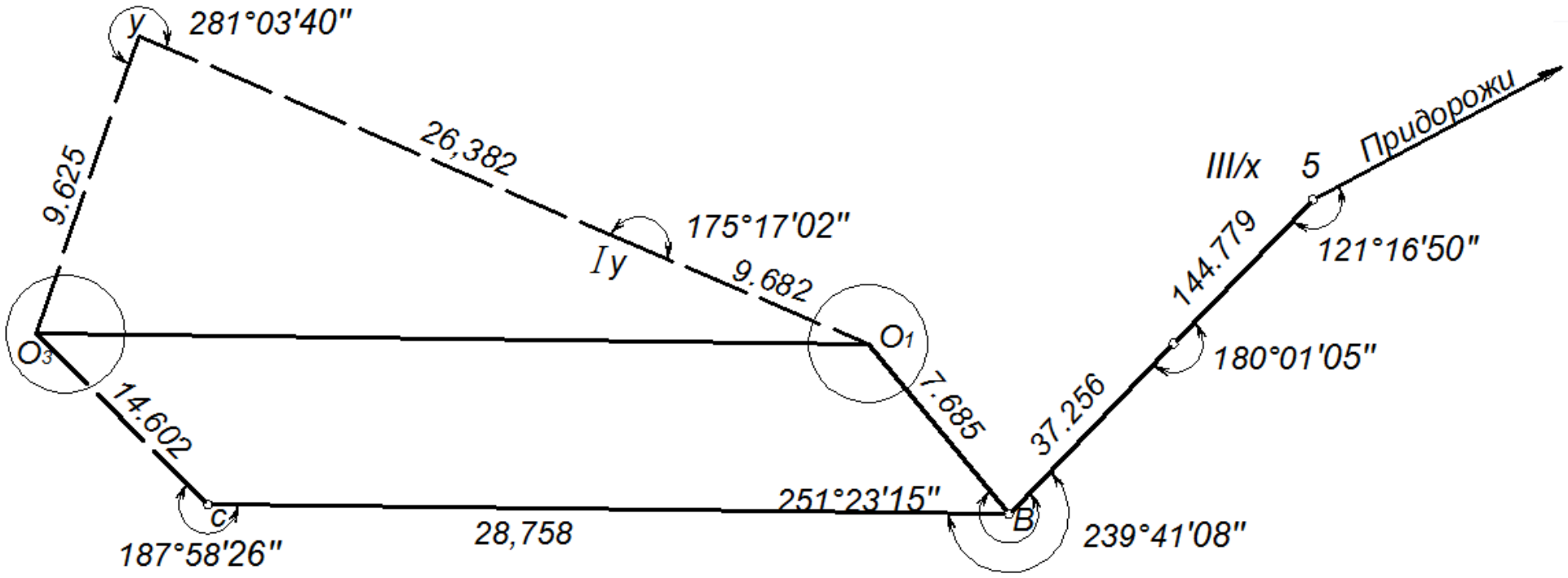
8. Распределяют невязки f_y и f_x с обратным знаком пропорционально длинам сторон и вычисляют окончательные координаты точек соединительного полигона в системе координат поверхности.

$$y_B = y_A + s_1 \sin \alpha_1 + s_2 \sin \alpha_2 + \ldots + s_n \sin \alpha_n ;$$
$$x_B = x_A + s_1 \cos \alpha_1 + s_2 \cos \alpha_2 + \ldots + s_n \cos \alpha_n . \quad (59)$$

Ниже приведены данные индивидуальных заданий для студентов.

Вариант №1

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Придорожный – ш/х-5) = 207°45′36″

$X_{Ш/Х-5}$ = +1200,000 м

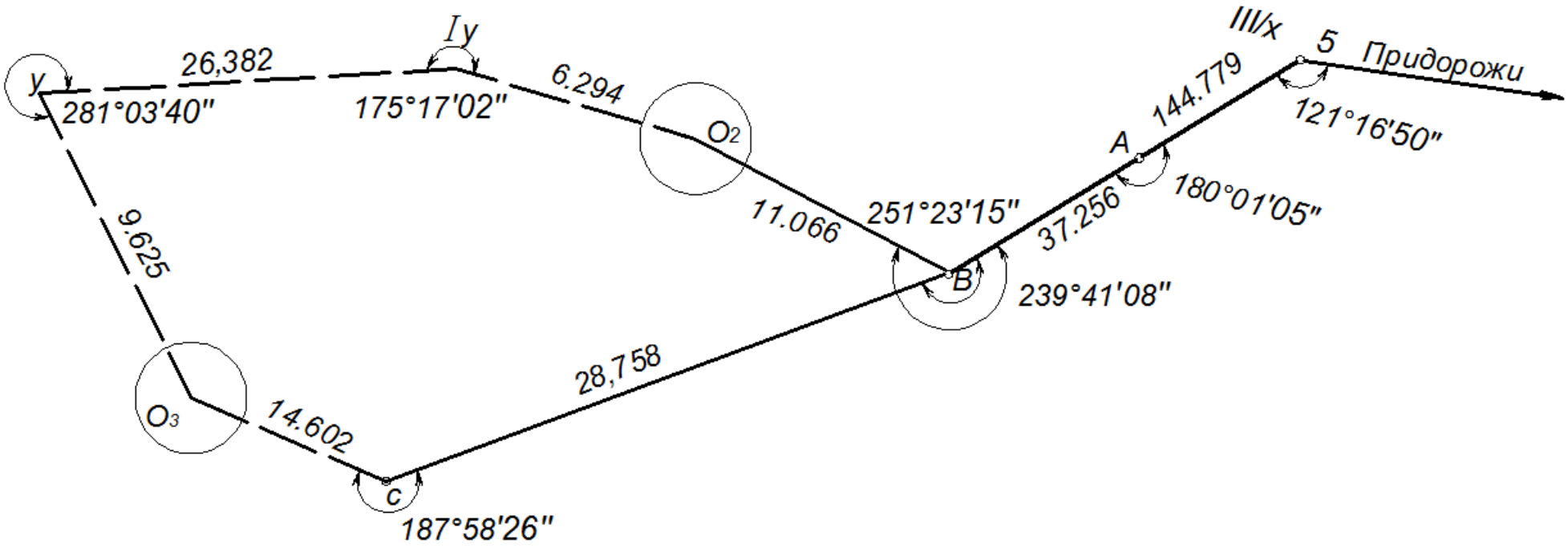
$У_{Ш/Х-5}$ = +1200,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №2

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (ш/х-5 - Придорожный) = 27°45′36″

$X_{Ш/Х\text{-}5}$ = +1200,000 м

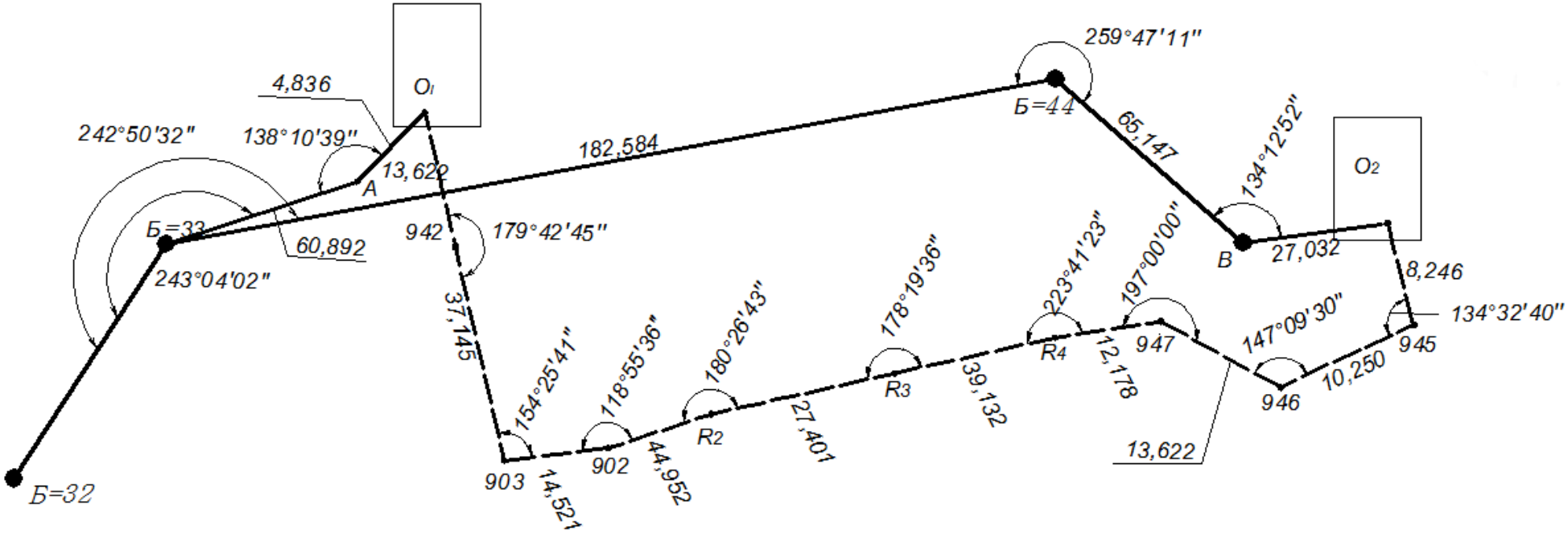
$У_{Ш/Х\text{-}5}$ = +1200,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №3

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Б–32-----Б-33) = 62°17′58″

$X_{Б-33}$ = +200,000 м

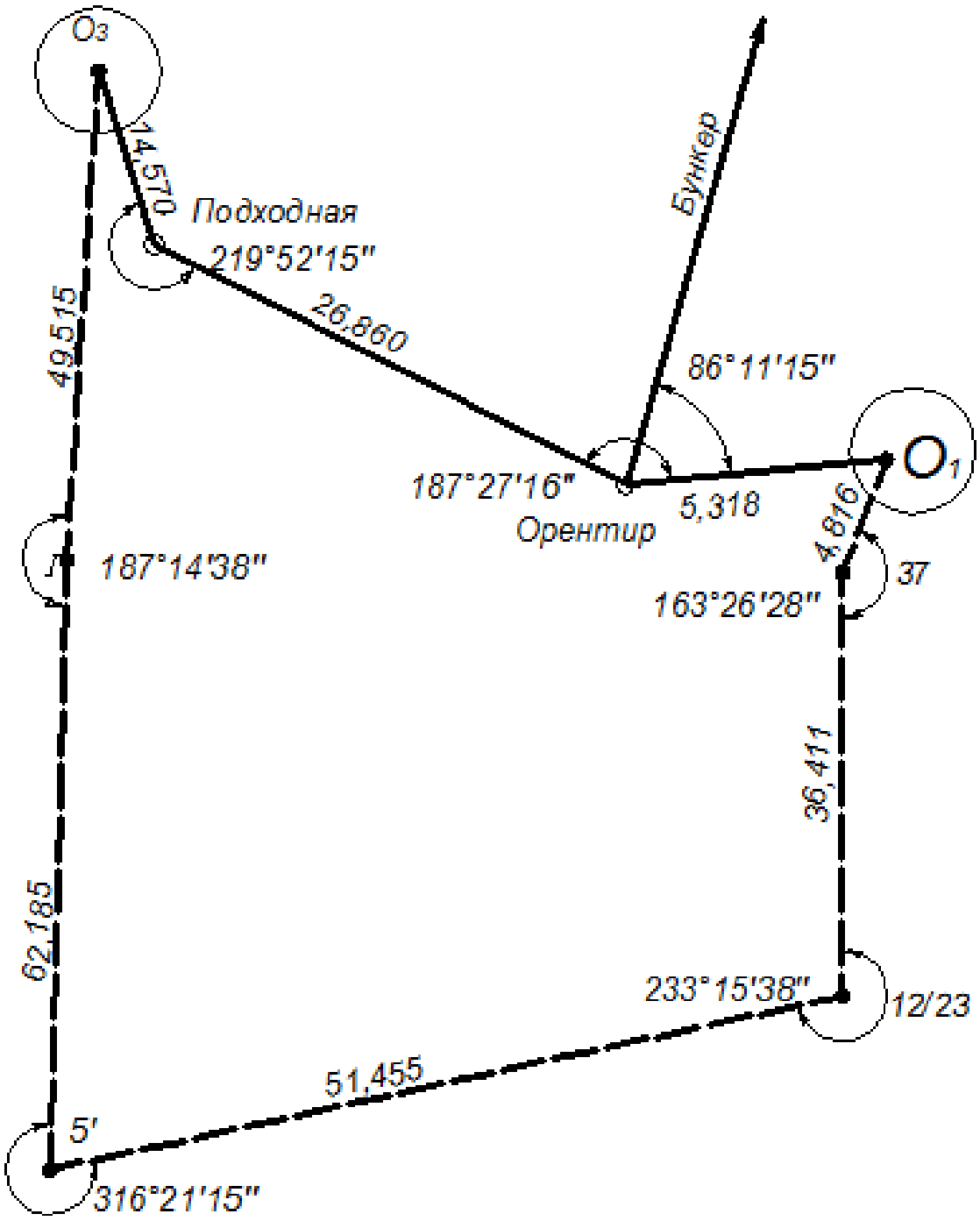
$У_{Б-33}$ = +200,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №4

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Ориентир-Бункер) = 5°16′58″

$X_{ОР.}$ = +1200,000 м

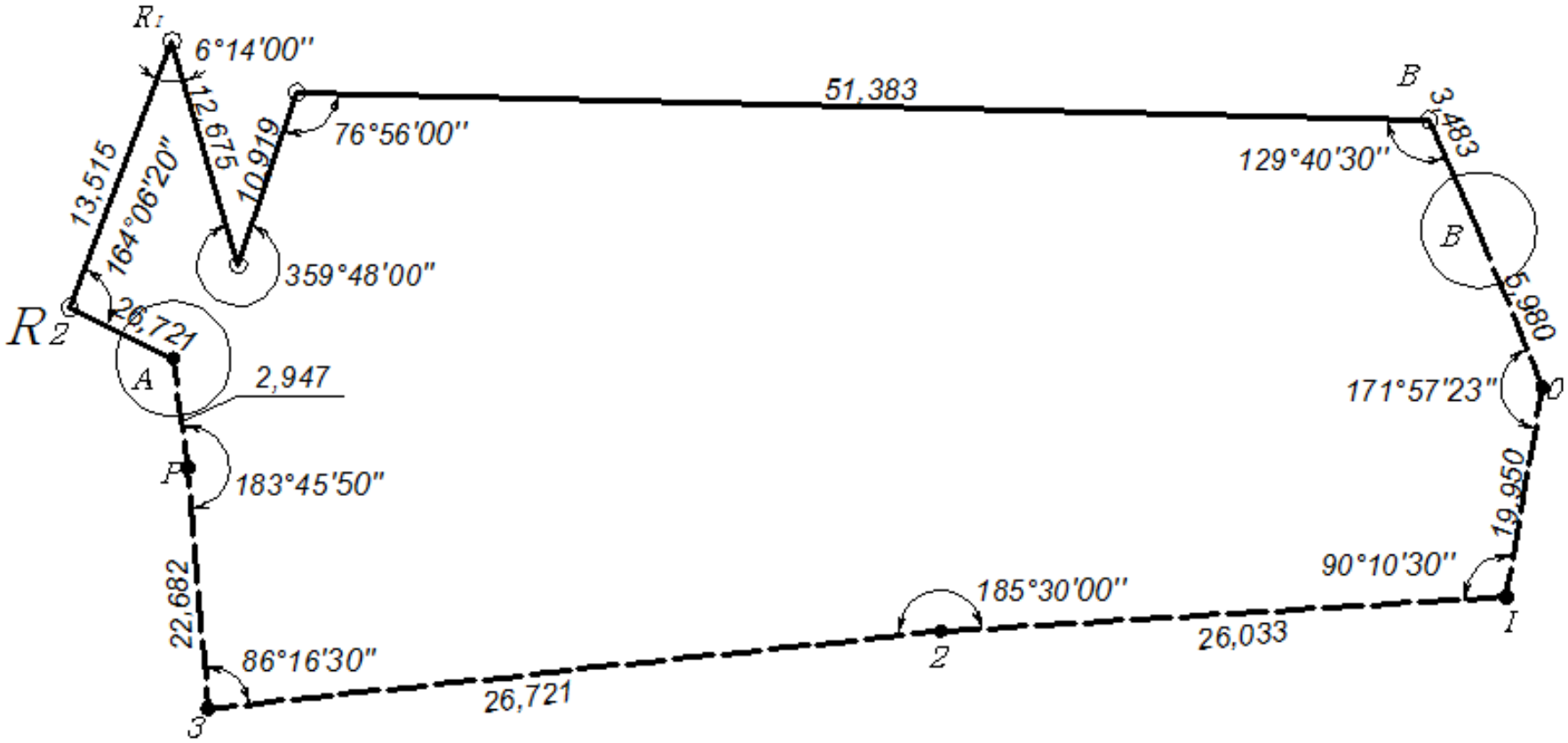
$У_{ОР.}$ = +1200,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №5

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Г.С.) -M_3 = 16°46′58″

$X_{Г.С.}$ = +200,000 м

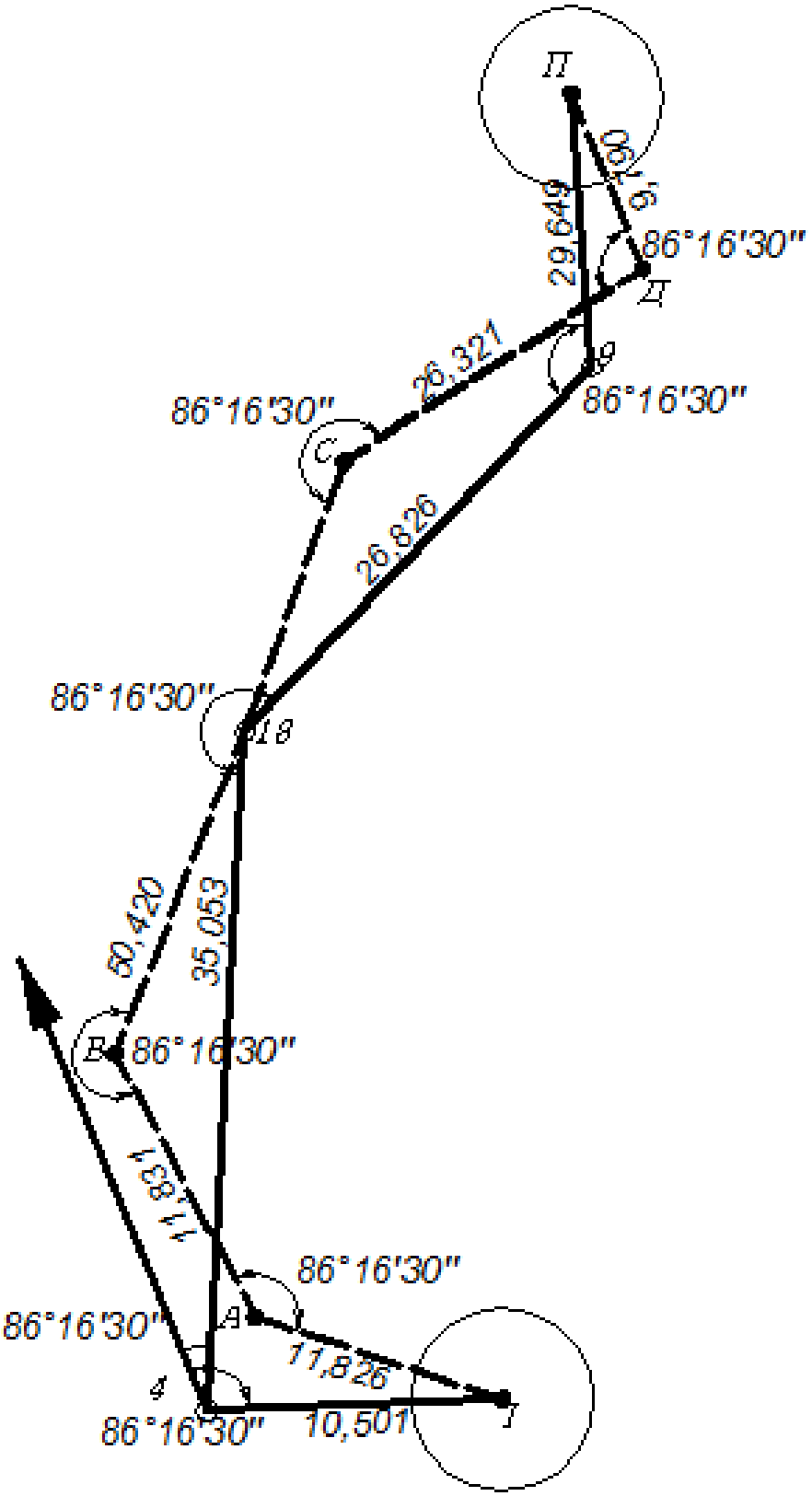
$У_{Г.С.}$ = +200,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №6

