

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

В. А. Скрипников, М. А. Скрипникова

ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве практикума для обучающихся по специальности
21.05.01 Прикладная геодезия (уровень специалитета)

Новосибирск
СГУГиТ
2022

УДК 528.4
С454

Рецензенты: доктор технических наук, профессор СГУГиТ *Г. А. Уставич*
кандидат технических наук, ведущий инженер АО «Сибтех-
энерго» *А. В. Никонов*

Скрипников, В. А.

С454 Прикладная геодезия. Геодезическое обеспечение строительства инженерных сооружений : практикум / В. А. Скрипников, М. А. Скрипникова. – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. – 64 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-907513-22-8

Практикум подготовлен кандидатами технических наук, доцентами В. А. Скрипниковым и М. А. Скрипниковой на кафедре инженерной геодезии и маркшейдерского дела СГУГиТ.

Практикум содержит работы по инженерно-геодезическому обеспечению строительства инженерных сооружений. В практикуме представлены лабораторные работы по проектированию и оценке точности разбивочных сетей, разбивочным работам и исполнительным съемкам с применением трассоискателей.

Практикум по дисциплине «Геодезическое обеспечение строительства инженерных сооружений» предназначен для обучающихся по специальности 21.05.01 Прикладная геодезия (уровень специалитета), также может быть использован по направлению подготовки 21.03.03 Геодезия (уровень бакалавриата).

Рекомендовано к изданию кафедрой инженерной геодезии и маркшейдерского дела, Ученым советом Института геодезии и менеджмента СГУГиТ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 528.4

ISBN 978-5-907513-22-8

© СГУГиТ, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа № 1. Проектирование и оценка точности геодезической разбивочной основы на территорию строи- тельства	6
Лабораторная работа № 2. Вынесение на местность основных осей сооружения.....	16
Лабораторная работа № 3. Исполнительная съемка подземных коммуникаций с применением трассоискателей	42
Заключение.....	62
Библиографический список.....	63

ВВЕДЕНИЕ

Обучающиеся по специальности 21.05.01 Прикладная геодезия (уровень специалитета) получают в процессе обучения необходимые компетенции по геодезическому обеспечению проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений.

Одной из специальных дисциплин этого направления является дисциплина «Геодезическое обеспечение строительства инженерных сооружений». При изучении учебного материала по этой дисциплине обучающиеся получают профессиональные компетенции по выполнению всего комплекса работ по инженерно-геодезическому обеспечению строительства инженерных сооружений.

Комплекс работ по геодезическому обеспечению строительства инженерных сооружений включает проектирование и создание геодезического разбивочного обоснования. Современные методики проектирования геодезических сетей и камеральной обработки измерений основаны на применении программного обеспечения. Программное обеспечение позволяет получать все необходимые данные для контроля точности определения координат и отметок пунктов геодезических сетей на этапе проектирования сетей и уравнивания геодезических измерений.

После создания разбивочного обоснования на строительной площадке выполняют вынесение проекта сооружения на местность. Для обеспечения требуемой точности разбивочных работ на объектах обучающимся необходимо не только знать современные способы выноса точек проектируемого сооружения на местность, но и уметь выполнять вынос точек современными приборами.

По окончании отдельных видов строительно-монтажных работ инженеры-геодезисты выполняют исполнительные геодезические съемки. В процессе этих съемок выполняют текущий контроль вынесения проекта сооружения на местности. Одним из самых сложных видов работ является исполнительная съемка закрытых подземных коммуникаций на строитель-

ной площадке. Применение современных автоматизированных трубокабелеискателей позволяет выполнять поиск коммуникаций с необходимой точностью.

Перечисленные выше виды геодезических работ на строительной площадке обучающиеся изучают при проведении лабораторного практикума.

Лабораторная работа № 1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ РАЗБИВОЧНОЙ ОСНОВЫ НА ТЕРРИТОРИЮ СТРОИТЕЛЬСТВА

Цель работы: выполнить проектирование и оценку точности геодезической разбивочной основы на территорию строительства промышленного комплекса.

Задачи работы:

- 1) составить проект геодезической разбивочной основы;
- 2) выполнить оценку точности определения координат;
- 3) выполнить оценку точности отметок пунктов сети.

Перечень обеспечивающих средств:

- 1) компьютеры с установленным программным продуктом CREDO DAT 5.0;
- 2) генеральный план проектируемого промышленного комплекса в виде растровой подложки.

Задание

При выполнении лабораторной работы необходимо:

- открыть проект генерального плана промышленного комплекса в программном модуле CREDO DAT 5.0;
- средствами графического редактора CREDO DAT 5.0 на генплане создать проект геодезического разбивочного обоснования (ГРО);
- выполнить предрасчет точности определения координат запроектированного ГРО;
- выполнить предрасчет высотного положения запроектированного ГРО;
- выполнить анализ точности построения ГРО и сравнить полученные погрешности взаимного положения пунктов ГРО с допустимыми значениями.