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (3 - 4) = 308°21′36″

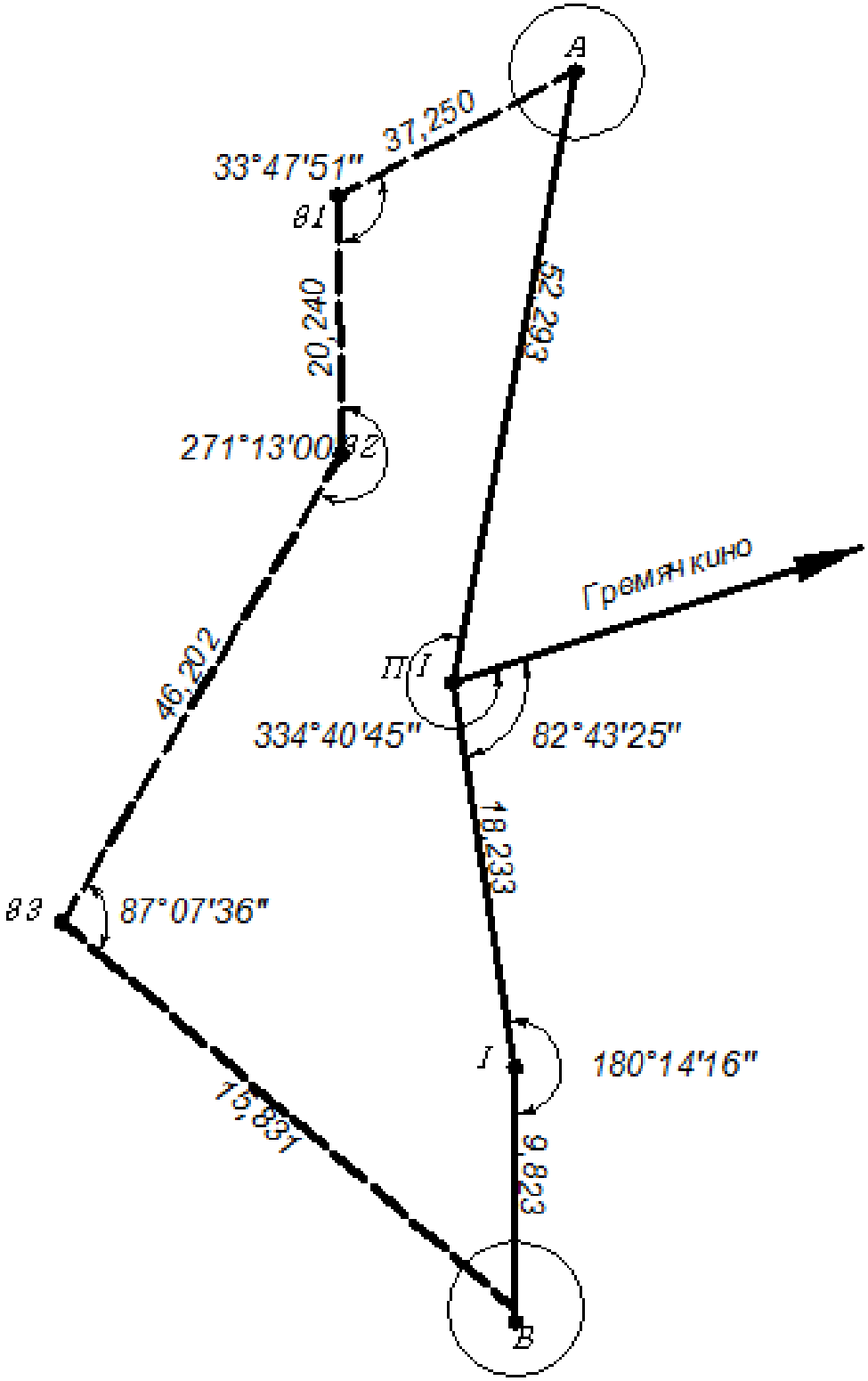
X_4 = +200,000 м $У_4$ = +200,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №7

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Гремячино – П.I) = 98°46′18″

$X_{П.I}$ = +200,000 м

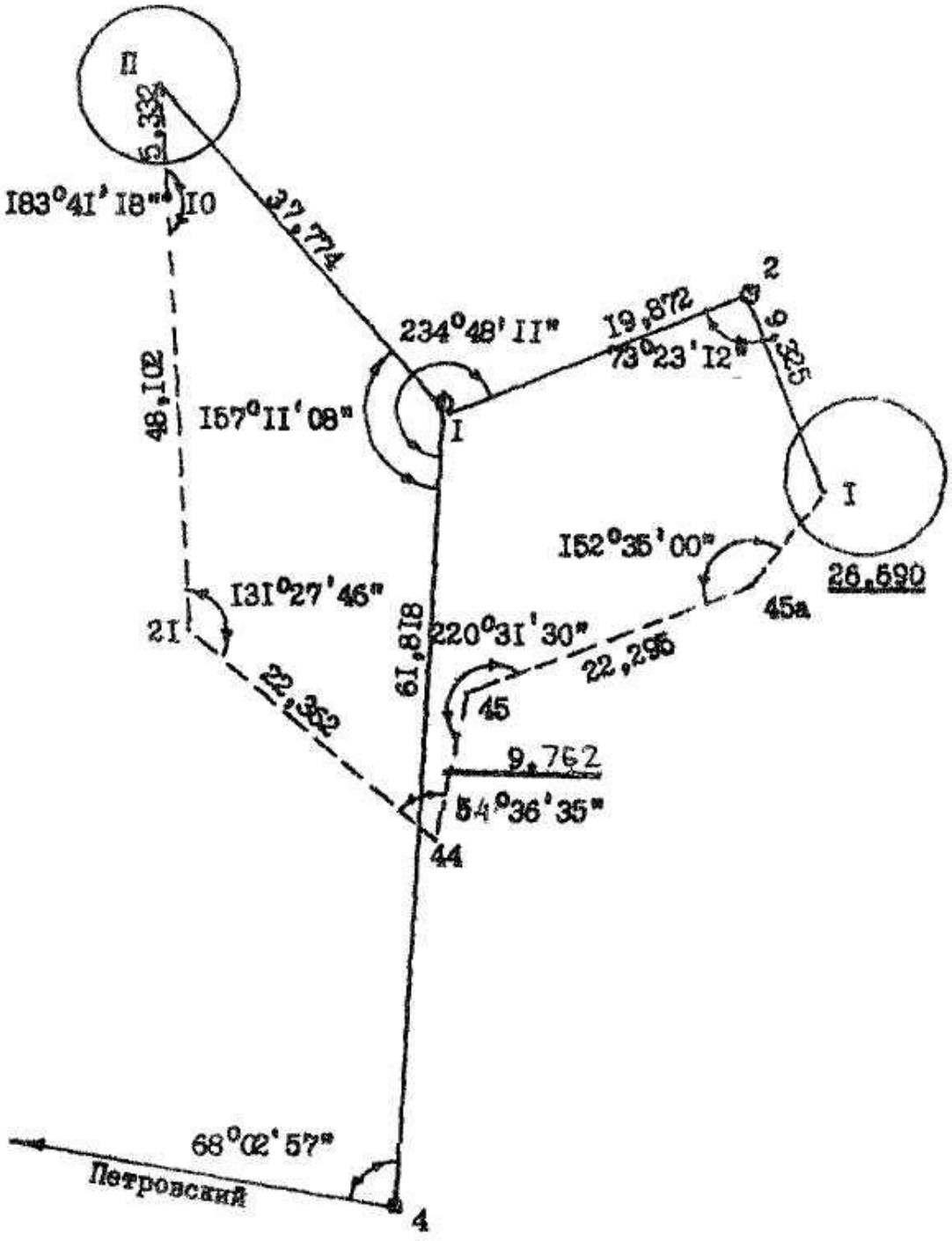
$У_{П.I}$ = +200,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №8

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Петровский – 4) = 185°16′44″

$X_{П.I}$ = +200,000 м

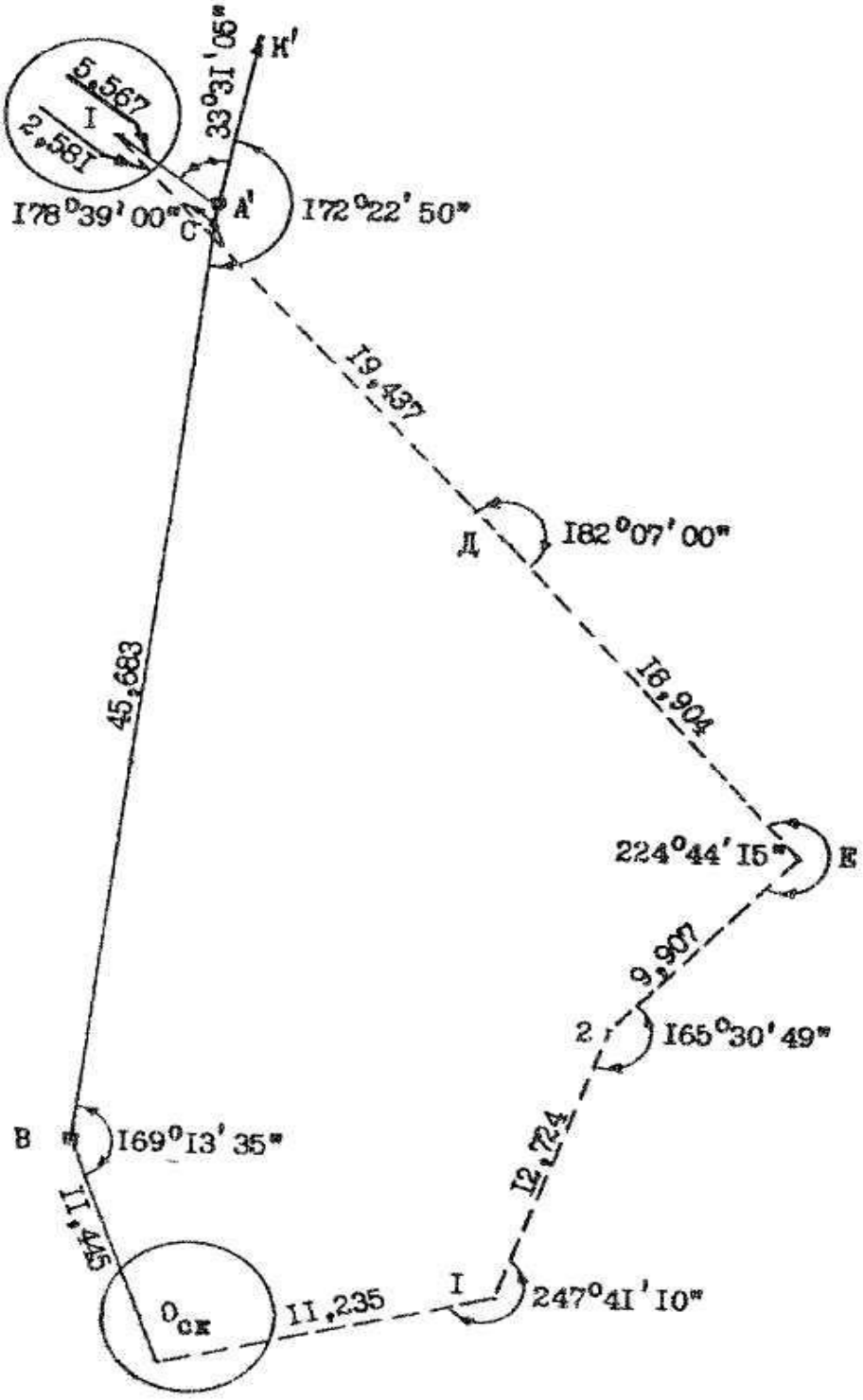
$У_{П.I}$ = +200,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №9

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (А′ - К′) = 00°00′00″

$X_{A'}$ = +100,000 м

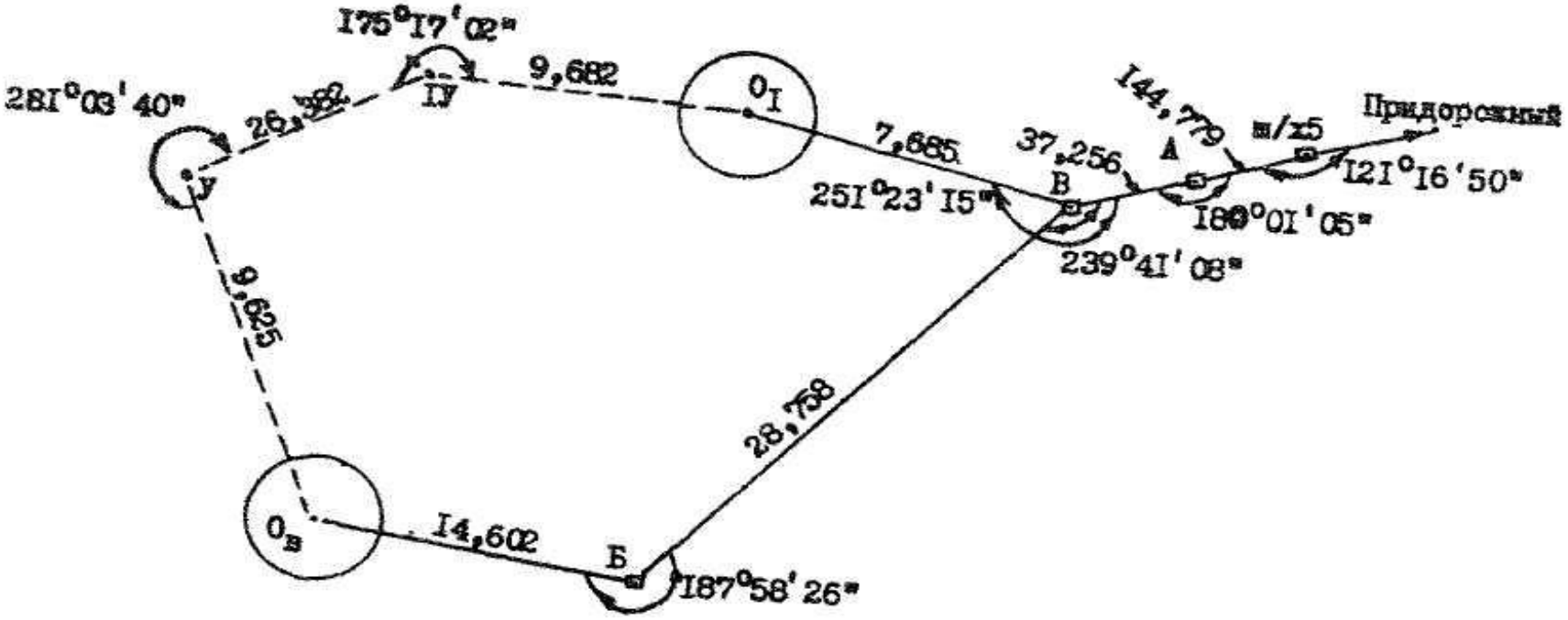
$У_{A'}$ = +100,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №10

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (ш/х-5 – Придорожный) = 207°45′36″

$X_{Ш/Х-5}$ = +1200,000 м

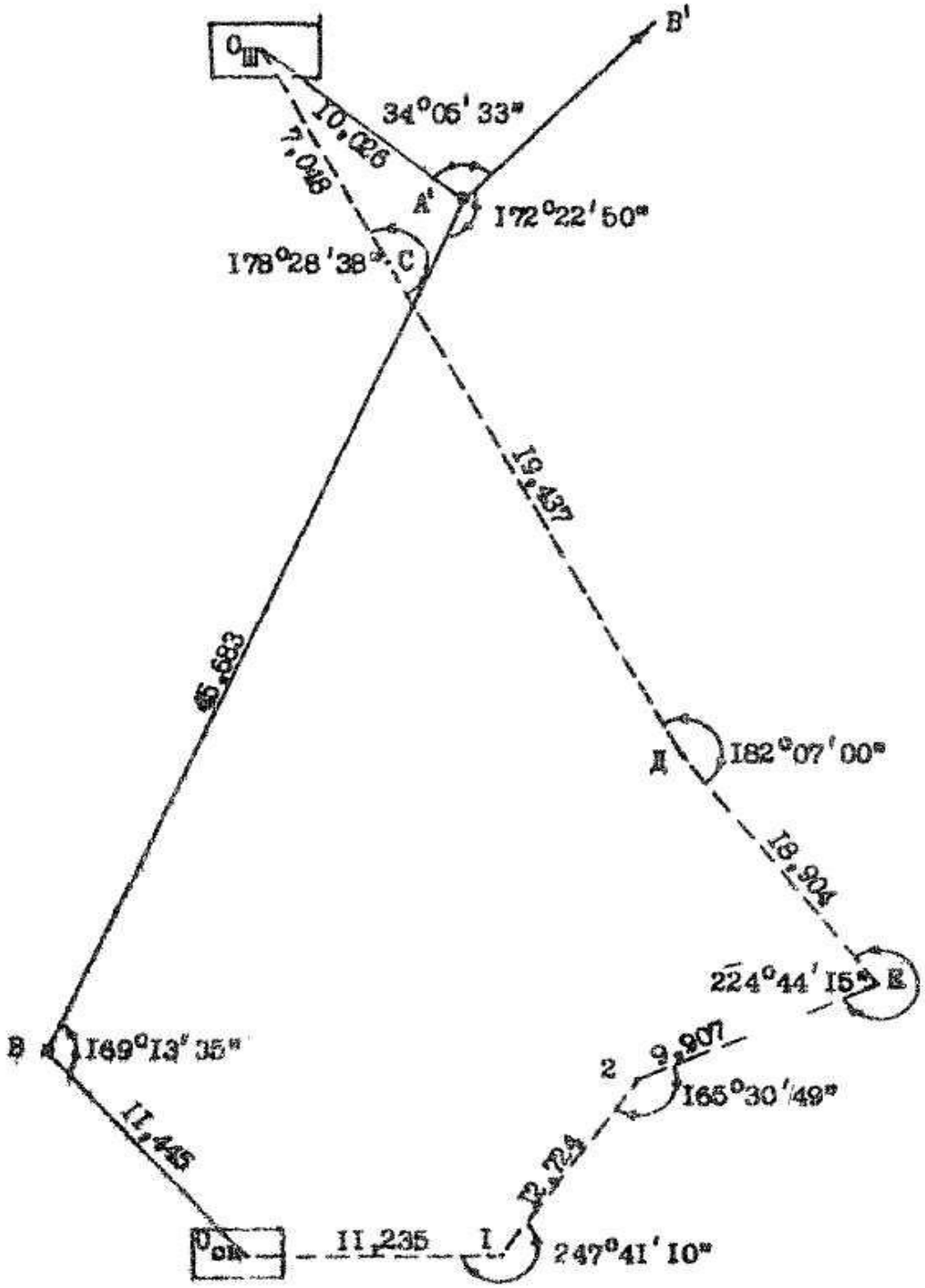
$У_{Ш/Х-5.}$ = +1200,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №11

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (A′ – B′) = 00°00′00″

$X_{A'}$ = +100,000 м

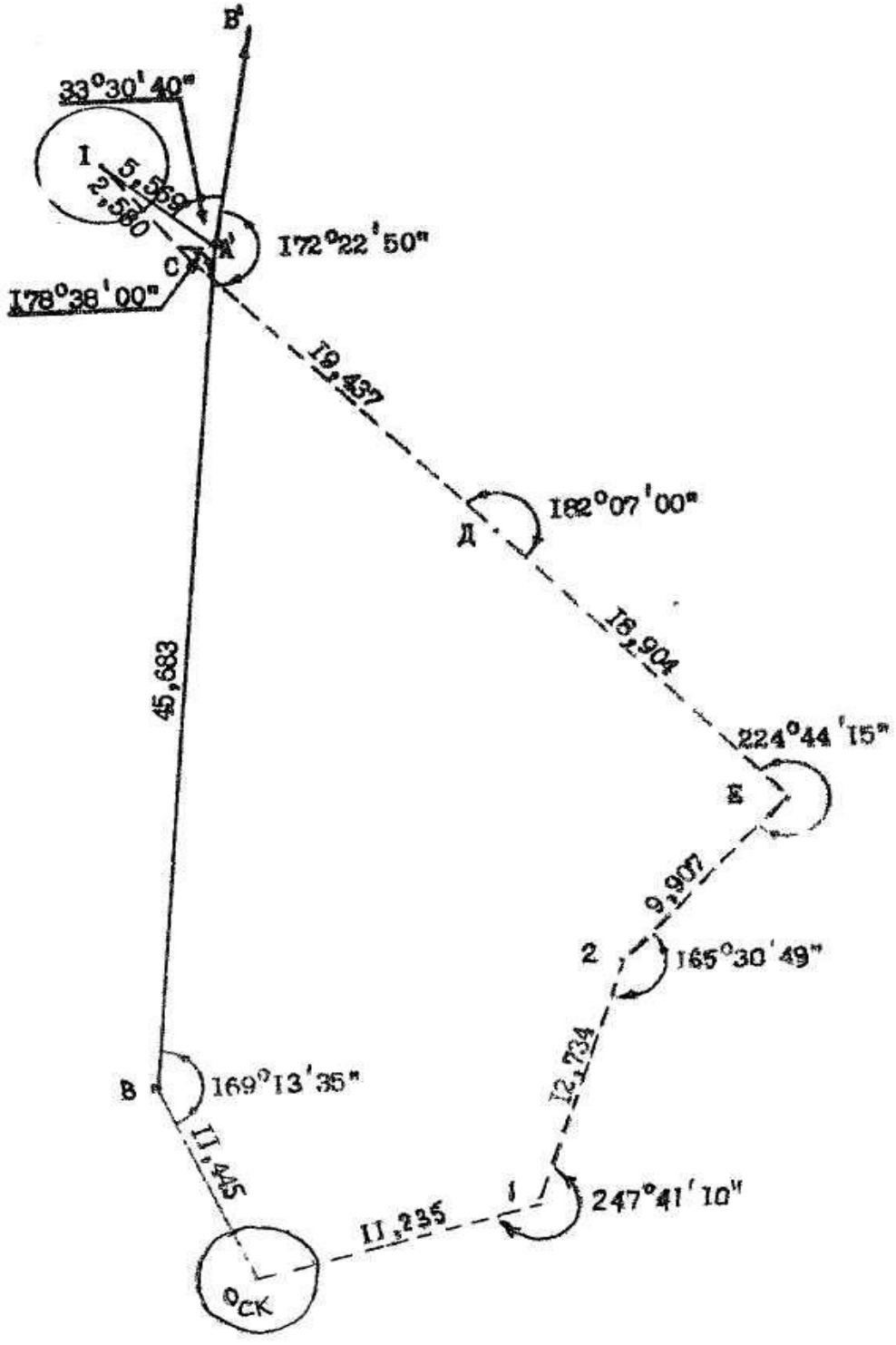
$У_{A'}$ = +100,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №12

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (A′ – B′) = 00°00′00″

$X_{A'}$ = +100,000 м

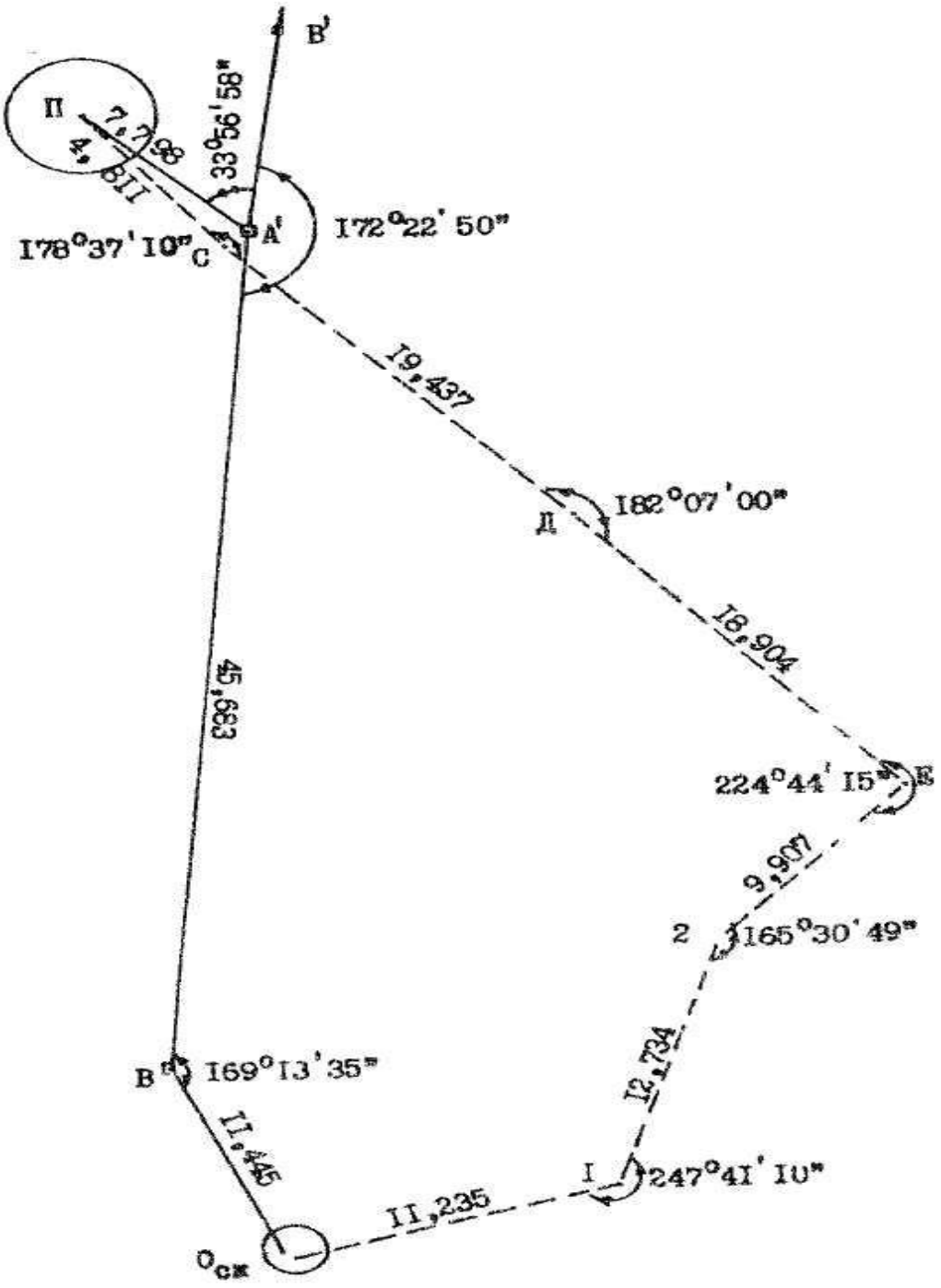
$У_{A'}$ = +100,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №13

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (A′ – B′) = 00°00′00″

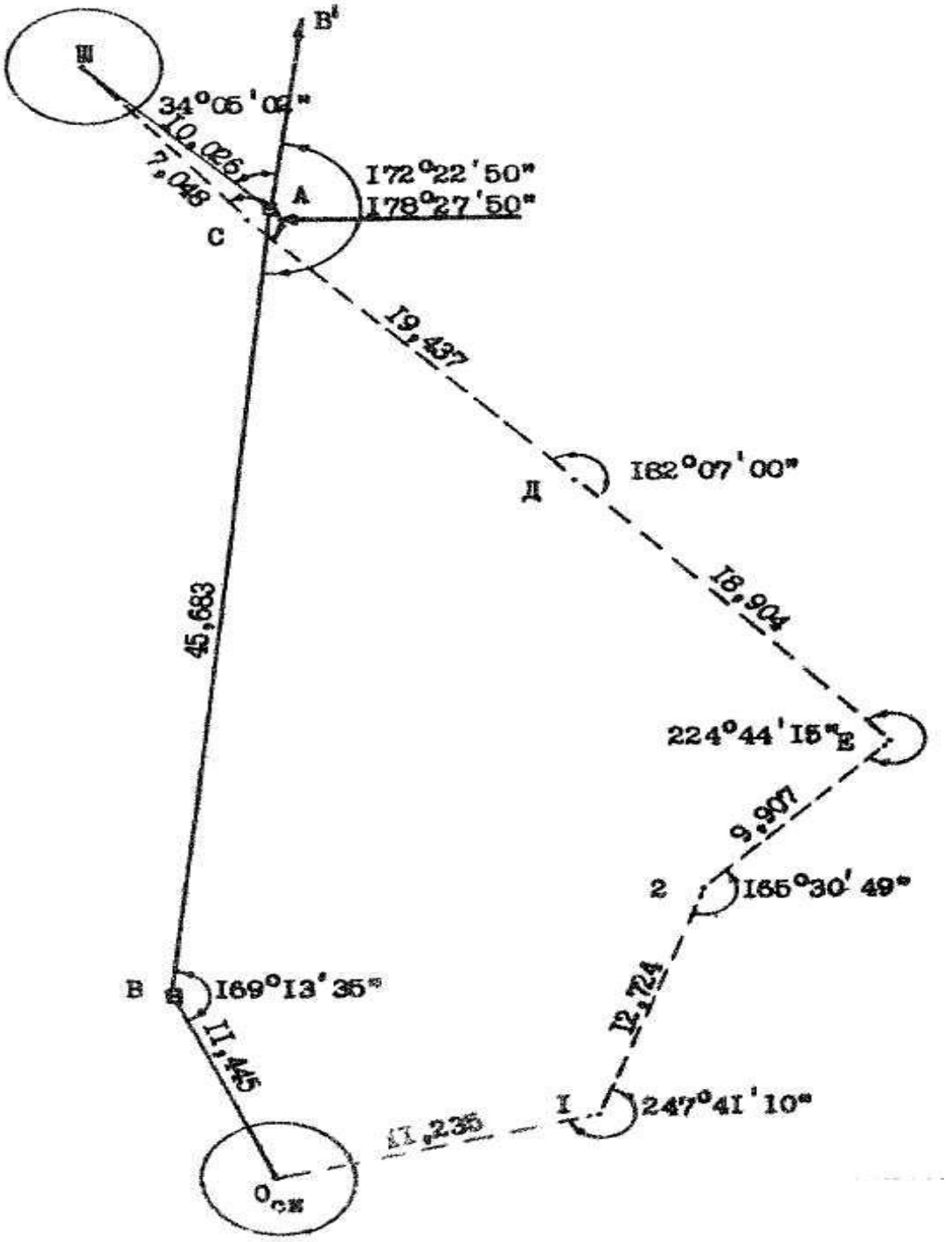
$X_{A'}$ = +100,000 м

$У_{A'}$ = +100,000 м

_____ съемки на поверхности

Вариант №14

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (A′ – B′) = 00°00′00″

$X_{A'}$ = +100,000 м

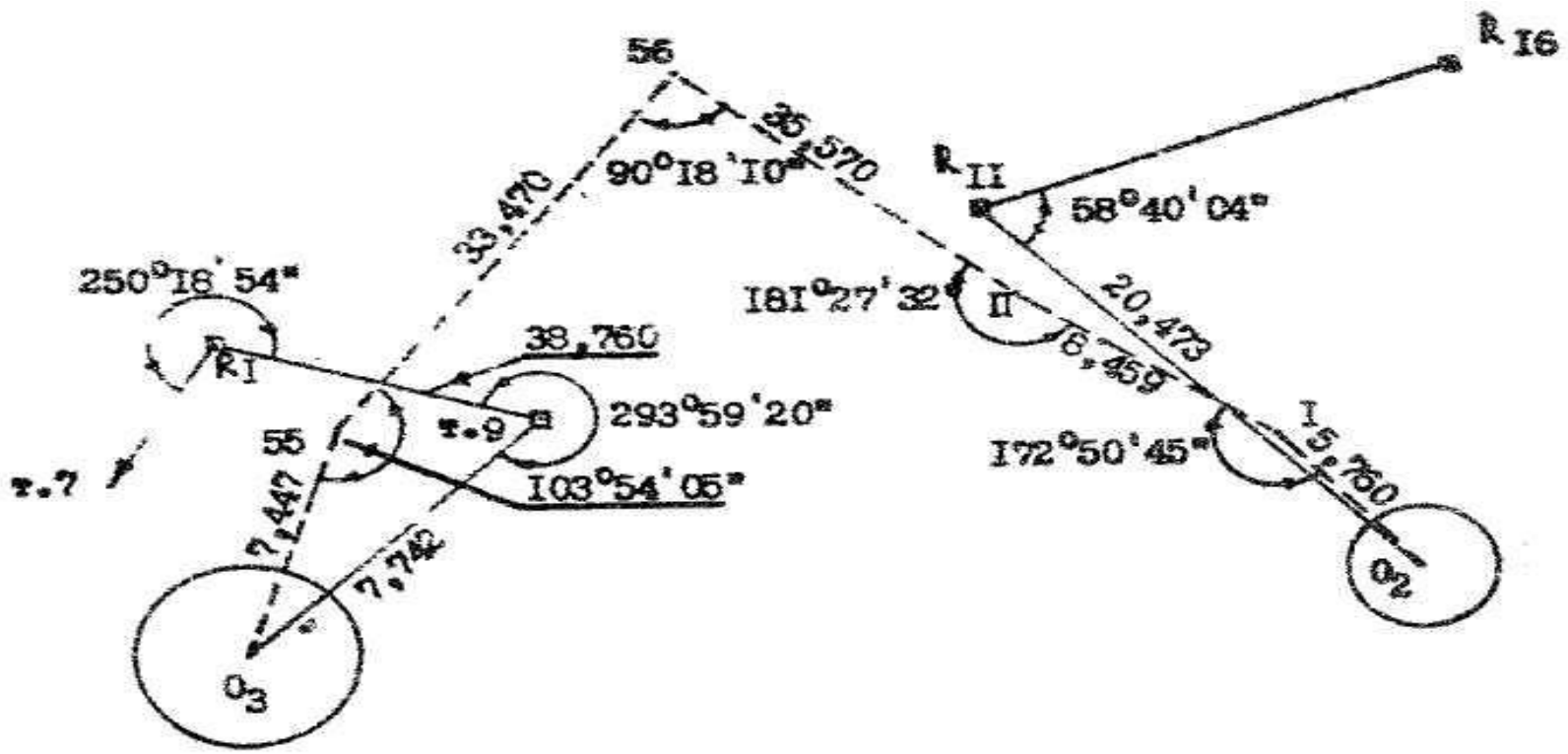
$У_{A'}$ = +100,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №15

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: $(R_{16} - R_{11}) = 263°39'20''$

$(т.7 - R_1) = 28°11'08''$

$X_{R11} = +960{,}023$ м

$У_{R11.} = +428{,}463$ м

$X_{RI} = +948{,}867$ м

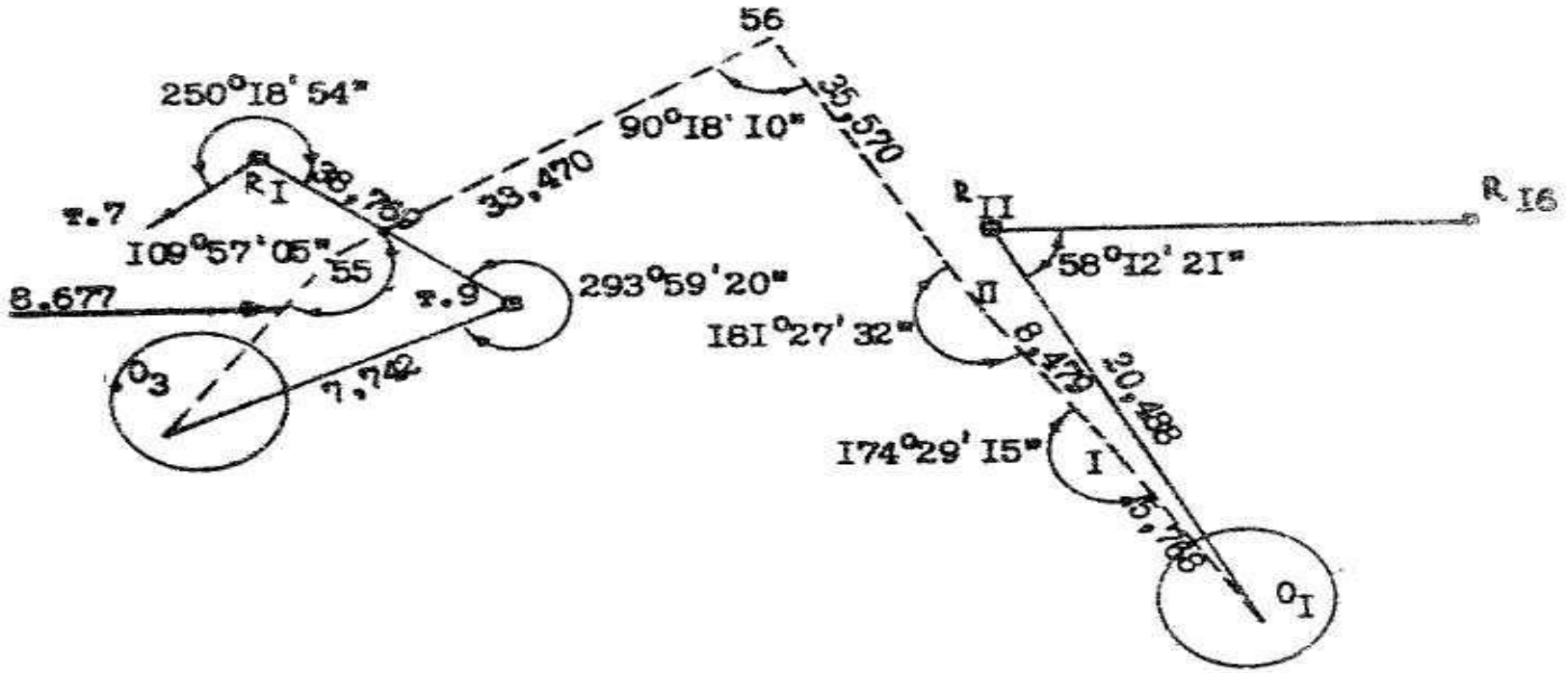
$У_{RI} = +352{,}053$ м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №16

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: $(R_{16} - R_{11}) = 263°39'20''$

$(т.7 - R_1) = 28°11'08''$

$X_{R11} = +960{,}023$ м

$У_{R11.} = +428{,}463$ м

$X_{RI} = +948{,}867$ м

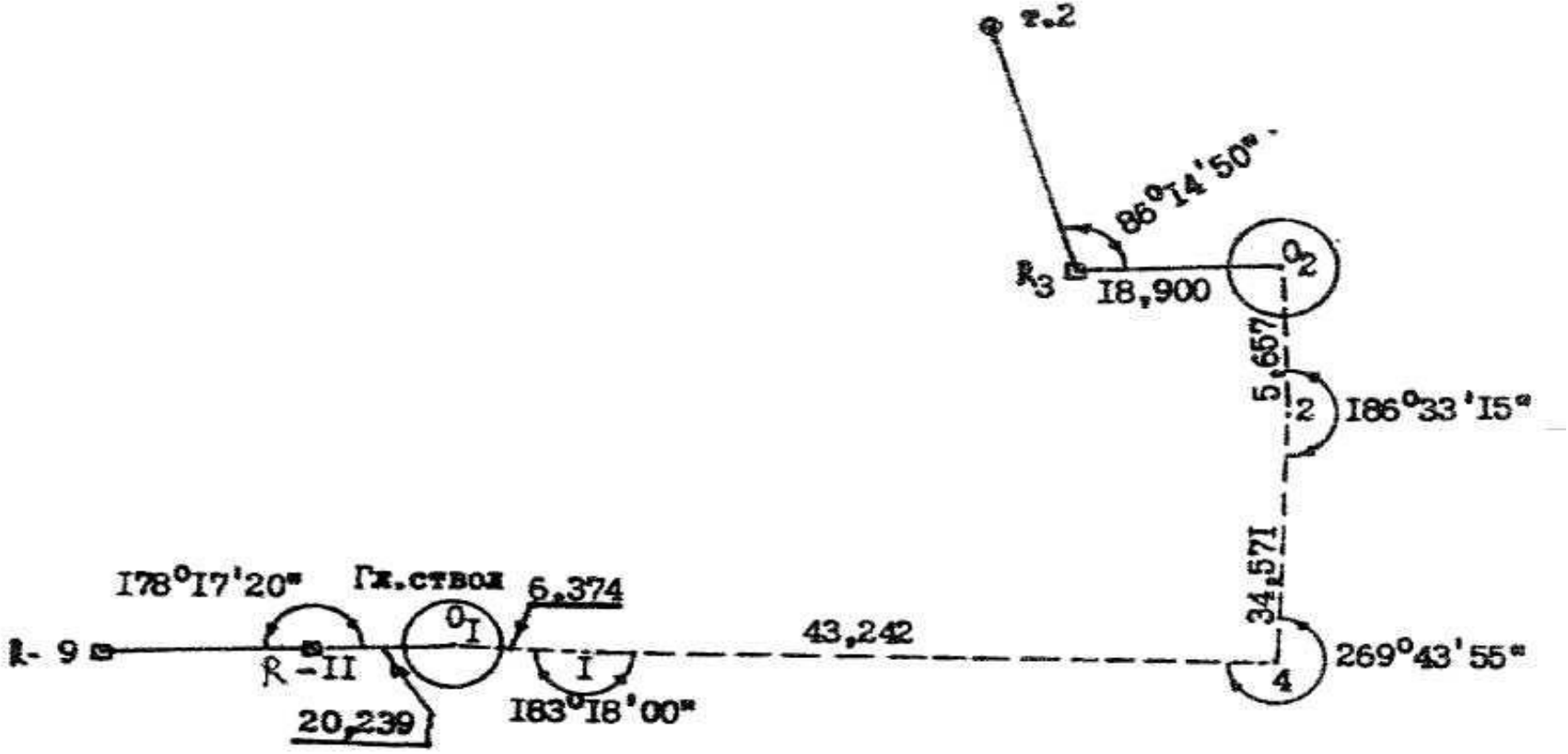
$У_{RI} = +352{,}053$ м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №17

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (т.2 - R_3) = 144°38′50″

(R_9 – R_{11}) = 52°02′40″

X_{R3} = +485,440 м

$У_{R3}$ = +834,082 м

X_{RI1} = +422,970 м

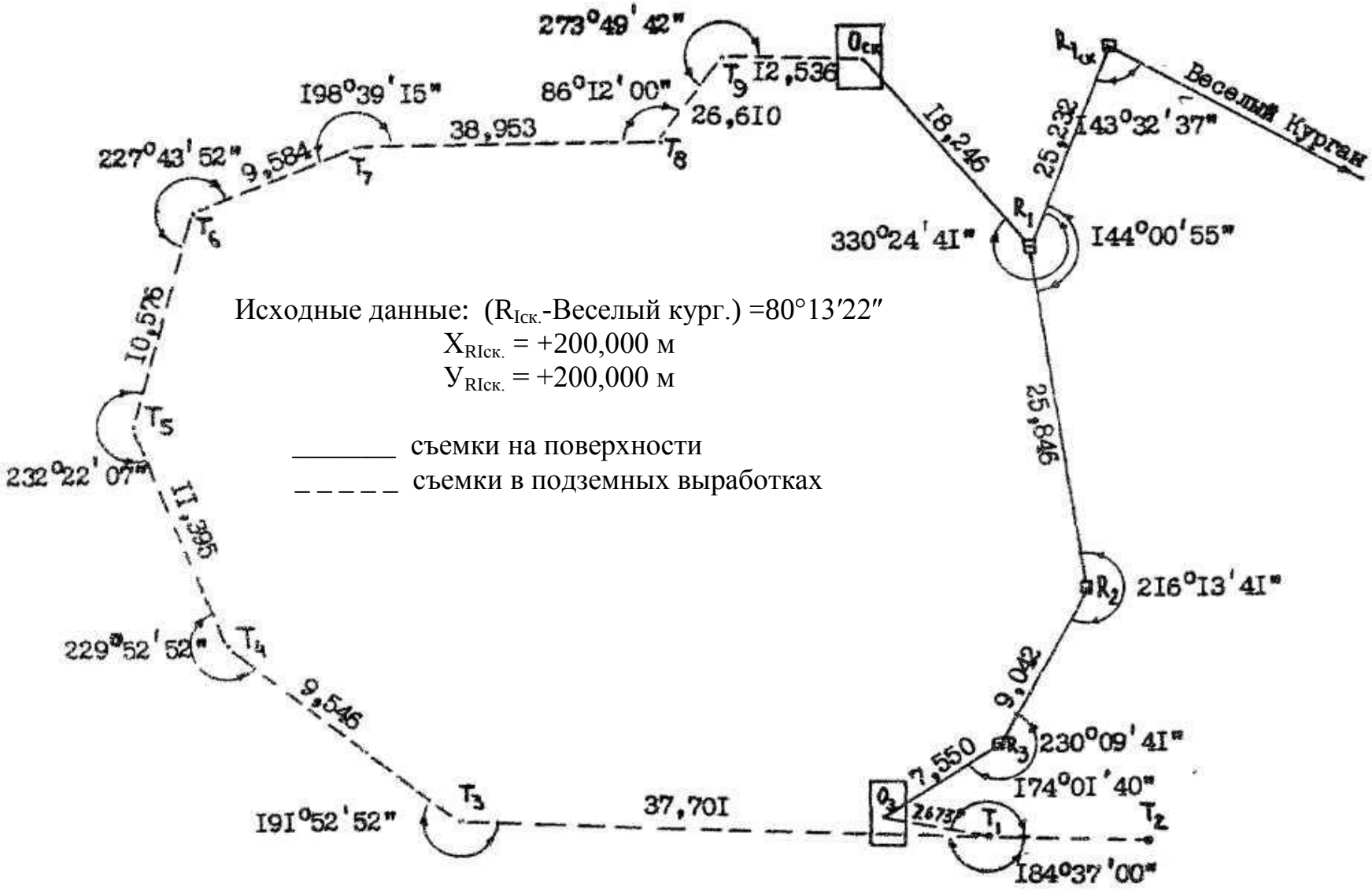
$У_{RI1}$ = +818,280 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №18

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: ($R_{Iск.}$-Веселый кург.) =80°13′22″