Общие теоретические сведения

Геодезические работы в строительстве следует выполнять в соответствии с требованиями сводов правил (СП) и государственных стандартов (ГОСТ). Для уникальных сооружений выполняется расчет точности выполнения геодезических работ проектной организацией.

В состав геодезических работ, выполняемых на строительной площадке, входят:

- создание геодезической разбивочной основы для строительства, для выноса в натуру основных осей возводимых объектов, сетей инженерно-технического обеспечения и проведения мониторинга осадок и кренов сооружения в период его строительства;

- создание внутренней разбивочной сети здания (сооружения) на исходном и монтажном горизонтах и разбивочной сети для строительства линейных сооружений, в том числе внутриплощадочных, монтажа технологического оборудования, если это предусмотрено в проекте производства геодезических работ или в проекте производства работ;

- геодезический контроль точности геометрических параметров зданий и сооружений, прокладки сетей инженерно-технического обеспечения и исполнительные съемки с составлением исполнительной геодезической документации;

- геодезические измерения смещений и деформаций оснований, конструкций зданий (сооружений) и их частей, если это предусмотрено проектной документацией, установлено авторским надзором или органами государственного надзора;

- производство детальных разбивочных работ.

Геодезическую разбивочную основу на строительной площадке или вблизи объекта строительства следует создавать в виде сети закрепленных знаками геодезических пунктов на местности и обеспечивающих выполнение дальнейших построений и измерений в процессе строительства с необходимой точностью.

Пример схемы построения разбивочной сети приведены на рис. 1.1 [4].

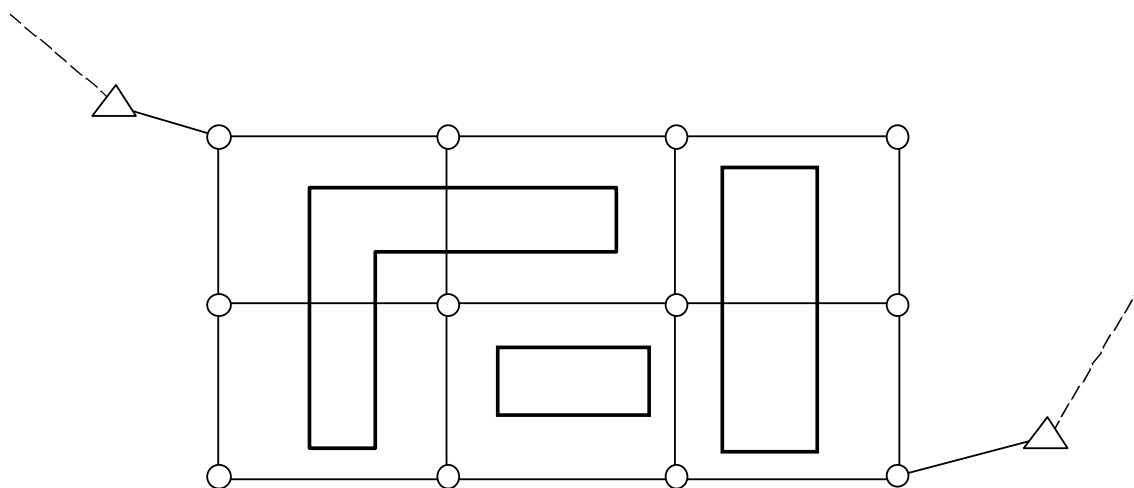


Рис. 1.1. Схема геодезической разбивочной сети

Геодезическую разбивочную сеть необходимо привязывать к пунктам, существующим в районе строительства, государственных геодезических сетей, имеющих координаты в системах координат субъектов Российской Федерации (МСК–СРФ). Геодезическую разбивочную основу (ГРО) следует создавать с учетом [6]:

- существующих и проектируемых зданий и сооружений на строительной площадке;
- долговременной сохранности центров пунктов разбивочной основы:
- природных и техногенных процессов, неблагоприятно влияющих на сохранность и устойчивость центров пунктов;
- использования пунктов создаваемой сети при геодезическом обеспечении эксплуатации объектов строительства.

Проект ГРО создается при подготовке проекта производства геодезических работ (ППГР) на основе генерального плана строительства.

На приведенной схеме (см. рис. 1.1) количество пунктов государственных геодезических сетей (ГГС), обозначенных знаком Δ , должно быть не менее двух, причем класс их точности должен быть выше, чем создаваемая разбивочная сеть. Пункты плановой и высотной разбивочных сетей, как правило, следует совмещать.

Построение плановой разбивочной основы следует производить методом полигонометрии, геодезических засечек, с применением спутниковых технологий и другими методами.