$X_{RIск.}$ = +200,000 м

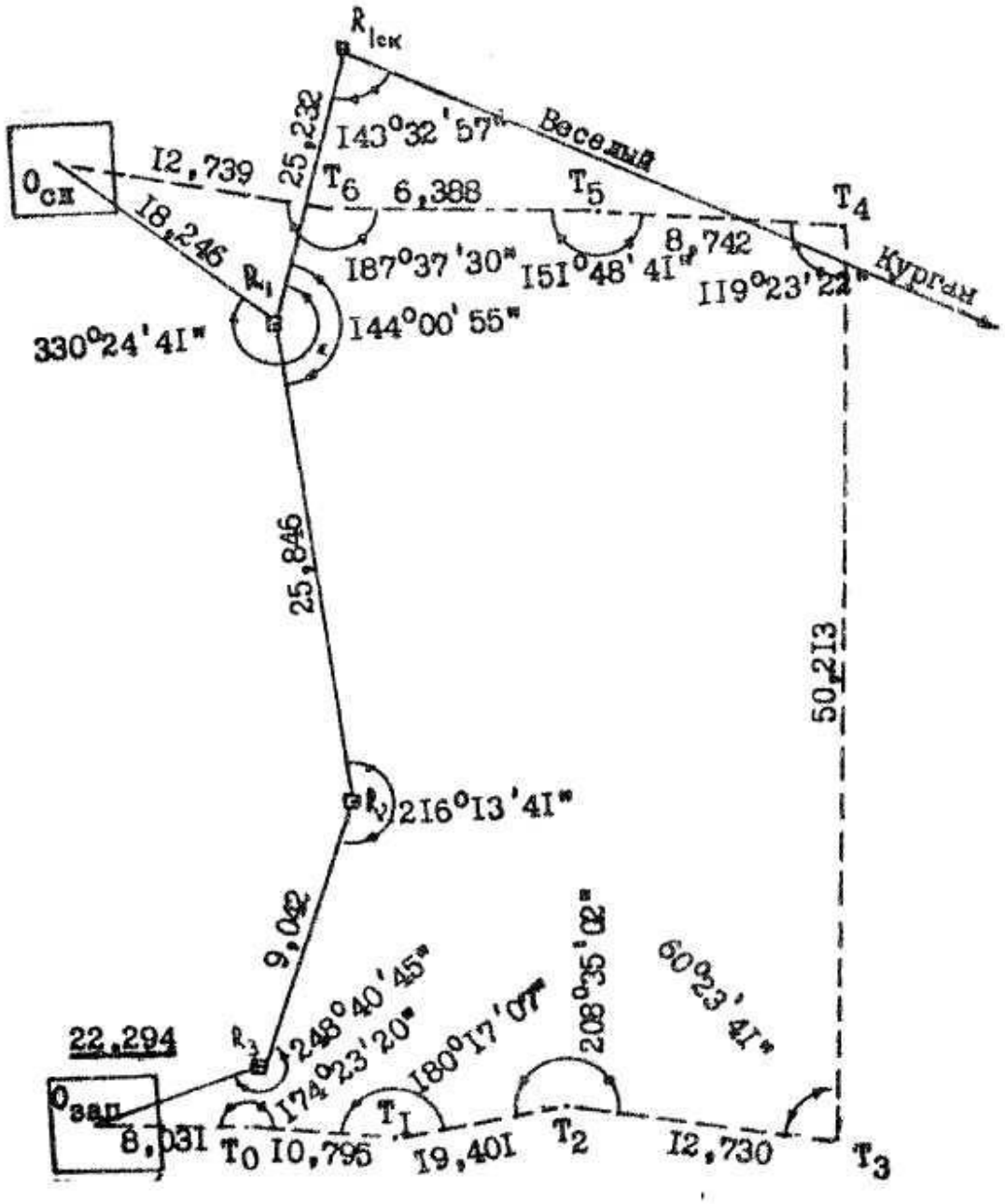
$У_{RIск.}$ = +200,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №19

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: ($R_{Iск.}$-Веселый кург.) =80°13′22″

$X_{RIск.}$ = +200,000 м

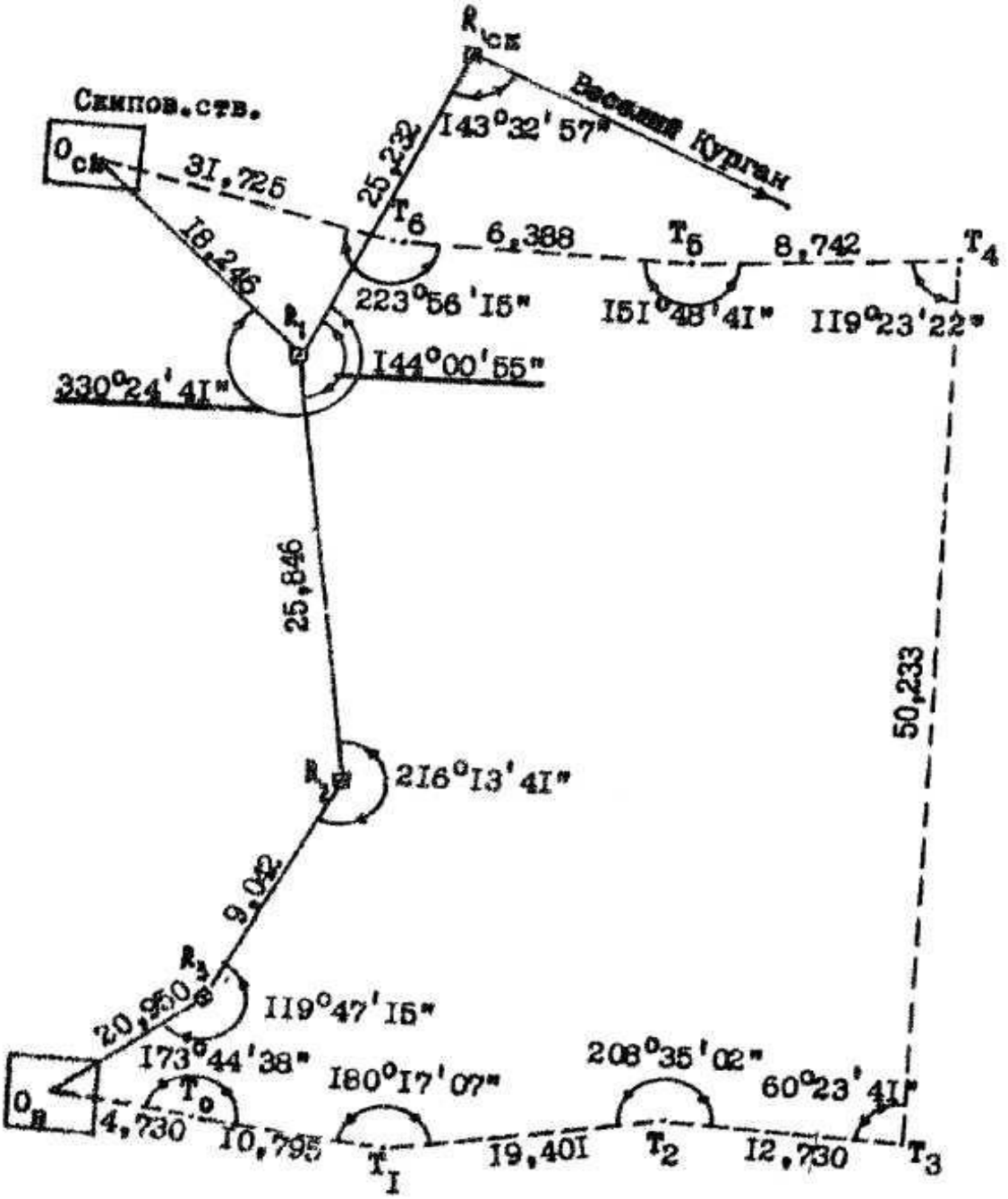
$У_{RIск.}$ = +200,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №20

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: ($R_{Iск.}$-Веселый кург.) =80°13′22″

$X_{RIск.}$ = +200,000 м

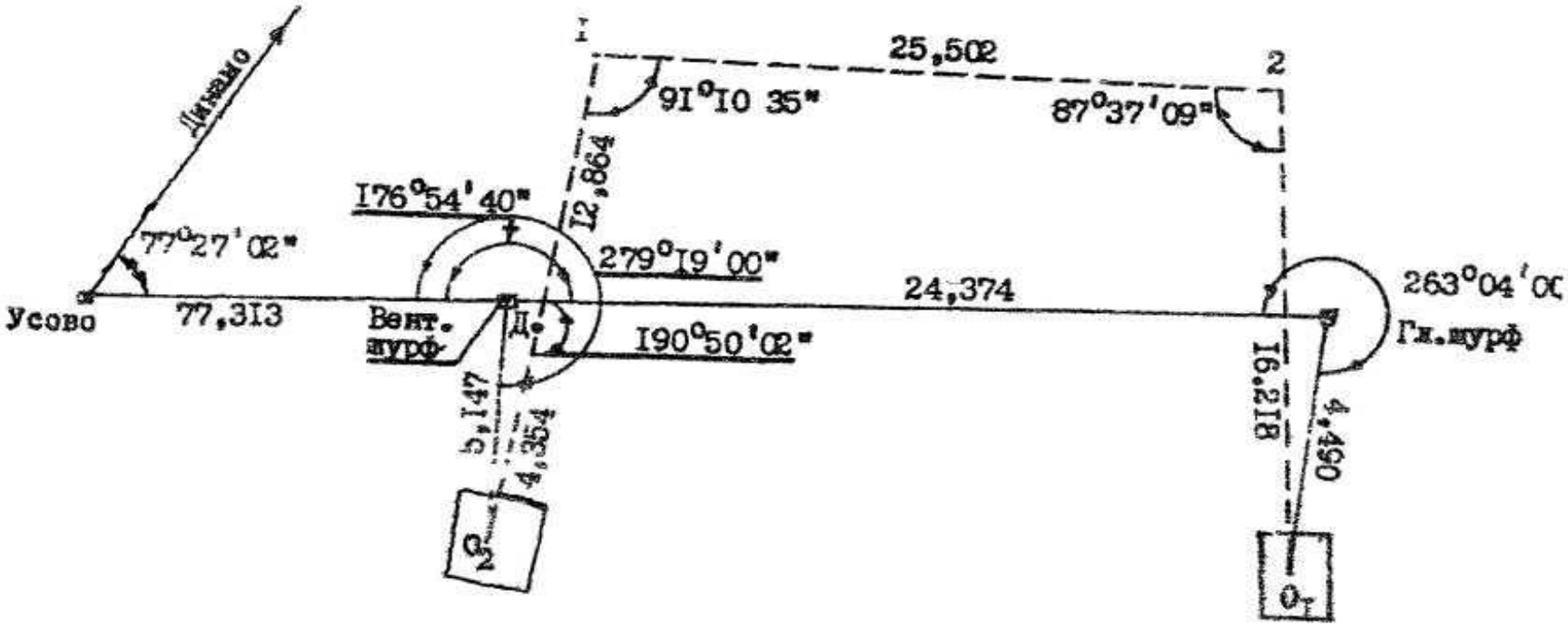
$У_{RIск.}$ = +200,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №21

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Динамо - Усово) = 62°21′06″

$X_{Усово}$ = +6154,497 м

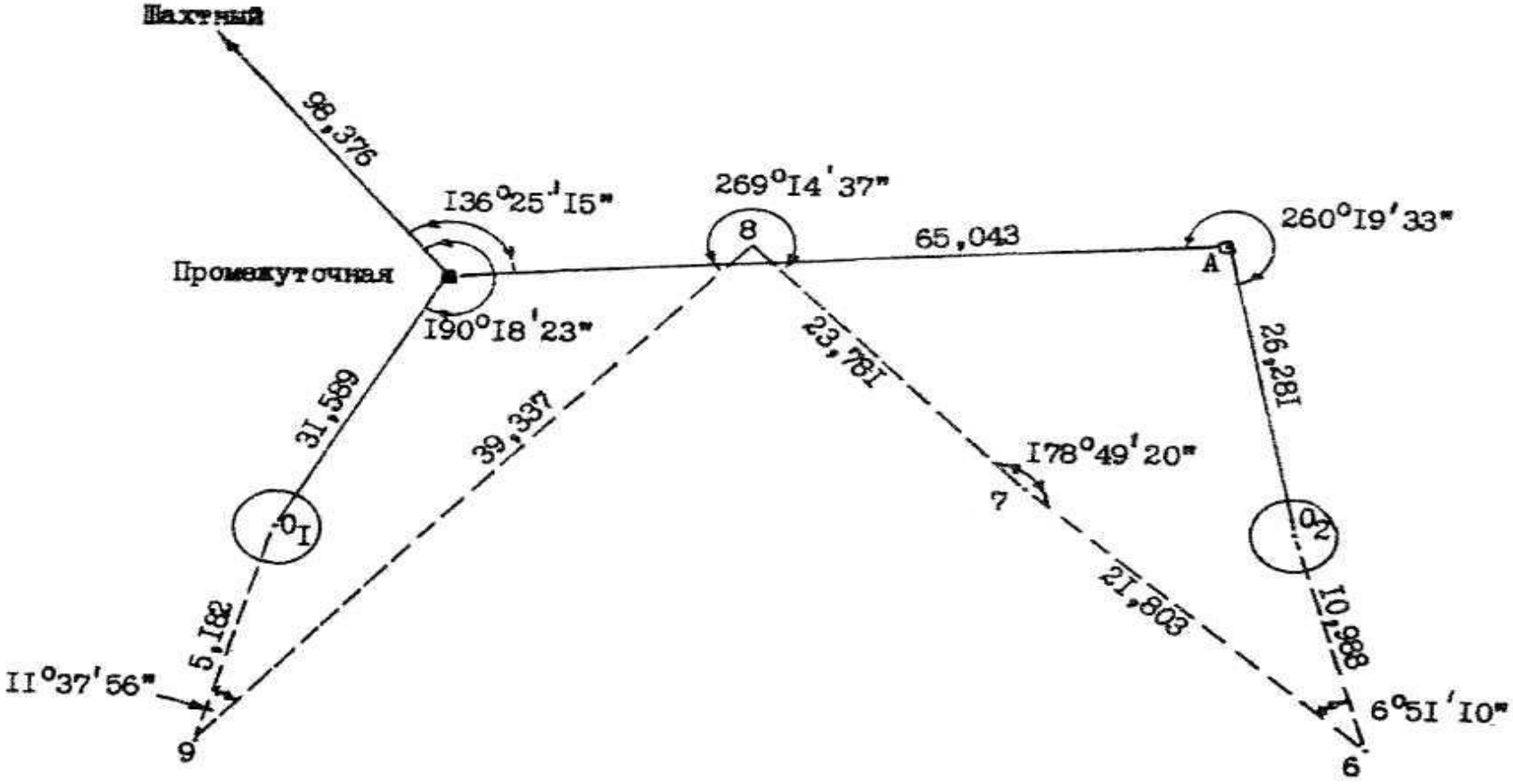
$Y_{Усово}$ = +14919,055 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №22

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Шахтн. - Промежут.) = 358°10′01″

$X_{Шахтн.}$ = +6316,710 м

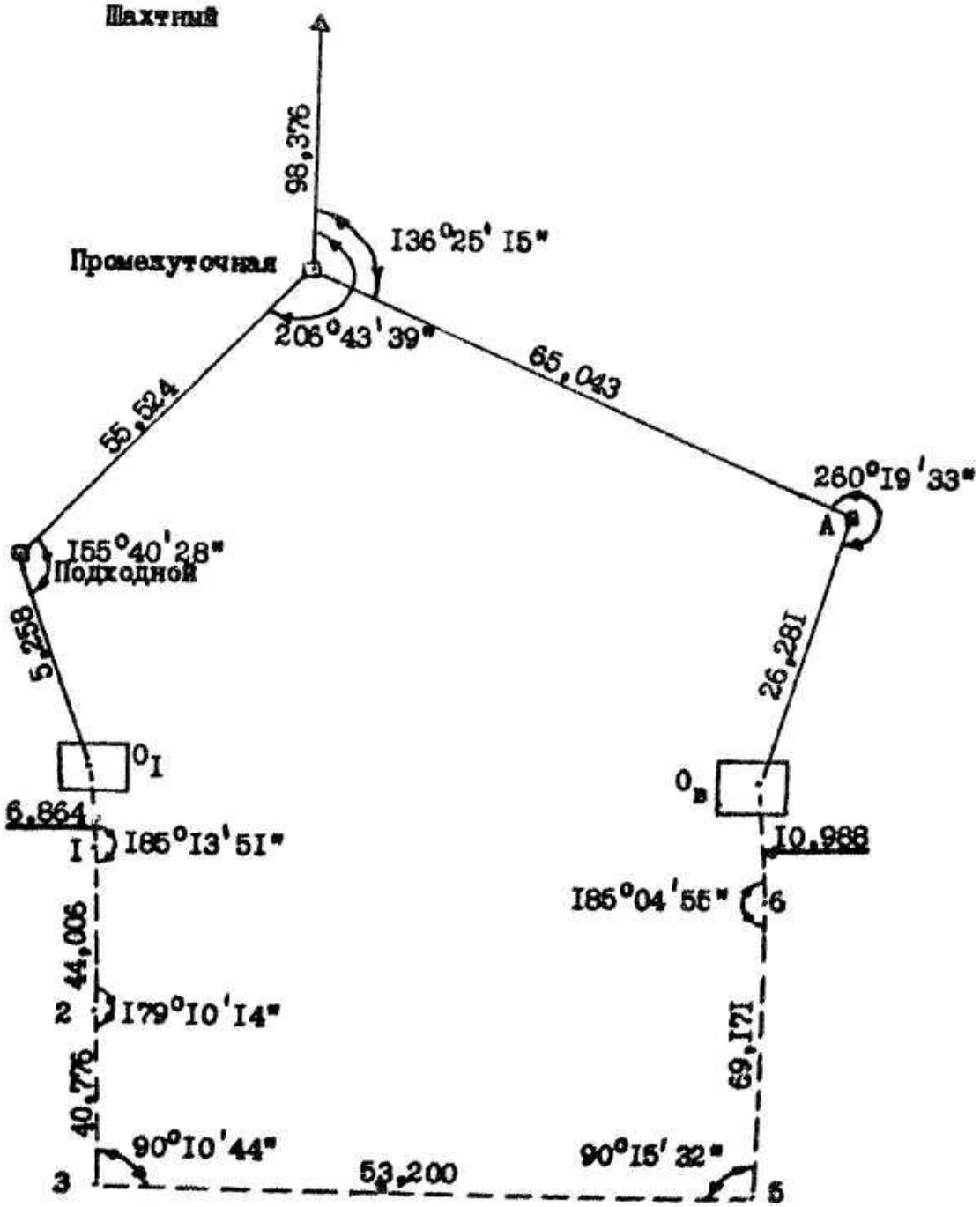
$У_{Шахтн.}$ = +13730,711 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №23

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Шахтн.- Промежут.) = 358°10′01″

$X_{Шахтн.}$ = +6316,710 м

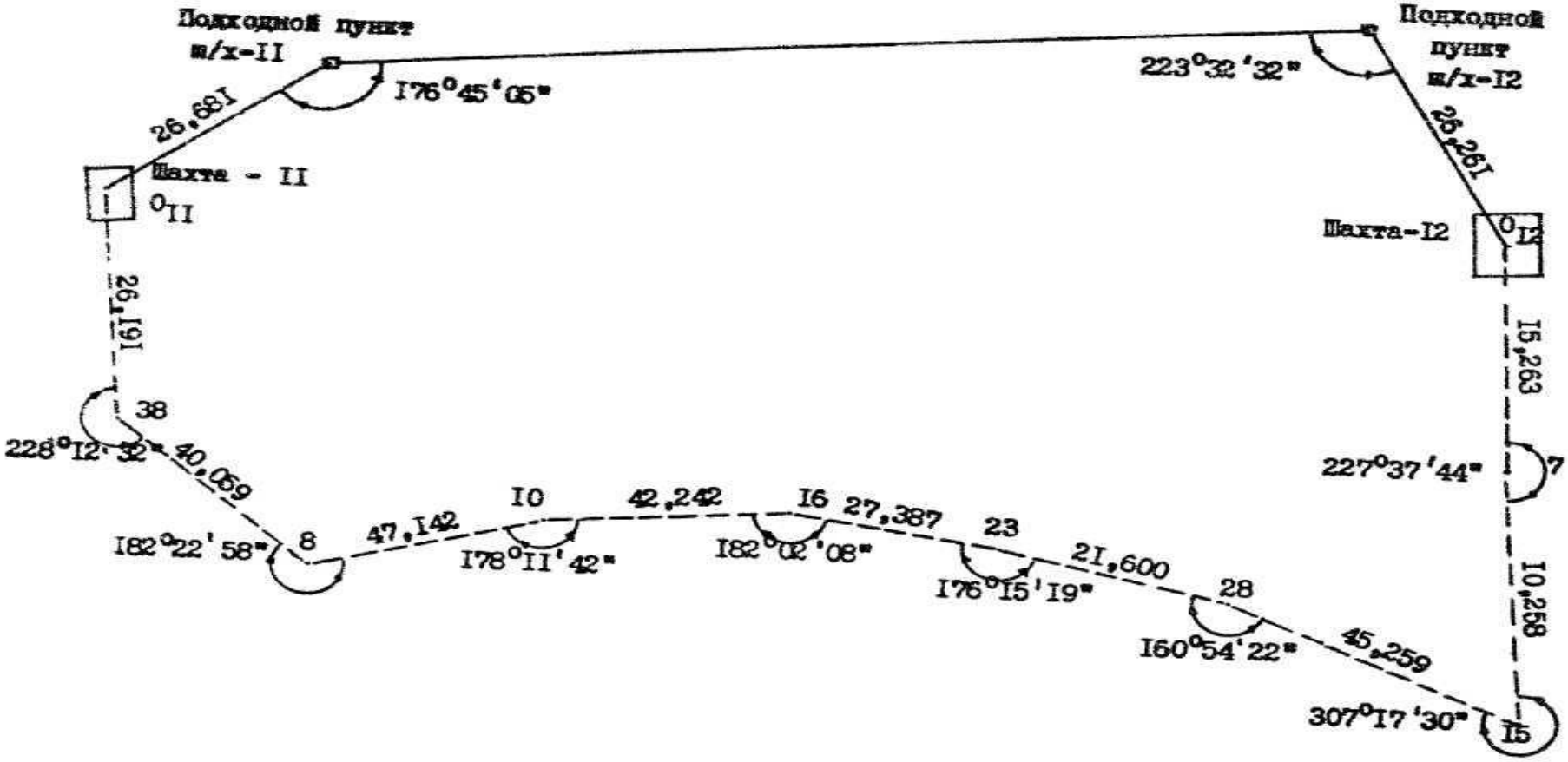
$У_{Шахтн.}$ = + 13730,711 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №24

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: Подход.пункт ш/х-12 - Подход.пункт ш/х-11

X = +692,218 м X = 671,024 м

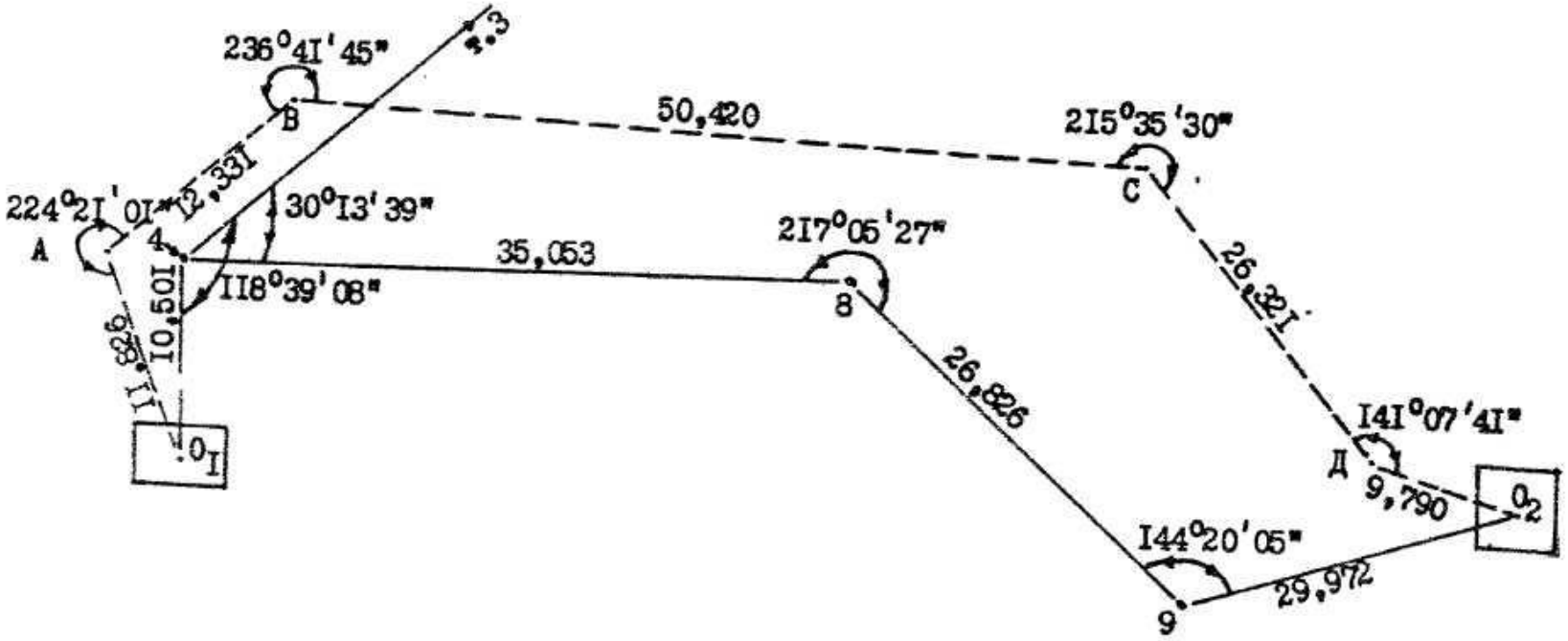
У = +7137,192 м У = 6962,966

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №25

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (З. - 4.) = 128°36′18″

X_4 = +200,000 м

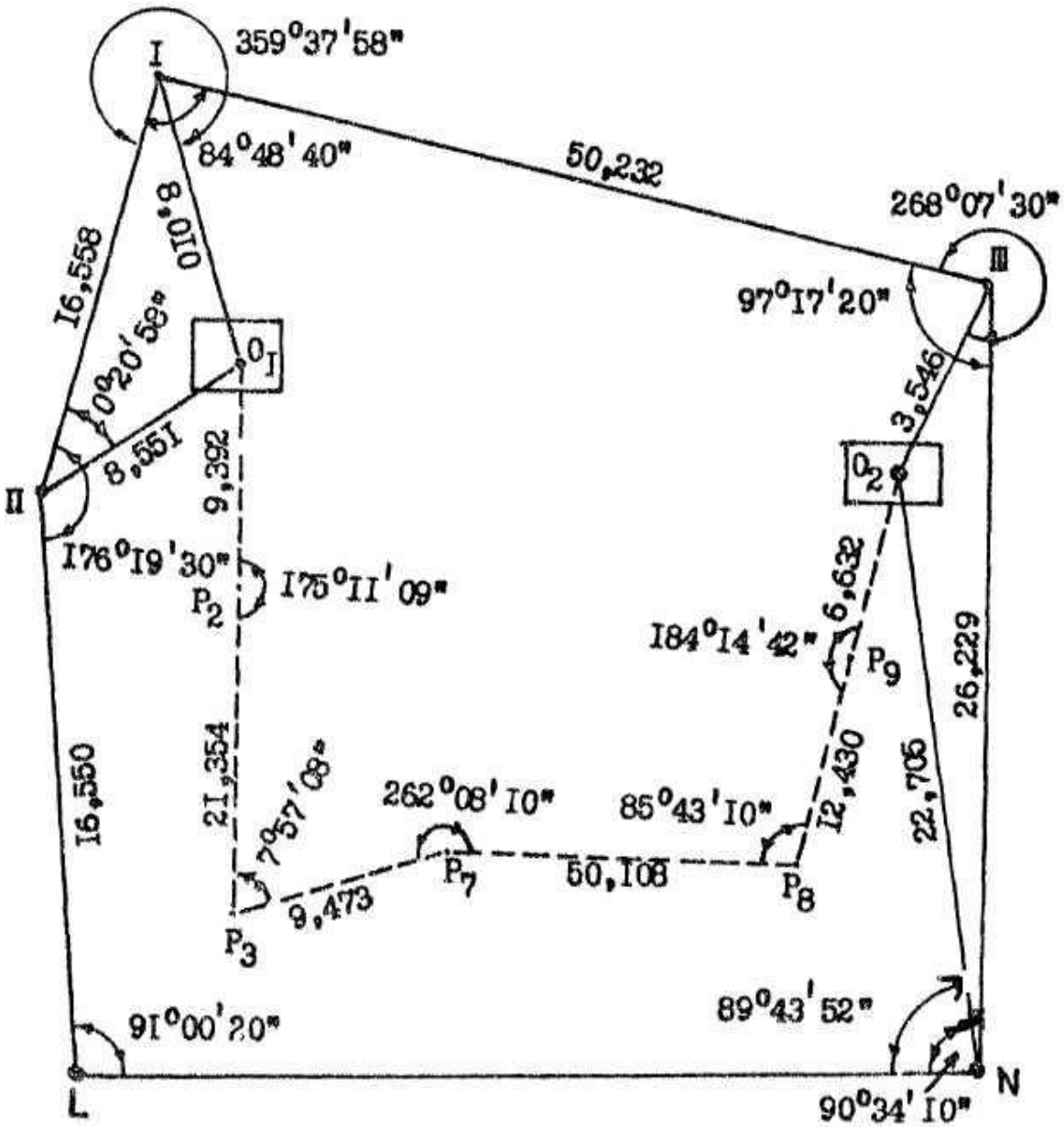
$У_4$ = +200,000 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №26

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (LN) = 319°59′33″

X_L = +1962,613 м X_N = +2000,894 м

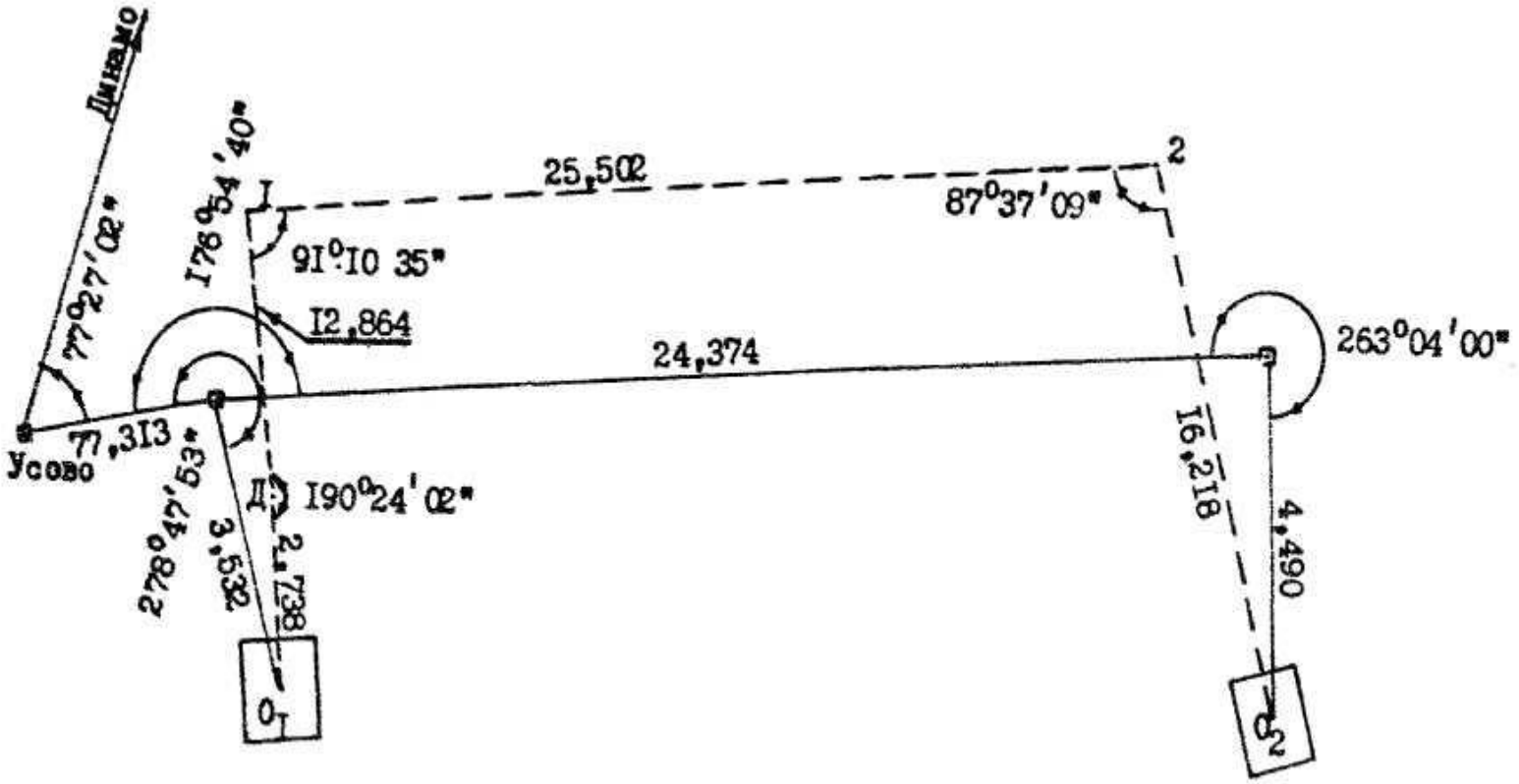
$У_L$ = + 7153,444 м $У_N$ = +7121,312 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Вариант №27

Вычислить ориентировку подземных выработок через два ствола



Исходные данные: (Динамо - Усово) = 62°21′06″

$X_{Усово}$ = +6154,497 м

$У_{Усово}$ = +14919,055 м

_____ съемки на поверхности

_ _ _ _ _ _ съемки в подземных выработках

Лабораторная работа №7
ПРОИЗВОДСТВО И КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПЕРЕДАЧИ ВЫСОТНОЙ ОТМЕТКИ С ПОВЕРХНОСТИ В ШАХТУ ПРИ ПОМОЩИ РУЛЕТКИ И ДЛИНОМЕРА ДА–2 - 2 часа

Задание: Выполнить передачу высотной отметки при помощи глубиномера (длинномера) и металлической рулетки.

Инструменты и приборы: Длиномер ДА-2 с грузовым и контрольным рейками, две консоль со шкивом, два нивелира со штативами, две нивелирные рейки, металлическая рулетка, журналы, формуляры, калькуляторы.

Методические рекомендации: Этим видом маркшейдерских работ обеспечивается связь вертикальных съемок на поверхности и в подземных горных выработках в единой высотной системе координат (Балтийская система высот). Такая увязка съемок совершенно необходима. В противном случае исключается возможность решения многих горнотехнических задач, в том числе связанных с обеспечением безопасности горных работ:

- определение глубины разработок в различных точках шахтного поля;
- составление сводных геологических разрезов по данным геологической документации на поверхности и в горных выработках;
- определение взаимного по высоте положения горных выработок соседних шахт;
- охрана сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок и т. д.

Вертикальная соединительная съемка состоит в передаче высотной отметки с исходного репера на поверхности, на исходные реперы подземной съемки.

Высотные отметки исходных реперов, расположенных в пределах горного отвода на земной поверхности, определяются геометрическим нивелированием IV класса от ближайших реперов или марок Государственной нивелирной сети. В случаях, когда подземные выработки соединяются с земной поверхностью штольней или наклонным шахтным стволом, вертикальная соединительная съемка производится через эти выработки геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

Согласно «Технической инструкции по производству маркшейдерских работ» передача высотных отметок по выработкам с углами наклона менее 5 - 8° производится геометрическим, а при углах наклона более 5 - 8° тригонометрическим нивелированием. Геометрическое нивелирование выполняется путем прокладки ходов 1-го разряда (с допустимой невязкой $15\sqrt{L}$ *мм,* где L — длина или периметр хода в сотнях метров). Невязка ходов тригонометрического нивелирования должна быть не более 1/3000 L (длина сторон хода измеряется по нормам теодолитных ходов 1-го разряда, а углы наклона - теодолитом с точностью вертикального круга не ниже 30"). В целях

контроля геометрическое и тригонометрическое нивелирование осуществляется замкнутыми или двойными ходами.

Передача отметки через вертикальные выработки, как с земной поверхности, так и с одного эксплуатационного горизонта на другой, может быть произведена одним из следующих способов: при помощи длинной шахтной ленты, стальной проволоки, металлической рулетки, глубиномера.

Передачу отметки необходимо производить (для контроля) двумя различными способами или дважды одним способом (при различной установке измерителей или различном порядке измерений). Из полученных результатов берется среднее. При этом расхождение Δz между двумя значениями высотной отметки исходного репера подземной съемки (после введения поправок) не должно превышать (в метрах)

$$\Delta z = 0{,}01 + 0{,}0002\,H \qquad (60)$$

где H — глубина вертикальной выработки, *м*.

Прежде чем приступить к передаче отметки от ближайшего исходного репера шахты, передают отметку па подходной репер $R_П$, заложенный около устья шахтного ствола. В околоствольном дворе закладывают реперы $R_Ш$, которые впоследствии служат исходными при создании высотного обоснования в горных выработках. Конструкция реперов может быть различной (рисунок 20).

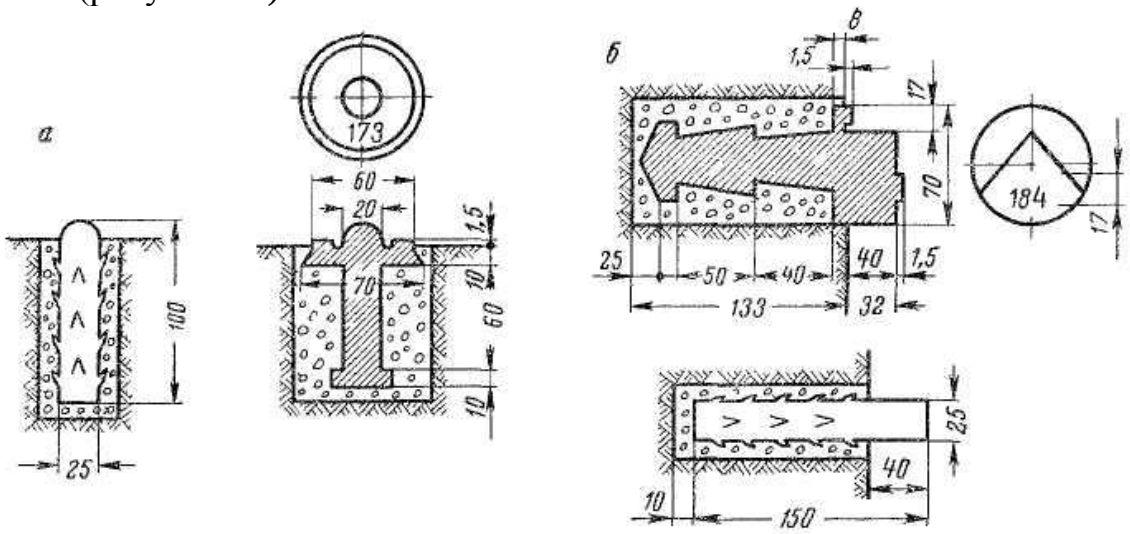


Рисунок 20. Типы реперов и марок закладываемых:
а - в фундаменты, *б* - в бока выработки

Таких реперов должно быть не менее двух, расположенных один от другого на расстоянии 20 - 50 м. Закладка реперов производится в почве, кровле, стенках выработки или в фундаментах стационарных установок. Отметки допускается передавать также на пункты горизонтальной соединительной съемкой, заложенные в околоствольных выработках.

1. Передача высотной отметки при помощи длинномера ДА-2.

Длиномер (рисунок 21) состоит из станины *3*, барабана *1*, лебедки с

намотанной на нем стальной проволокой и рукояткой 5, мерного диска 2 с кольцевой шкалой, направляющих роликов *4,* счетчика оборотов *6* мерного диска. Для определения температуры мерного диска имеется термометр *7.* В комплект прибора, кроме того, входят груз-рейка (рисунок 21,*а)* и контрольная рейка (рисунок 21,*б).* Первая из них представляет собой стальной, залитый свинцом, цилиндр. Контрольная рейка также цилиндрической формы изготовляется из алюминия. На поверхности реек нанесены оцифрованные в шахматном порядке сантиметровые деления.

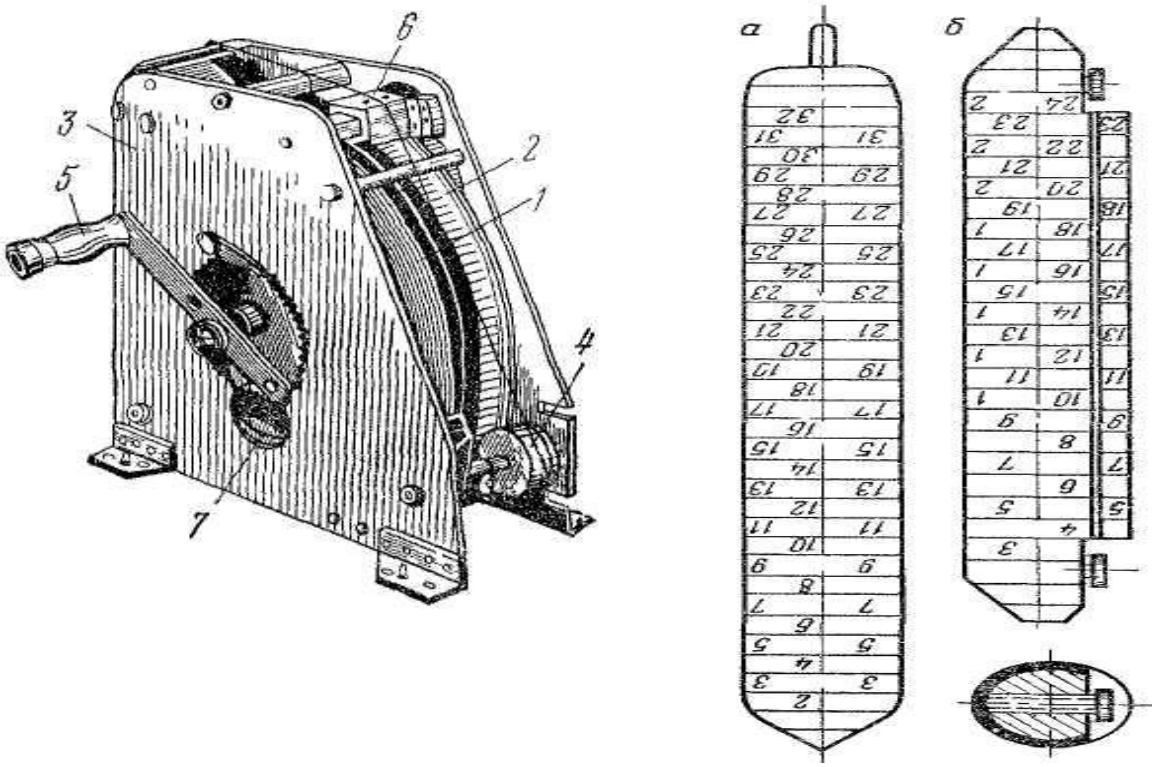


Рисунок 21. Длиномер ДА-2 в комплекте с груз- (*а*) и контрольными (*б*) рейками

При спуске проволоки в шахтный ствол к концу проволоки с помощью крючка подвешивается груз-рейка, а на *1-2 м* выше ее посредством зажимных винтов закрепляется контрольная рейка. Вращая рукоятку *5* лебедки (рисунок 22), проволоку сматывают с барабана лебедки. Число полных оборотов диска фиксируется счетчиком оборотов 6.

Неполные обороты оцениваются по кольцевой шкале мерного диска. Так как длина окружности диска равна *1 м* и разбита на 100 равных частей, номинальная цена деления кольцевой шкалы составляет 1 *см.*

При передаче высотной отметки длиномер устанавливается на верхней приемной площадке, в клети или на полке (рисунок 22). Вращая барабан лебедки длиномера, проволоку с прикрепленными на конце ее груз-рейкой и контрольной рейкой опускают вниз до горизонта нивелира, установленного в точке *А* на земной поверхности. После этого вращение барабана лебедки прекращают и через трубу нивелира берут отсчеты n_n по шкале груз-рейки, a_1 по рейке, установленной на подходном репере $R_П$, а также отсчет $N_П$ по

счетчику и кольцевой шкале прибора ДА-2. Спустив проволоку так, чтобы контрольная рейка заняла место груз-рейки, повторяют эти отсчеты (N_n, n_n). Затем конец проволоки с подвешенными груз-рейкой *Г* и контрольной репкой *К* опускают до горизонта нивелира в околоствольном дворе, где через трубу нивелира, установленного в точке *В,* берут отсчеты: n_n по груз-рейке, a_2 по рейке, установленной на исходном для подземной съемке репере $R_{Ш}$, а также отсчет $N_{Ш}$ по счетчику и кольцевой шкале прибора. Аналогичные отсчеты производят после спуска до горизонта нивелира контрольной рейки (N'_n, n'_n). измеряют температуру мерного диска t_n.

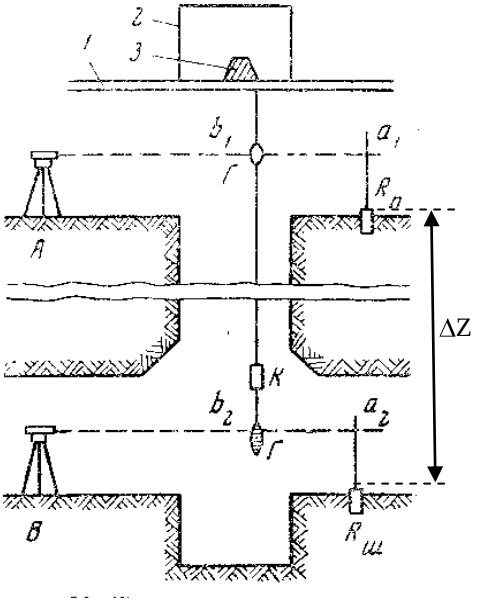


Рисунок 22. Передача высотной отметки при помощи длинномера ДА-2

Искомая высотная отметка репера $R_{Ш}$ вычисляется по формуле

$$z_{R_{шя}} = z_{R_П} - \Delta z$$

где Δz - превышение подходного репера $R_П$ на поверхности относительно репера $R_{Ш}$.

В свою очередь

$$\Delta z = a_1 + (N_{Ш} - n_{Ш}) - (N_П - n_П) - a_2 \qquad (61)$$

Или окончательно с учетом поправок

$$\Delta z = a_1 + (N_{Ш} - n_{Ш}) - (N_П - n_П) - a_2 + \Delta z_d + \Delta z_k + \Delta z_i + \Delta z'_t, \qquad (62)$$

где a_1, a_2 - отчеты по рейкам, установленным на реперах $R_П$ и $R_{Ш}$, *м;*

$N_П$, $N_{Ш}$ - отсчеты по счетчику и кольцевой шкале длинномера при нахождении груз-рейки на поверхности и в околоствольном дворе, *м;*

$n_П$, $n_{Ш}$ - отсчеты по груз-рейке при нахождении ее на поверхности и в

околоствольном дворе, *м;*

Δz_d - поправка за диаметр проволоки, *м;*

Δz_K - поправка за компарирование мерного диска, *м;*

Δz_t – поправка за разность температуры мерного диска при компарировании и при проведении работ, *м;*

$\Delta z'_t$ – поправка за разность температуры проволоки в шахтном стволе и на поверхности, *м.*

Поправка Δz_d (вследствие разности путей, проходимых любой точкой оси проволоки и любой точкой окружности желоба диска) наиболее значительна по величине и определяется по формуле

$$\Delta z_d = (N_Ш - N_П)\pi, \tag{63}$$

где d — диаметр проволоки, *м* (берется по паспорту или измеряется микрометром).

Поправка за компарирование мерного диска длиномера вычисляется по формуле

$$\Delta z_k = (N_Ш - N_П)(l - 1), \tag{64}$$

где l - фактическая длина окружности диска по паспорту завода, *м.* Поправка за разность температуры диска при проведении работ и при компарировании может быть найдена по формуле

$$\Delta z_t = \alpha(N_Ш - N_П)(t_n - t_o), \tag{65}$$

где a - температурный коэффициент линейного расширения мерного диска *(*a = 0,00001);

$t_П$ - температура мерного диска прибора при выполнении измерений (определяется по термометру *7* прибора (рисунок 22), *град;*

t_0 - температура диска при компарировании, *град.*

Поправку $\Delta z'_t$ можно вычислить по формуле

$$\Delta z_t = \alpha(N_Ш - N_П)(t - t_П), \tag{66}$$

где t — средняя температура воздуха в шахтном стволе, *град* (определяется так же, как при передаче отметки с помощью шахтной ленты или стальной проволоки).

При обработке результатов передачи высотной отметки величину Δz следует вычислять дважды - один раз с использованием отсчетов по груз-рейке и второй раз с использованием отсчетов по контрольной рейке.

2. Передача высотной отметки при помощи металлической рулетки.

Передача высотной отметки при помощи металлической рулетки

применяется в случаях, когда глубина вертикальной выработки не превышает длины рулетки (20, 30, 50 *м)*. Это может иметь место при передаче высотных отметок через гезенки, вспомогательные вентиляционные шурфы, разведочные вертикальные выработки и т. д.

При передаче отметки с репера $R_П$ на земной поверхности, на репер $R_Ш$ в околоствольном дворе поступают следующим образом (рисунок 23).

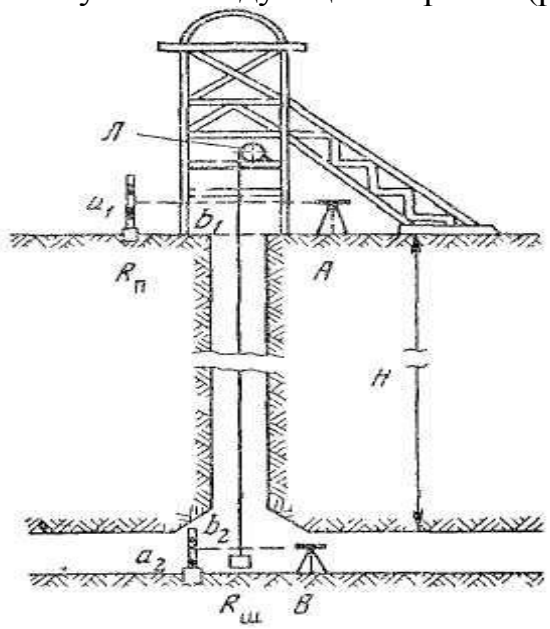


Рисунок 23 Передача высотной отметки рулеткой

На верхней приемной площадке прочно закрепляют рулетку *Л* и с небольшим грузом на конце, опускают в выработку до нижнего горизонта. Легкий груз, прикрепленный к ленте, заменяют рабочим *Р* грузом, близким к натяжению рулетки при компарировании (по паспорту). В точках *А* (на поверхности) и В устанавливают нивелиры технической точности, с помощью которых берут соответствующие горизонтам инструментов отсчеты b_1, b_2 по рулетке и a_1, a_2 по рейкам, установленным на реперах $R_П$ и $R_Ш$. Отсчеты по рейкам и рулетке берут обычным способом.

Искомая отметка $z_{Rш}$ исходного репера $R_Ш$ подземной съемки определяется по формуле

$$z_{R_{шя}} = z_{R_П} + a_1 - h - a_2, \qquad (67)$$

где $z_{Rш}$ - высотная отметка репера на поверхности, *м* ;

z_{Rn} - высотная отметка репера в шахте, *м* ;

$h = b_2 - b_1$ - разность отсчетов по рулетке установленных на реперах.

При этом при вычислении поправка за растяжение рулетки от подвешенного груза не вводится (к рулетке подвешивается груз, равный натяжению при компарировании). Поправка $\Delta h'_P$ за растяжение рулетки от собственного веса также не вводится ввиду ее незначительной величины. Поправка Δh_t за температуру вычисляется по формуле

$$\Delta h_t = H\alpha(t - t_0). \quad (68)$$

При этом t принимается равным температуре воздуха в середине выработки. Величина поправки Δh_K за компарирование принимается по паспорту рулетки.

В связи с тем, что рулетки имеют сантиметровые деления, отсчеты b_1 и b_2, входящие в формулу, берутся через трубу нивелира непосредственно по рулетке, без применения миллиметровых линеек.

С целью контроля передача отметки производится дважды (второй раз при закреплении верхнего конца рулетки в другой точке).

Лабораторная работа №8
ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРОИЗВОДСТВО ПОВЕРОК НИВЕЛИРОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ СЛУЖБОЙ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ПРОИЗВОДСТВО ТЕХНИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ - 2 часа

Задание:

1. Ознакомиться с конструкцией нивелиров.
2. Произвести поверки нивелиров.
3. На полигоне разбить трассу и произвести нивелирование.
4. Произвести камеральную обработку

***Инструменты и приборы*:** нивелиры, штативы, рулетки, нивелирные рейки, костыли, журналы нивелирования, калькулятор.

Методические рекомендации: При геометрическом нивелировании в горных выработках, так же как и при нивелировании на поверхности, используют нивелиры со штативом и нивелирные рейки.

Производство нивелиров регламентировано ГОСТ 10528-76. Выпуску подлежат три типа нивелиров: высокоточные Н-05, точные Н-3 и технические Н-10. Числа в шифре нивелира обозначают допустимую среднюю квадратическую погрешность на 1 км двойного хода. Нивелиры всех типов в зависимости от устройства, применяемого для приведения линии визирования в горизонтальное положение, могут быть в двух исполнениях: с уровнем при зрительной трубе и с компенсатором углов наклона. При наличии компенсатора к шифру нивелира добавляется буква К. Например Н-10К. Нивелиры типов Н-3 и Н-10 допускается изготовлять с лимбом для измерения горизонтальных углов, в этом случае к шифру нивелира добавляется буква Л. Например, Н-10КЛ. Для подземных вертикальных съемок в горных выработках применяют в основном те же точные и технические нивелиры, что и на поверхности.

Нивелир Н-3 (рисунок 24*)* относится к типу точных нивелиров с уровнем при зрительной трубе, предназначен для нивелирования III и IV классов на земной поверхности и широко применяется при геометрическом

нивелировании в шахте.

Перед каждым отсчетом по рейке визирную ось нивелира устанавливают в горизонтальное положение с помощью элевациониого винта по цилиндрическому уровню. Изображения половинок концов пузырька уровня через систему призм передаются в поле зрения трубы.

Точное приведение визирной оси трубы 7 в горизонтальное положение выполняется совмещением центра пузырька уровня *9* с нуль-пунктом ампулы с помощью элевационного *5* винта. При этом изображения половинок концов пузырька уровня будут равными по длине и образуют в верхней части один овал (оптический контакт). При наклоне оси уровня контакт нарушается. В рабочее положение нивелир приводится подъемными винтами трегера *2* по круглому уровню *4.*

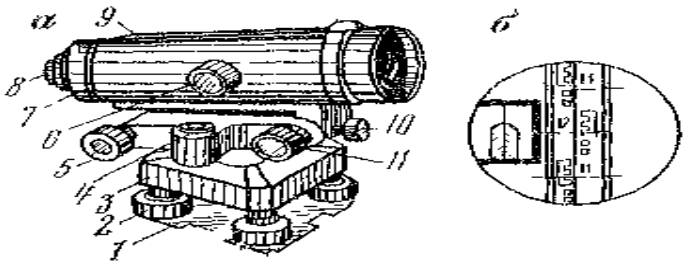


Рисунок 24. Нивелир Н-3 (а) и поле зрения трубы *(б):*
1 - пружинящая пластина со втулкой; *2* - подъемный винт; *3* - подставка (трегер); *4* - круглый уровень; 5 - элевационный винт; *6* - фокусирующее устройство; 7 - корпус зрительной трубы; *8* - окуляр; *9* - цилиндрический уровень; *10* - закрепительный винт; *11*- наводящий винт

Нивелир Н-ЗК (рисунок 25) относится к точным оптико-механическим нивелирам с самоустанавливающейся линией визирования. Предназначен для геометрического нивелирования на поверхности и в шахте. Его основные параметры те же, что и нивелира Н-3. Установка в рабочее положение прибора приводится подъемными винтами *6* по круглому уровню *ф.* Дальнейшее приведение линии визирования в горизонтальное положение осуществляется автоматически с помощью компенсатора, вмонтированного в зрительную трубу *2.* Чувствительным элементом компенсатора является прямоугольная призма, подвешенная на двух парах скрещивающихся стальных нитей. Диапазон работы компенсатора не менее 15^{x}, время затухания колебаний подвесной системы не более 2 с. Колебания компенсатора гасятся воздушным поршневым демпфером. Наводящее устройство зрительной трубы выполнено в виде червячного винта с бесконечным приводом, головки которого расположены по обе стороны от трубы. Закрепительный винт отсутствует. Нивелир Н-ЗК с горизонтальным лимбом выпускается под шифром Н-ЗКЛ. Цена деления шкалы лимба – Г, отсчитывание по шкале лимба производится при помощи штрихового нониуса с погрешностью 0,1°.

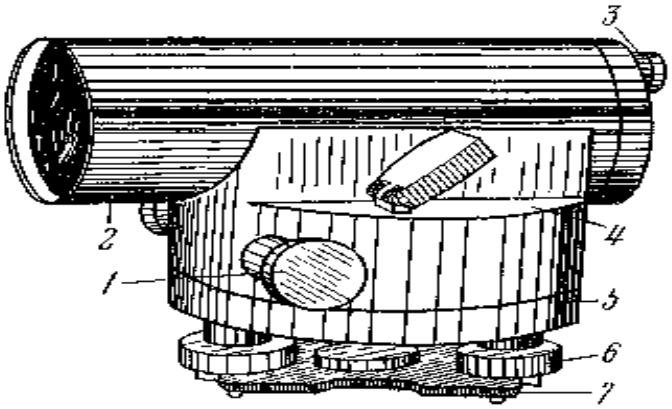


Рисунок 25. Нивелир Н-3К

1 - наводящий винт, 2 - зрительная труба с компенсатором; *3*- окуляр, 4 - круглый уровень с исправительными винтами, 5 - подставка нивелира, *6* - подъемпый винт, 7 - пружинящая пластина со втулкой

Нивелир Н-10КЛ (рисунок 26) с компенсатором и горизонтальным лимбом относится к техническим; содержит оптико-механический компенсатор в сходящемся пучке лучей. Чувствительным элементом компенсатора служит прямоугольная призма, подвешенная на шарикоподшипниковой подвеске. Колебания компенсатора гасятся воздушным демпфером. Зрительная труба в сочетании с компенсатором *2* дает прямое изображение предметов; фокусировка трубы осуществляется перемещением подвижной призмы компенсатора в вертикальном направлении; оптические детали объектива и компенсатора заключены в термоизоляционный корпус, имеющий прямоугольную форму. В нижней части нивелира вмонтирован горизонтальный лимб *3* с градуированной шкалой делений через 1°. Нивелир имеет фрикционный механизм горизонтальной наводки зрительной трубки от руки.

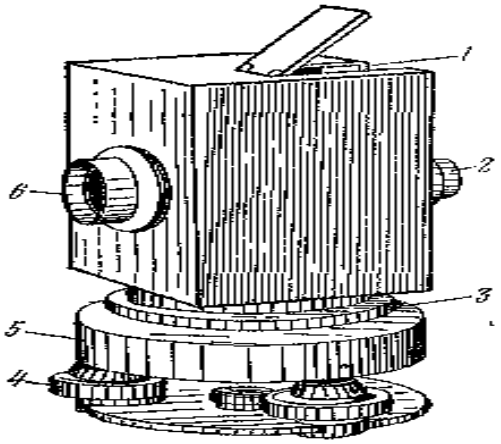


Рисунок 26. Нивелир Н-10КЛ:

1 - круглый уровень, *2* - окуляр зрительной трубы, *3* - горизонтальный круг лимбом; *4* - подъемные винты 5 - подставка; *6* - объектив зрительной трубы

Поверки нивелиров Н-3 и Н-10. Эти приборы должны удовлетворять

следующим геометрическим условиям.

1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира. Тремя подъемными винтами приводят пузырек круглого уровня в центр ампулы и поворачивают верхнюю часть нивелира на 180°. Если после этого пузырек уровня останется в центре ампулы, то условие выполнено. В противном случае исправительными винтами круглого уровня перемещают пузырек к центру ампулы на половину дуги отклонения, а затем подъемными винтами приводят его в центр. Поверку повторяют до полного выполнения условия.

2. Визирная ось должна быть параллельна оси цилиндрического уровня (главное условие). Это условие поверяют двойным нивелированием одного и того же отрезка линии длиной 50-80 м. В конечных точках линии забивают в землю колышки в точках *A* и *B* (рисунок 27, *а).*

Посередине линии устанавливают нивелир (рисунок 27, а) и измеряют превышение между точками *A* и *B* нивелированием из середины.

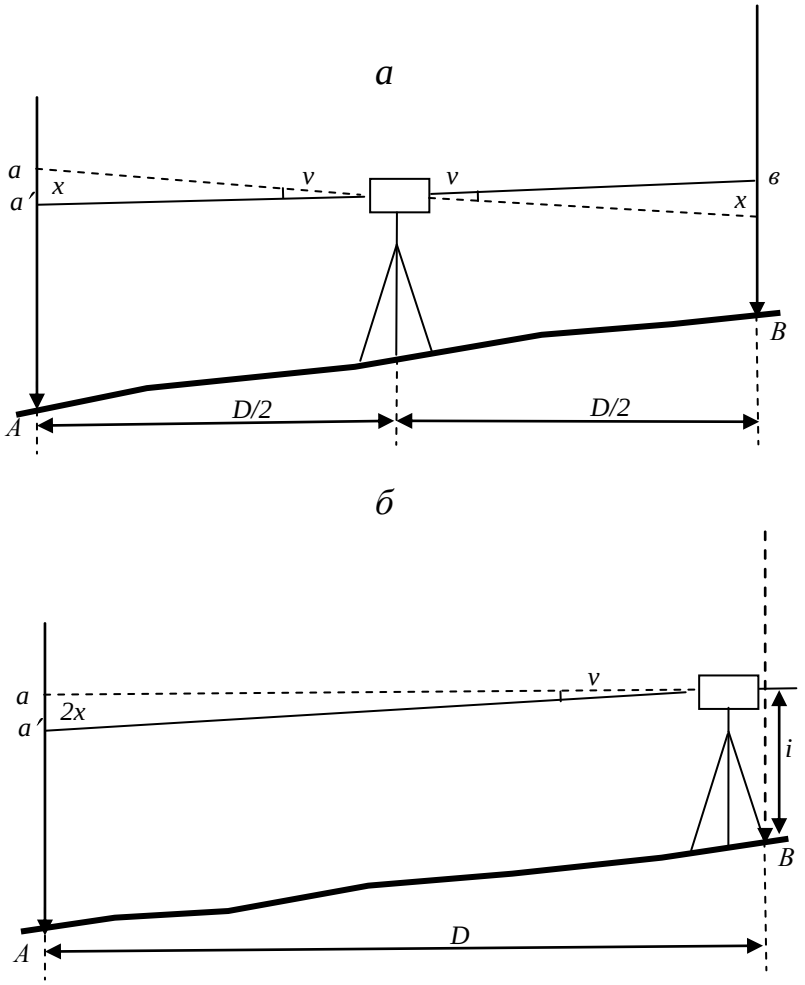


Рисунок 27. Схемы измерений способом вперед (*а*) и из середины (*б*)

Превышение между точками вычисляют по формуле

$$h = a - в \qquad (69)$$

Допустим, что ось цилиндрического уровня и визирная ось между собой не параллельны, тогда вместо верных отчетов *а* и *в* мы прочтем ошибочные отчеты *а′* и *в′*, т.е. $а = а' - x$ и $в = в' - x$.

Вывод. При нивелировании точно из середины ошибка не параллельности осей визирования и цилиндрического уровня на точность измерения не влияет, т.е. превышение *h* измеряется безошибочно. Кроме того, при нивелировании из середины из измерения исключаются влияние кривизны Земли и рефракции.

После этого выполняют нивелирование вперед (рисунок 27, в). Превышение между точками *A* и *B* вычисляют по формуле $h' = i_B - a'$, если $h = h' \pm 4$ *м*, то условие параллельности осей визирования и уровня выполнено. В противном случае вычисляют верный $a = i_B - h$, где *h* результат измерения из середины.

С помощью элевационного винта наводят среднюю нить сетки на отсчет по рейке *а,* а затем вертикальными исправительными винтами цилиндрического уровня точно совмещают изображения половинок концов уровня, видимые в поле зрения трубы, т.е. ось цилиндрического уровня выводят в горизонтальное положение.

3. Визирная ось должна сохранять неизменное положение при фокусировании трубы. На ровной местности по полуокружности радиусом 50 м забивают примерно через 15 - 20 м ряд колышков и каждый нивелируют дважды: из центра полуокружности и из точки, лежащей примерно в 10 м за пределами полуокружности. Дважды вычисляют превышения между начальной точкой на полуокружности и последующими. По разностям между одноименными превышениями судят о влиянии фокусирующей линзы на положение визирной оси. При колебании разностей более 4 - 6 мм нивелир подлежит ремонту

Поверки нивелиров Н-3К и Н-10К. Наличие у этих нивелиров ломаных зрительных труб затрудняет измерение высоты прибора. Поэтому для проверки главного условия на местности в конечных точках линии длиной 100 м забивают колышки *A* и *B* (рисунок 27, б). Точно посередине между ними устанавливают нивелир и определяют превышение $h = b - a$, которое не содержит погрешности прибора. Затем нивелир переносят в точку С и повторно определяют превышение $h_i = b_i - a_i$ между точками *A* и *B*.

Если разность $h - h_i = f > 2$ мм, то вычисляют поправки в отсчеты по дальней *x* и ближней *y* рейкам:

$$x = \frac{d_1 f}{d_1 - d_2}; \qquad y = \frac{d_2 f}{d_1 - d_2} \tag{70}$$

где d_1 и d_2 — соответственно расстояния от нивелира до дальней и ближней реек.

Затем перемещают сетку нитей с помощью исправительных винтов так, чтобы отсчет по дальней рейке был равным $a_1 - x$. После исправления поверку повторяют. Остальные поверки аналогичны поверкам Н-3.

Нивелирные рейки. Согласно ГОСТ 11158 - 83, установлено три типа реек: РН-05 - нивелирование I и II классов и геодинамические полигоны; РН-3 — нивелирование III и IV классов и инженерно-геодезические изыскания; РН-10 — техническое нивелирование, строительные работы.

Рейки РН-3 имеют круглые уровни с исправительными винтами и защитным кожухом. Нивелирные рейки для подземной высотной съемки аналогичны рейкам, используемым для технического нивелирования на поверхности, и отличаются от них в основном длиной. Они имеют нанесенные на одной или двух сторонах сантиметровые шашечные деления (шкалы) с прямой (для труб прямого изображения) или обратной оцифровкой. Материалом для реек чаще всего служит сосна или ель. Шкалы на шахтных рейках новых конструкций наносятся на пластике, на световозвращающем покрытии или лавсановой пленке.

Перед началом работы рейки должны быть поверены в правильности нанесенных на них делений. Поверка реек производится при помощи контрольного метра, представляющего собой металлическую линейку таврового сечения со скошенными краями. На одном скошенном краю линейки нанесены деления через 1 мм, а на другом − через 0,2 мм. По верхнему ребру линейки передвигаются две лупы, посредством которых производятся отсчеты. Поверяемую рейку укладывают горизонтально так, чтобы ее середина не провисала. На рейку, параллельно ее краям, укладывают контрольный метр и определяют действительную длину каждого дециметрового деления и всей длины рейки. Случайные погрешности дециметровых делений рейки не должны превышать ± 1 мм. При отсутствии контрольного метра поверку реек можно произвести выверенной стальной рулеткой с миллиметровыми делениями.

При геометрическом нивелировании в горных выработках, так же как и при нивелировании на поверхности, используют нивелиры со штативом и нивелирные рейки.

Производство технического нивелирования.

1. Разбивка пикетажа.
2. Привязка нивелирного хода.
3. Продольное нивелирование.

Методические рекомендации: По выработкам учебного полигона разбивается пикетаж через 10 – 20 м. Для пикетов устанавливается единая нумерация. Номера пикетов указываются на боковых стенках выработок. Для разбивки пикетажа применится рулетки.

Ход технического нивелирования должен начинаться и заканчиваться на реперах с известными отметками. В качестве реперов в горных выработках служат точки теодолитного хода, отметки которых были определены геометрическим нивелированием от реперов государственной нивелирной сети Привязка осуществляется путем установки нивелирной рейки на точку

с известной высотной отметкой и взятием отсчета по зрительной трубе нивелира установленного в начале, нивелирного хода.

Продольное нивелирование выполняют способом из середины. На каждой станции хода две нивелирные точки (начальная и конечная точки станции) являются связующими, при помощи которых передаются высоты по ходу. В качестве связующих точек используют только точки теодолитного хода. Длина станции около 150 м. Все остальные точки (пикеты) находящиеся между связующими точками станции называются промежуточными.

Отчеты по рейкам установленных на связующих точках берутся дважды: по черной и красной стороне рейки, а на промежуточных – только по черной стороне.

Камеральная обработка результатов измерения.

1. Выполнение постраничного контроля.
2. Вычисление отметок связующих точек.
3. Вычисление отметок промежуточных точек.

Постраничный контроль выполняют для проверки правильности записей и вычислений в журнале. По каждой странице при нивелировании с двухсторонними рейками вычисляют сумму отсчетов по задней и передней рейкам, сумму превышений, полученную по черным и красным сторонам реек и сумму средних превышений. Разность сумм отсчетов по задней и передней рейкам должна быть равна сумме превышений, а половине этой суммы должна быть равна сумма средних превышений.

Вычислив сумму превышений связующих точек по всему ходу и зная отметки начальной и конечной точек хода, определяют невязку, которая не должна превышать $\pm 50\sqrt{L}$ мм.

Высотную невязку распределяют поровну на все превышения с округлением до миллиметров с обратным знаком. Последовательно вычисляют отметки всех связующих точек, начиная от начальной точки с известной отметкой.

Вычисление отметок промежуточных точек обычно производят по горизонту инструмента, вычисляемой на каждой станций по формуле

$$ГИ = Z_A + a;$$
$$Z_{i+1} = ГИ \pm b_{i+1}. \quad (71)$$

где $ГИ$ – отметка горизонта инструмента;

Z_A – отметка задней связующей точки;

a – отчет по рейке установленный задней связующей точке;

Z_{i+1} – отметка промежуточной точки;

b_{i+1} – отчет по рейке установленной на соответствующей промежуточной точке.

Продольный профиль составляется по данным нивелирного журнала.

Выбор масштаба и расположения граф профиля зависит от его назначения. Вертикальный масштаб обычно принимают в 10 раз крупнее горизонтального.

Лабораторная работа №9
ПРОИЗВОДСТВО БУССОЛЬНОЙ СЪЕМКИ И КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ – 2 часа.

Задание: Ознакомится с конструкцией инструмента, произвести буссольную съемку и выполнить камеральную обработку.

Инструменты и приборы: Подвесной буссоль, полукруг, шнур, рулетка, временные маркшейдерские точки, журнал, калькулятор

Методические рекомендации: Подвесная буссоль с полукругом (рисунок 28), несмотря на давность их применения, используется в современной практике маркшейдерских подземных съемок, хотя и не в качестве основного, но полезного инструмента.

Область ее применения ограничивается съемками небольших по протяженности (нарезных и очистных) горных выработок и подземных горных выработок на мелких разведочных шахтах.

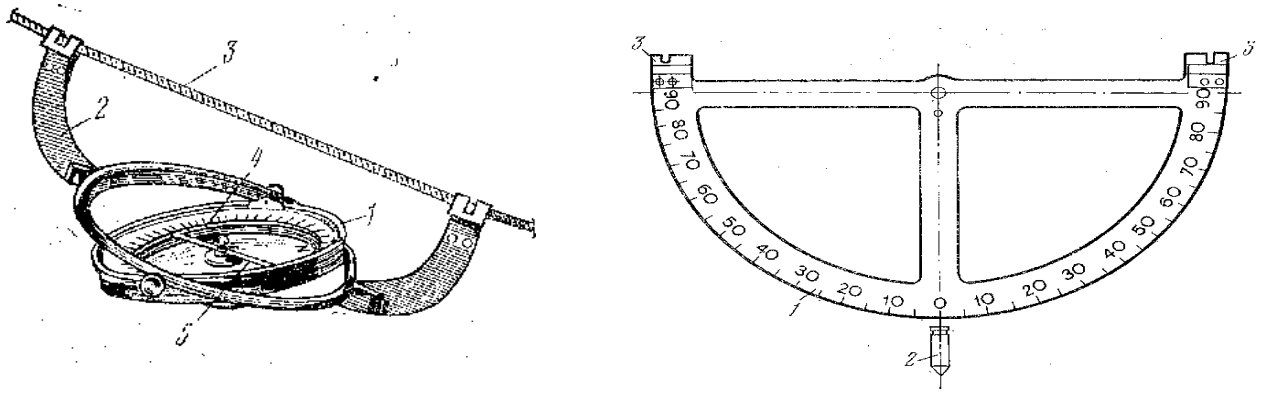


Рисунок 28. Подвесная буссоль с полукругом

Производство буссольной съемки включает следующие этапы:

- разбивку буссольного хода в выработке;
- измерение магнитных азимутов и углов наклона;
- измерение длин и съемки подробностей;
- обработку и составление плана буссольной съемки.

Например, необходимо проложить буссольный ход по промежуточному штреку между точками 30 и 13 теодолитного хода в наклонных выработках (рисунок 29). Вдоль промежуточного штрека в стойки крепи через каждые 15–20 м забивают гвозди (точки 1, 2, 3, 4*).* От точки 30 до пункта 13 (рисунок 29, *а)* через точки 1,2, 3, 4 натягивают шнур толщиной 2–3 мм. На каждом интервале натянутого шнура (30–1, 1–2, ... 4–13) измеряют магнитные азимуты дважды: в начале и в конце. В условиях нормального магнитного поля разности в повторных измерениях азимута каждого интервала не должны превышать 45'. При необходимости измеряются углы наклона

шнуров с помощью подвесного полукруга. Длины сторон измеряются дважды металлической или тесьмяной рулеткой с соблюдением допусков для угломерных съемок.

При повторном измерении длин производится съемка подробностей способом ординат.

Для вычисления дирекционных углов сторон буссольного хода по измеренным магнитным азимутам определяется величина и знак магнитного склонения *б* на стороне с известным дирекционным углом перед началом буссольной съемки, и после ее окончания.

Приведенный способ прокладки буссольного хода применяется в условиях нормального магнитного поля. Наличие аномального магнитного поля обнаруживается по разностям магнитных азимутов сторон хода из двукратного их измерения.

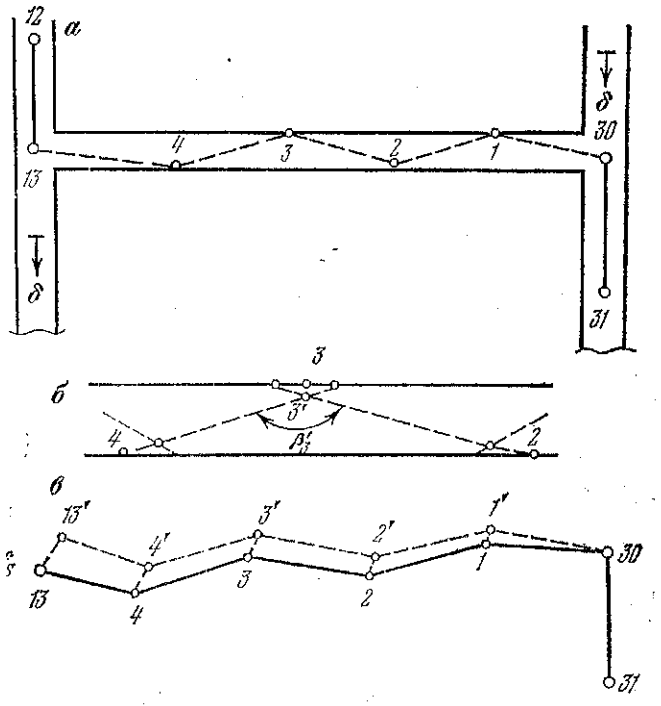


Рисунок 29. Схемы буссольной съемки при измерении магнитных азимутов сторон хода (а), углов буссольного хода (б) и план буссольного хода

В случае аномалий магнитного поля подвесная буссоль используется как угломерный прибор. Пусть в районе хода, например, вблизи точки *3* (рисунок 29, *б)* обнаружена аномалия. Тогда шнуры, фиксирующие соседние стороны хода *2 и 4,* закрепляются таким образом, чтобы они пересекались (например, в точке *3').* Буссоль подвешивается на шнурах под точкой *3'* и измеряются азимуты двух сторон, выходящих из нее. Значение магнитного склонения в точках 3′ для этих сторон одинаково. Следовательно, их разность будет равна величине угла $\beta_{3'}$ хода в пределах точности прибора.

При обработке результатов буссольного хода вычисляются средние значения магнитных азимутов сторон хода и их дирекционные углы. По

средним длинам сторон и углам их наклона вычисляются горизонтальные проложения каждой стороны; вычисляются приращения и координаты точек хода с точностью до 0,1 м.

Накладка буссольного хода на план может быть выполнена по координатам или по дирекционным углам сторон и их горизонтальным проложениям. Вследствие неизбежных погрешностей длин и дирекционных углов конечная точка буссольного хода, в данном случае точка 13' (рисунок 29, в) не совпадает с точкой 13 теодолитного хода на величину f_s = 13-13', называемую линейной невязкой. Точки буссольного хода займут положения 30; 1′; 2'; 3'; 4; 13'. Если невязка f_S не превышает 1/200 периметра хода, она распределяется графически, исходя из предположения, что возрастание невязки пропорционально удаление точек хода от исходной точки 30.

При распределении невязки 13-13' на всех точках хода откладываются параллельные ей отрезки в сторону, противоположную невязке. Отрезки 1′-1**,** 2'-2, 3'-3, 4'-4, определяемые аналитически или графически, фиксируют положение исправленного буссольного хода 30-1-2-3-4-13. Результаты съемки подробностей накладываются на исправленный ход.

Лабораторная работа №10
ЗАДАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГОРНЫМ ВЫРАБОТКАМ В ПЛАНЕ И ПО ВЫСОТЕ -2 часа

Задание: Подготовить исходные данные для задания направления горным выработкам в горизонтальной и вертикальной плоскости и выполнить практический.

Необходимые инструменты и приборы: Проект горных работ в 1:500 или 1:1000 масштабе, измерители, линейки, теодолиты, штативы: рулетки, маркшейдерские временные точки, отвесы.

Методические рекомендации: Проектом разработки месторождения, исходя из геологических особенностей и правил технической эксплуатации, заранее определяются место закладки, направление, способ крепления и сечение главнейших выработок. Для откаточных выработок, кроме того, устанавливаются величина уклонов и радиус закруглений, расположение закруглений и т.д. В целях ускорения работы и по другим причинам, в ряде случаев проведение выработок осуществляется так называемыми встречными и догоняющими забоями. В связи с этим на маркшейдерскую службу горных предприятий возлагается решение ряда специальных задач, главнейшими из которых являются

1) указание места заложения выработок;
2) задание направления для проведения выработок;
3) перенос и закрепление направлений;
4) контрольные наблюдения за проведением выработок по заданному направлению, с соблюдением проектного профиля и паспорта крепления.

Задания направления горным выработкам. Маркшейдерская служба действующих горных предприятий обеспечивает проходку

подготовительных и нарезных горных выработок, и контролируют их соответствие проектным условиям. Подготовительные выработки, рудные штреки и орты находятся на откаточном горизонте, поэтому к ним предъявляются такие же требования по точности, что и при проведении полевых штреков и квершлагов. Методика маркшейдерских измерений должно обеспечивать точность 0,3 м при сбойке осей. При проведении нарезных горных выработок ошибка сбойки допускается до 0,5 м.

Задания направления горной выработке осуществляют в двух плоскостях: горизонтальной и вертикальной. Для задания направления горным выработкам необходимо иметь:

- проект горной выработки;
- маркшейдерский план горизонта, где указаны существующие горные выработки;
- каталог координат маркшейдерских точек этого горизонта.

На маркшейдерский план карандашом наносят проектное положение новой горной выработки (рисунок 30).

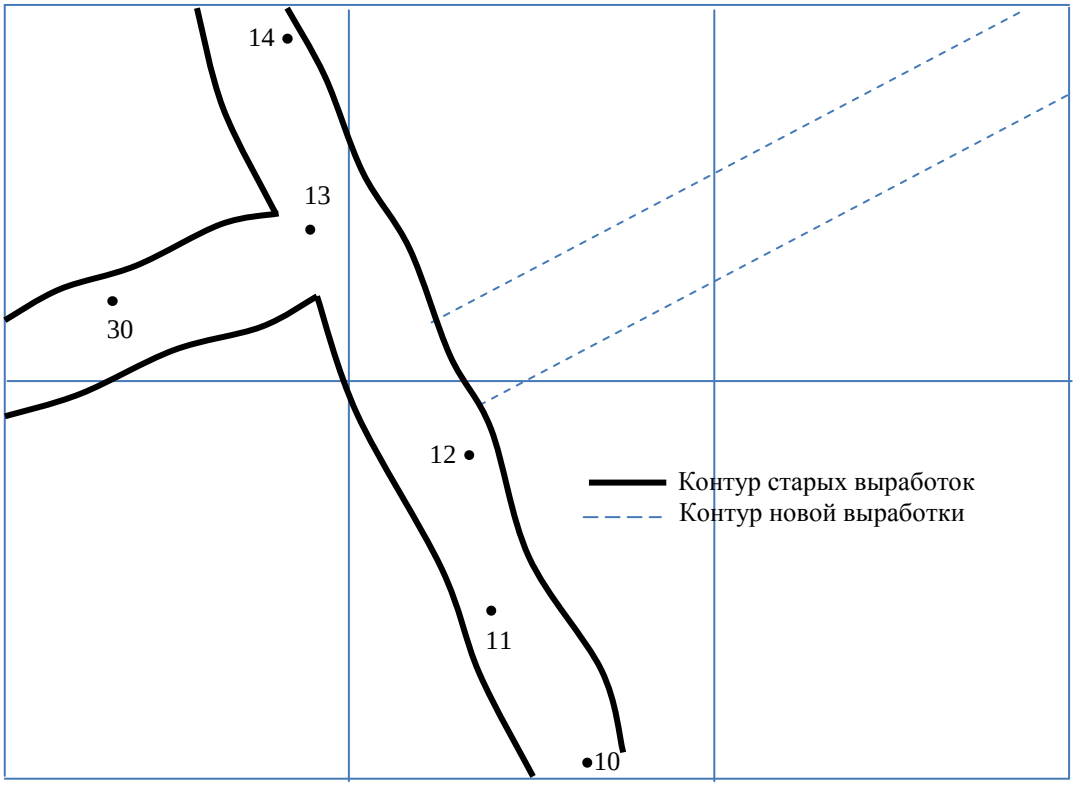


Рисунок 30. Фрагмент плана горных выработок горизонта 150 м.

Рассечки горной выработки.

До задания направления горной выработки маркшейдер обязан выполнить работы по рассечке горной выработке, т.е. указать на месте в горной выработке начало новой горной выработки. Для решения этой задачи и подготовки исходных данных для рассечки на маркшейдерском плане соединяют точки 12 и 13 линией (рисунок 31). С точек *а* и *в* (точки сопряжения старой и новой горных выработок) на линию 12-13 опускают перпендикуляры и измеряют по плану, т.е. графически, расстояния $l_а$ *и* $l_в$ от

точки 12 до основания перпендикуляров опущенных с ***а*** и ***в***. Расстояния $l_а$ *и* $l_в$ являются исходными данными для выполнения рассечки. В горной выработке находят точки 12 и 13, между ними вытягивают рулетку с нулем в точке 12. Маркшейдер находит отчет равной $l_в$ и на глаз восстанавливает перпендикуляр и в боку горной выработки мелом (краской) отмечает «*в*», затем точно также отмечает «*а*». Бригадиру или сменному мастеру показывает, в каком направлении вести выработку. После проходки в указанном направлении новой горной выработки длиной 8-10 м необходимо задать выработке более точное фиксированное положение.

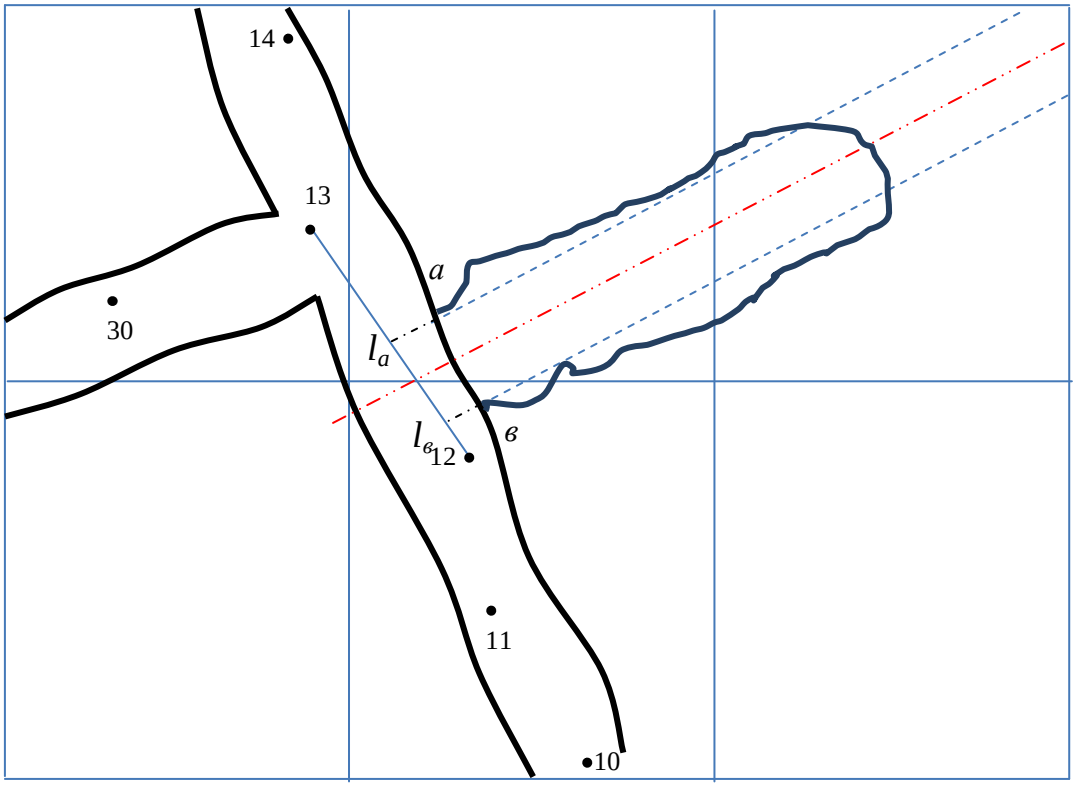


Рисунок 31. Выкопировка с маркшейдерского плана

Задание направления подготовительной горной выработке в горизонтальной плоскости

При проходке подготовительных выработок откаточного горизонта (рудный штрек, орт) точность маркшейдерских измерений должны обеспечить расхождение осей выработок в ±0,3 м. Следовательно, подготовка исходных данных для задания направления в горизонтальной плоскости ведется аналитическим способом. На маркшейдерском плане прочерчивают геометрическую ось новой выработки. На оси намечают две точки, одна точка ***А*** находится в существующей горной выработке, а вторая точка В на продолжении геометрической оси новой выработки. По маркшейдерскому плану измеряют координаты этих точек ***А*** (x_A, y_A) и ***В*** (x_B, y_B)**.**

определяют

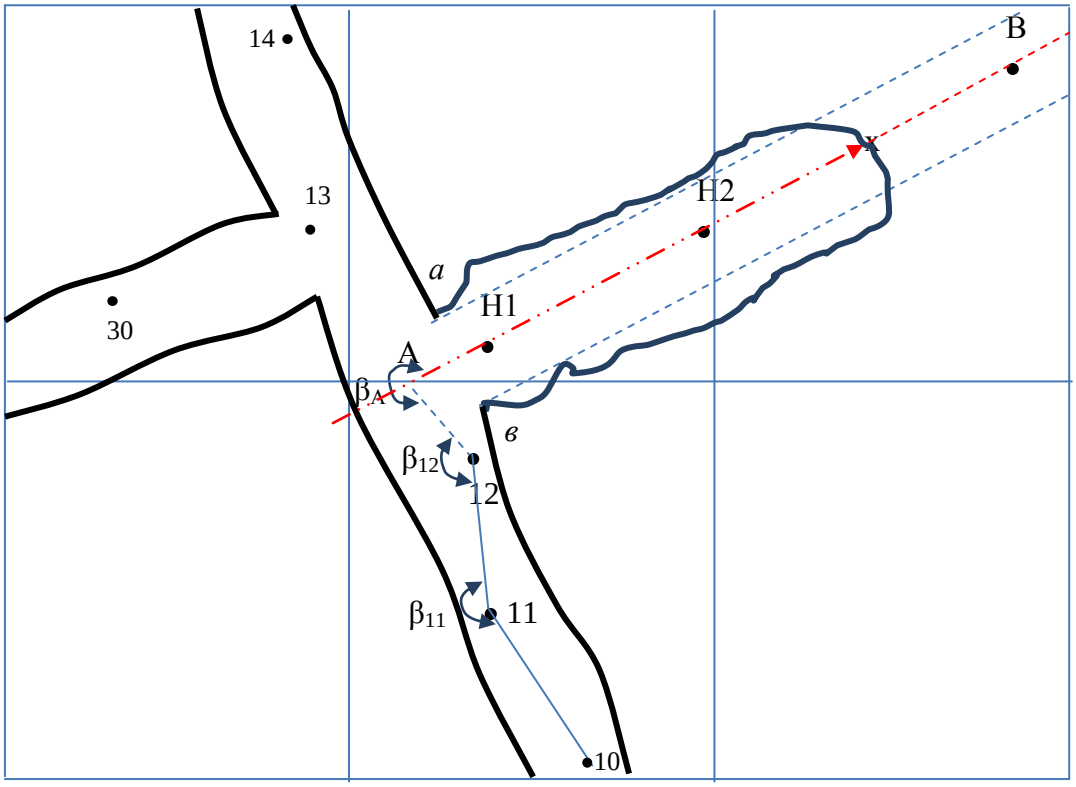


Рисунок 32. Вынос в натуру проектных данных

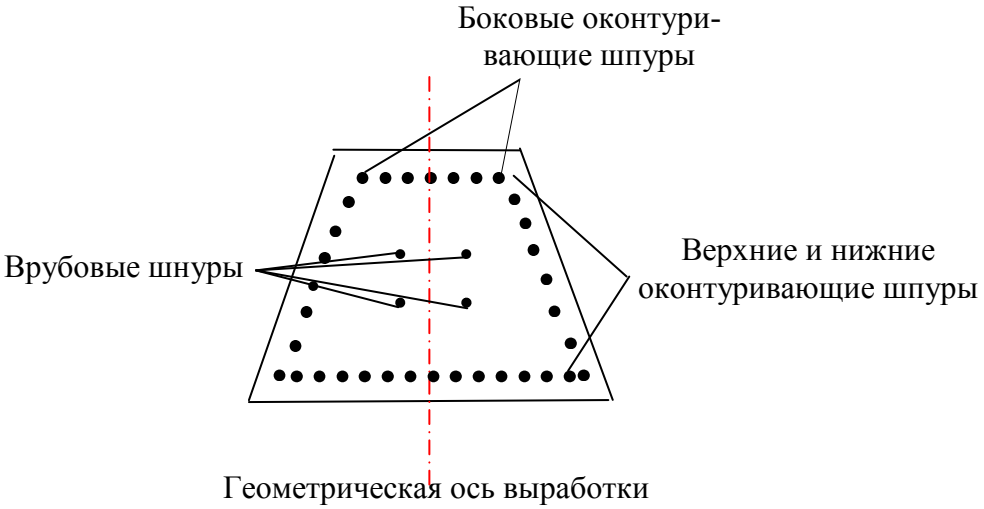


Рисунок 33. Паспорт обуривания

Координаты точек *12* (x_{12}, y_{12}) и *13* (x_{13}, y_{13}) выписывают из каталога координат или из ведомости вычисления точек теодолитного хода, и горизонтальный угол β_{11} и расстояние $l_{11\text{-}12}$, для контроля сохранности пунктов *11* и *12*.

Решая обратную геодезическую задачу вычисляют дирекционный угол стороны *12-А* ($\alpha_{12\text{-}А}$) и расстояние$l_{12\text{-}А}$по формулам:

$$tg\alpha_{12-A}=\frac{y_A-y_{12}}{x_A-x_{12}};\qquad l_{12-A}=\frac{y_A-y_{12}}{\sin\alpha_{12-A}};\qquad l_{12-A}=\frac{x_A-x_{12}}{\cos\alpha_{12-A}}$$

Вычисляют дирекционный угол стороны АВ (α_{AB})

$$tg\alpha_{AB}=\frac{y_B-y_A}{x_B-x_A};\qquad l_{AB}=\frac{y_B-y_A}{\sin\alpha_{AB}};\qquad l_{12-A}=\frac{x_B-x_A}{\cos\alpha_{AB}}$$

По вычисленным дирекционным углам вычисляют проектные (разбивочные) углы

$$\beta_{12}=\alpha_{12-A}-\alpha_{12-11}$$
$$\beta_A=\alpha_{AB}-\alpha_{A-12}$$

Углы β_{12}, β_A и расстояние $l_{12\text{-}A}$ называют исходными данными для выноса в натуру направления новой горной выработки в горизонтальной плоскости.

Вынос в натуру направления. Выполняется контрольные измерения с целью определения сохранности точек теодолитного хода. Теодолит центрируют и нивелируют в точке 11. Измеряют угол β_{11} и расстояние $l_{11\text{-}12}$ и сравнивают их с результатами измерения при прокладке теодолитного хода. Если расхождение в углах в пределах ±1, а в расстоянии $\frac{1}{l_i}\le\frac{1}{N}$, где $\frac{1}{N}$ - относительная ошибка измерении длин при прокладке теодолитного хода, то считают, что точки теодолитного хода не претерпели деформации и их можно использовать для задания направления в горизонтальной плоскости.

Теодолит переносят в точку 12, центрируют и нивелируют, откладывают проектный угол β_{12} и на продолжении визирной оси откладывают проектное расстояние $l_{12\text{-}A}$ и закрепляют точку А. Для контроля правильности выноса измеряют угол β_{12} и длину $l_{12\text{-}A}$. Теодолит переносят на точку ***А***. После центрирования и нивелирования откладывают горизонтальный угол β_A и на продолжение визирной оси закрепляют направленческие точки ***H_1*** и ***H_2***. От точки ***А*** измеряют расстояние l_{A-H_1} и l_{A-H_2}. Для контроля правильности выноса измеряют угол β_A и расстояния l_{A-H_1} и l_{A-H_2}.

Результаты разбивочных работ заносят в книгу маркшейдерских указаний со схемами и расстояниями l_{A-H_1} и l_{A-H_2}. Книга маркшейдерских указаний находится у начальника участка, который ознакамливает горный надзор (зам.начальника участка, сменные мастера) и бригадира под роспись.

Перед началом обуривания забоя проходчики в точках ***H_1*** и ***H_2*** подвешивают отвесы. По створу отвеса на грудь забоя проектируют положение оси выработки (рисунок 33) и от этой линии намечаются положения боковых оконтуривающих шпуров.

Задание направления нарезным горным выработкам в горизонтальной плоскости

При проходке нарезных горных выработок подэтажных горизонтов точность маркшейдерских измерении должны обеспечить расхождение осей выработок в 0,5 м. В этом случае подготовку исходных данных для задания направления в горизонтальной плоскости можно проводит графическим способом (рисунок 34). При графической подготовке исходных данных по маркшейдерскому плану разбивочные углы β_{12} и β_A измеряют геодезическим транспортиром, а расстояния $l_{12\text{-}A}$ измеряют графически с использованием поперечного масштаба.

Методика выноса в натуру разбивочных величин β_{12}, β_A и $l_{12\text{-}A}$ аналогично предыдущему способу.

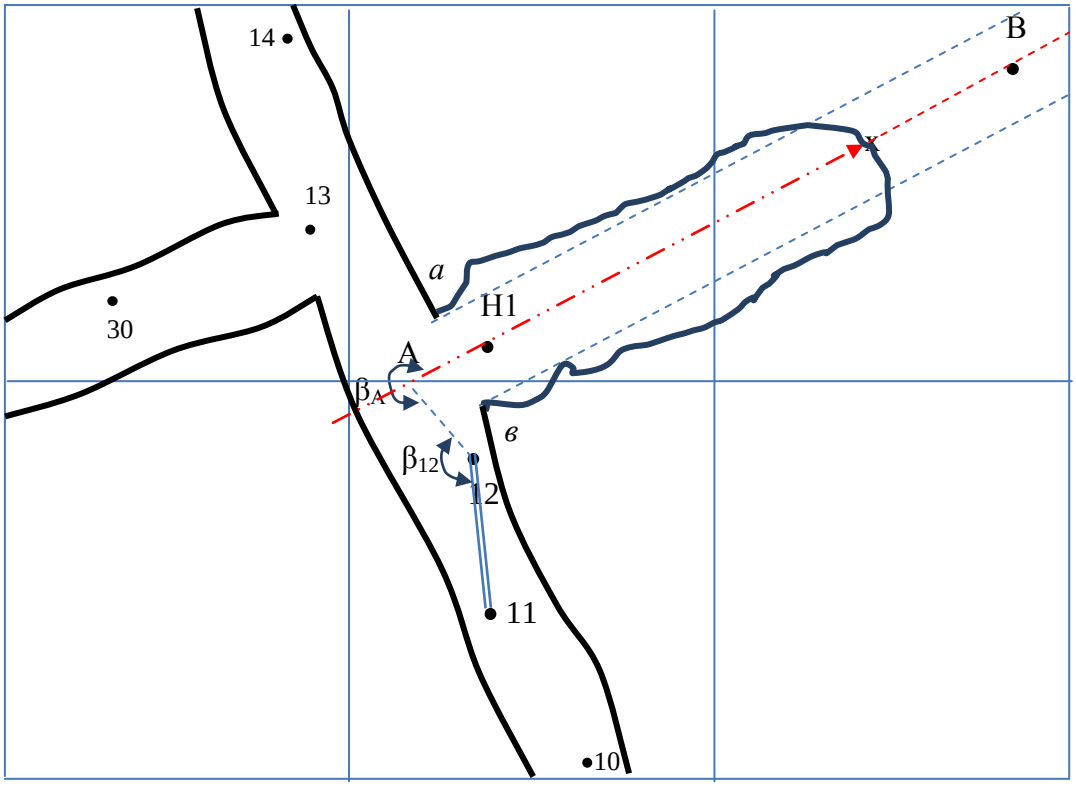


Рисунок 34. Подготовка исходных данных графическим способом

Задание направления горной выработке в вертикальной плоскости

В зависимости от угла наклона горной выработки направление в вертикальной плоскости можно задавать двумя способами:

1. Боковыми реперами. Горные выработки имеют угол наклона в пределах 5°-8°. Необходимые приборы: нивелир, рейка, рулетка, маркшейдерские марки. Задача сводится к построению в горной выработке плоскости с углом наклона равной углу наклона выработки применяется при проведении подготовительных выработок (рудный штрек, орт) откаточного горизонта.

2. Осевыми реперами. Горные выработки имеют угол наклона более 8^0. Необходимые приборы: теодолит, рулетка, маркшейдерские марки. Задача

сводится к построению в горной выработке линии с углом наклона равной углу наклона горной выработки, горные выработки подэтажного горизонта.

Задание направления горной выработке в вертикальной плоскости боковыми реперами

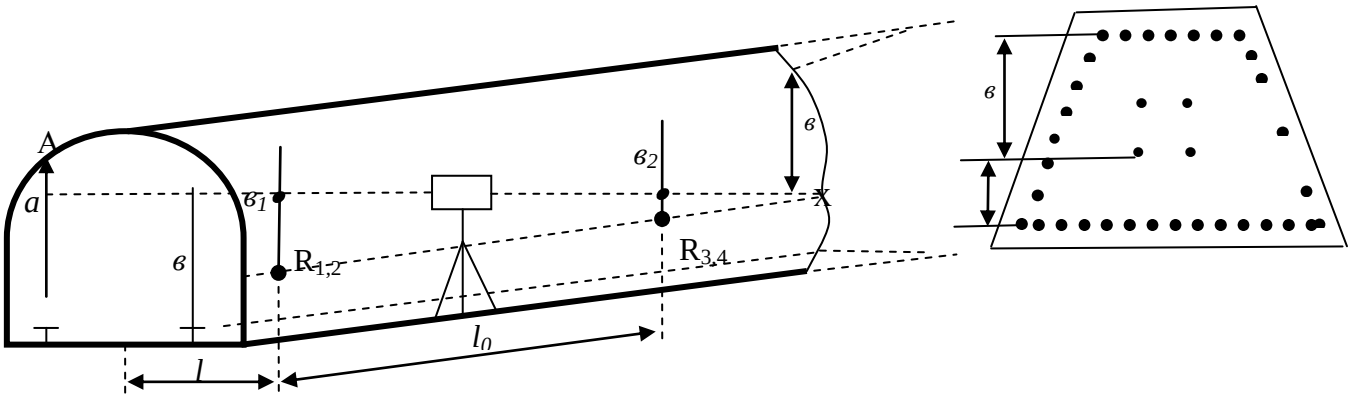


Рисунок 35. Задание направления в вертиальной плоскости боковыми реперами

Необходимо задать направление горной выработке в вертикальной плоскости, если известны: z_A - отметка маркшейдерской точки и $i_{пр}$ – проектный уклон горной выработки.

Работа выполняется в следующей последовательности. Нивелир устанавливают и приводят в рабочее положение. На маркшейдерской точке устанавливают рейку нулем вверх и берут отчет *а*. Вычисляют горизонт инструмента $ГИ = z_A + (-a)$. Рейку переставляют на головку рельс и берут отчет $в_A$, вычисляют отметку головки рельс $z_p = ГИ - в_0$.

В любом удобном месте намечает местоположение боковых реперов и вычисляют их проектные отметки

$$z_{R_{1,2}} = z_p + i_{пр} \cdot l + 1.0$$

$$z_{R_{3,4}} = z_{1,2} + i_{пр} \cdot l_0$$

где *l* – расстояние от головки рельс до местоположения боковых реперов, м;

l_0 - расстояние между боковыми реперами, м;

1,0 – шаблон, вертикальное расстояние от головки рельс до уровня реперов, м.

Вычисляют отчеты $в_1$ и $в_2$ это отчеты по рейке, если бы рейки были установлены на реперах $R_{1,2}$ и $R_{3,4}$ с проектными отметками $z_{R_{1,2}}$ и $z_{R_{1,2}}$. Вынос этих реперов на проектную отметку выполняют следующим образом.

Помощник направляется на местоположение первой пары реперов и держит рейку на весу, маркшейдер, указывая помощнику поднять или опустить рейку, добывается появления в поле зрения трубы отчета $в_1$, и у пятки рейки забивают маркшейдерскую марку. Таким образом, забивается вторая марка в противоположном боку выработки. Если между парами реперов протянуть шнур она займет горизонтальное положение, поскольку отметки этих реперов одинаковые равно $R_{1,2}$. На расстоянии l_0 от первой пары реперов выносят вторую пару реперов $R_{3,4}$, если между реперами натянуть шнур, то плоскость R_1, R_2, R_4, R_3 будет иметь угол наклона равной углу наклона выработки.

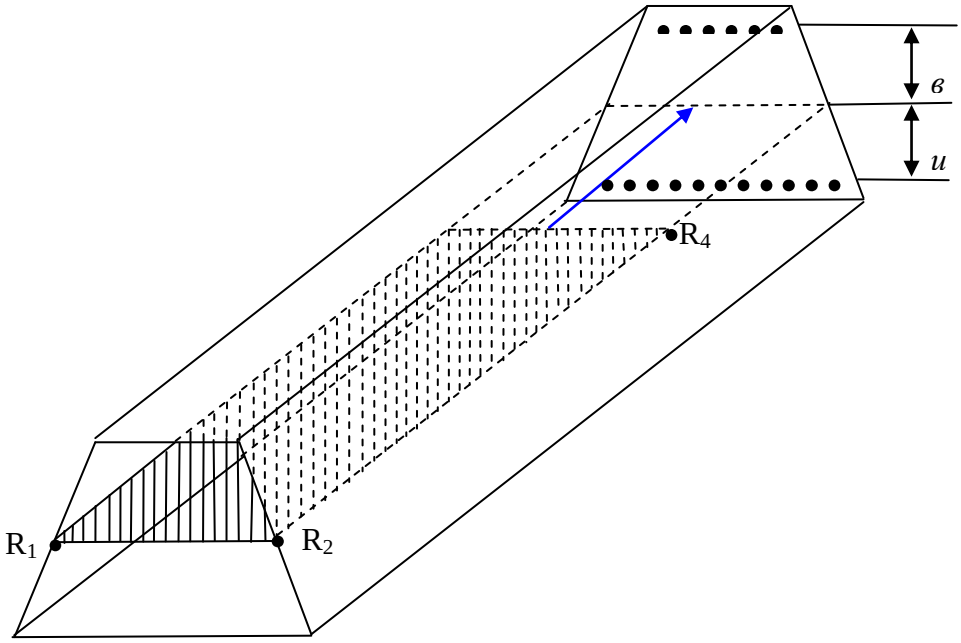


Рисунок 36.

Задание направления горной выработке осевыми реперами

Исходными данными для задания осевых реперов является проектный угол наклона. Применяется теодолит, рулетка и маркшейдерские знаки. Задача сводится к построению в горной выработки линии с углом наклона равной проектному углу наклона (δ) выработки.

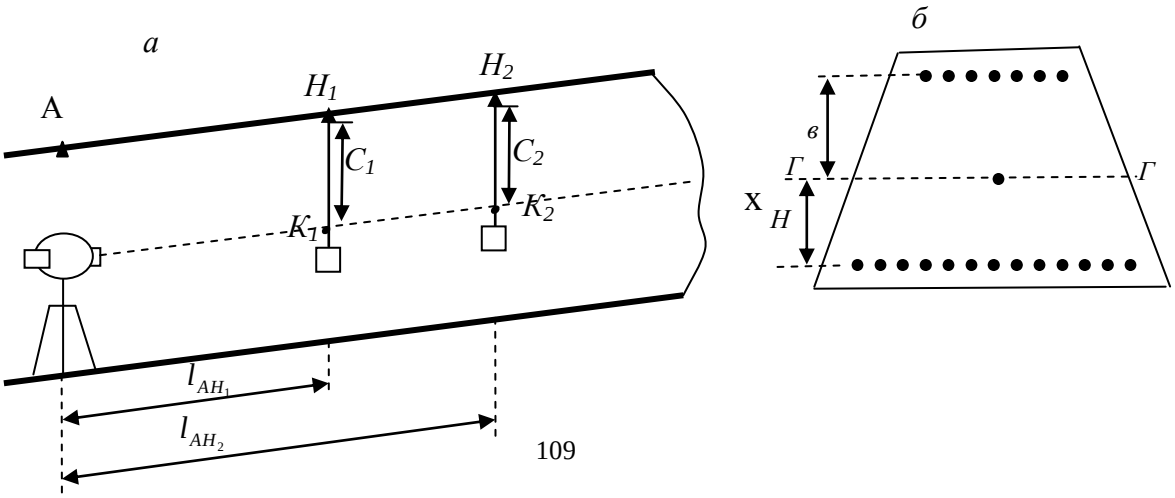


Рисунок 37. Задание осевых реперов

Обычно эту работу совмещают с заданием направления горной выработке с горизонтальной плоскости, когда задают направленческие точки H_1 и H_2. Теодолит устанавливают и приводят в рабочее положение под точкой А. Определяют МО (место нуля) вертикального круга $МО = \frac{КЛ + КП}{2}$. Вычисляют отчет по вертикальному кругу, при котором визирная ось занимает наклонное положение с углом наклона равное проектному углу наклона δ. КП = δ - МО. По вертикальному кругу устанавливают отчет КЛ и на направленческих точках H_1 и H_2 закрепляют клемы $К_1$ и $К_2$ и от точек H_1 и H_2 измеряют вертикальное расстояния до клем C_1 и C_2. Результаты работ маркшейдер заносит в книгу маркшейдерских указаний.

Проходчики опускают отвесы с точек H_1 и H_2, проверяют расстояния C_1 и C_2. Визируют глазом на $К_1$ и $К_2$ и груди забоя отмечают точку «*х*» (рисунок 37, *а*), а затем от горизонтальной линии проходящей через точку «*х*» и от линии на расстоянии «*в*» размещают положение верхних оконтуривающих шпуров, а на расстоянии «*н*» нижний ряд оконтуривающих шпуров (рисунок 27, *в*).

Ниже приведены данные индивидуальных заданий для студентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борщ-Компониец В.И. Геодезия, основы аэрофотосъемки и маркшейдерского дела. –М.: Недра, 1984.
2. Геодезия и маркшейдерское дело в транспортном строительстве . Авт.: В.Г.Афанасьев, А.П.Егоров.-М.: Недра, 1978.
3. Маркшейдерское дело. Авт.: Д.Н.Оглоблин, Г.И.Герасименко, А.Г.Акимов и др.- М.: Недра, 1981.
4. Маркшейдерское дело. Часть 1, 2. М., -Недра, 1971. Авт.: Д.А.Казаковский, А.Н.Белоликов, Г.А.Кротов, В.Н.Лавров, М.П.Пятлин, Н.И.Стенин.
5. Маркшейдерское дело. Под ред. Д.Н.Оглоблина. М., Недра, 1972.
6. Маркшейдерское дело. Часть 1, 2. М., -Недра, 1971. Авт.: И.Н.Ушаков, Д.А.Казаковский, Г.А.Кротов, В.Н.Лавров, М.П.Пятлин, Н.И.Стенин, К.С.Ворковастов, В.А.Голованов.
7. Трофимов А.А. Основы маркшейдерского дела и геодезии.-М., Недра, 1970.
8. Попов И.И., Жаркимбаев Б.М. Маркшейдерское дело.-Алматы, 2000.
9. Справочник маркшейдера, ч. I и II. -М., Металлургиздат, 1953, 1955.
10. Справочник по маркшейдерскому делу/Под ред. А.Н.Омельченко.-М : Недра, 1979.
11. Н.И.Стенин. Организация маркшейдерских работ на горных предприятиях.-М.: Недра, 1986.
12. Инструкция по производству маркшейдерских работ.- М.: Недра, 1987.

ОГЛАВЛЕНИЕ

стр.

Предисловие…… 3

Введение…… 4

Общие указания о порядке выполнения лабораторных работ…… 8

Лабораторная работа №1. Изучение устройства и производство поверок теодолитов, используемые маркшейдерской службой горного предприятия, измерение горизонтальных углов способом круговых приемов и повторений …… 10

Лабораторная работа №2. Производство полевых измерений и камеральная обработка результатов замкнутого теодолитного хода…… 26

Лабораторная работа №3. Производство и камеральная обработка результатов ориентирования подземных съемок через один вертикальный ствол……..…….. 29

Лабораторная работа №4. Камеральная обработка результатов ориентирования подземных съемок через один вертикальный ствол. Способ примыкания «Соединительный треугольник»……. 37

Лабораторная работа №5. Камеральная обработка результатов ориентирования подземных съемок через один вертикальных ствол. Способ примыкания «Соединительный четырехугольник»…… 46

Лабораторная работа №6. Камеральная обработка результатов ориентирования подземных съемок через два вертикальных ствола…… 51

Лабораторная работа №7. Производство и камеральная обработка результатов передачи высотной отметки с поверхности в шахту при помощи рулетки и длинномера ДА-2…… 82

Лабораторная работа №8. Изучение устройства и производство поверок нивелиров, применяемых в маркшейдерской службе горного предприятия, нивелирование из середины и вперед 88

Лабораторная работа №9. Производство буссольной съемки и камеральная обработка результатов…….. 94

Лабораторная работа №10. Задание направления горным выработкам в горизонтальной и вертикальной плоскости……. 97

Учебное издание

Касенов Бекежан Сатыбалдиевич
Жаркимбаев Бахит Молдагалиевич
Солтабаева Сауле Темирбулатовна

ПРАКТИКУМ ОБЩЕГО КУРСА МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА

Учебное пособие

Заведующий……. З.А.Губайдуллина
Редакторы
Компьютерный набор

Подписано в печать ____ ____ 20_____г.

Тираж ___ экз. Формат 60×84 1/16. Бумага типографская №1.
Объем ____ п. л. Заказ № ____ . Цена договорная

Издание Казахского национального технического университета
имени К.И.Сапаева
Информационно-издательский центр КазНТУ
Г.Алматы, ул. Сатпаева, 22