Для сетей инженерно-технического обеспечения пункты располагать не реже чем через 100 м, параллельно осям трасс в точках резкого излома трасс, для земляных сооружений и вертикальной планировки – согласно проекту производства геодезических работ.

Плановая разбивочная сеть в виде прямоугольников являлась наиболее рациональным видом планового обоснования разбивочных работ при строительстве комплекса инженерных сооружений. Она представляла собой систему квадратов или прямоугольников, покрывающих строительную площадку. Направление координатных осей геодезической сети было параллельно осям основных зданий и сооружений или красными линиями застройки. Такое расположение пунктов ГРО относительно осей сооружения позволяло выполнять разбивочные работы с применением теодолита и рулетки. Применение электронных тахеометров при создании геодезических сетей и выполнения разбивочных работ позволило отказаться от геометрически правильных фигур в сети. Проектирование местоположения пунктов сети следует выполнять с учетом их длительной сохранности и удобства выполнения с них разбивочных работ.

В настоящее время, как правило, для отдельно стоящих зданий создается разбивочная сеть по периметру из 3–4 пунктов. Дальнейшее сгущение выполняется с применением тахеометров методом обратной линейно-угловой засечки от пунктов каркасной сети. С пунктов, определенных обратной линейно-угловой засечкой, выполняется определение координат ориентирных пунктов, расположенных на капитальных сооружениях на строительной площадке или рядом с площадкой. Ориентирные пункты закрепляются с помощью светоотражающих марок. При применении ГНСС-приемников, если обеспечивается необходимая точность, сеть создается от постоянно действующих базовых станций.

Для удобства выполнения геодезических работ координаты пунктов должны вычисляться в условной системе координат. Как правило, крайней нижней левой вершине присваивают условные координаты так, чтобы координаты всех остальных пунктов сети были положительными. Пунктам сети присваивают порядковую нумерацию. Перевычисление координат из условной системы в местную систему координат выполняют по формулам аналитической геометрии. Точности построения разбивочной основы следует выдерживать в соответствии с данными, приведенными табл. 1.1 [6].

Таблица 1.1

Точность построения разбивочной сети

Характеристика объектов строительства	Величины СКП построения разбивочной основы строительства			Предельная погрешность взаимного положения смежных пунктов разбивочной основы		Плотность пунктов опорной геодезической сети в застроенной (незастроенной) территории
	угловые измерения, с	линейные измерения	определение превышения на 1 км хода, или отметок смежных реперов на застроенной (незастроенной) территории, мм	в плане X, Y , мм	по высоте H , мм	
1. Предприятия и группы зданий (сооружений) на участках площадью более 1 км ² ; отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки более 100 тыс. м ²	3	$\frac{1}{25\,000}$	3 (10)	50	10	16 (4)
2. Предприятия и группы зданий (сооружений) на участках площадью менее 1 км ² ; отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки от 10 до 100 тыс. м ²	5	$\frac{1}{10\,000}$	5	30	5	9
3. Отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки менее 10 тыс. м ² ; дороги, инженерные сети в пределах застраиваемых территорий	10	$\frac{1}{5\,000}$	10	20	5	4 (16)
4. Дороги, инженерные сети в незастраиваемых территориях; земляные сооружения, в том числе вертикальная планировка	30	$\frac{1}{2\,000}$ или (20+10 _{рмм})	5 (10)	50		4 (16)

Проект разбивочной сети строительной площадки оформляется в виде чертежа в масштабе генерального плана.

К нему прилагаются:

- данные о точности построения разбивочной сети;
- описание типов центров геодезических пунктов и методики их заложения.

Порядок выполнения работы

Для выполнения работы каждому студенту необходимо открыть в CREDO DAT предлагаемый ему индивидуальный вариант проекта генерального плана промышленного комплекса. Проект генерального плана промышленного комплекса представлен на предварительно привязанной к местной системе координат растровой подложке.

Для строительства комплекса сооружений предлагается участок местности размерами примерно 300×700 м. На участке составлен проект размещения несколько зданий (по вариантам). Обучающиеся должны составить проект геодезической разбивочной сети на территорию строительства. При проектировании длины сторон сети рекомендуется делать не менее 100 м. Уменьшение рекомендуемой длины стороны должно быть обосновано. Расстояние от габаритных осей зданий должно обеспечивать сохранность пунктов сети при проведении земляных работ на строительной площадке и строительстве дорожных проездов. Для вычисления координат пунктов в местной системе координат разбивочная сеть привязывается не менее чем к двум пунктам геодезических сетей, расположенных на территории строительства по схеме, приведенной на рис. 1.1.

Для расчета точности запроектированной сети в CREDO DAT необходимо настроить свойства проекта [3]. Исходя из размеров участка, в соответствии с данными табл. 1.1, класс сетки должен соответствовать по точности полигонометрии 1-го разряда. Кроме того, в разделе «Уравнивание» свойств проекта необходимо включить режим проектирования.

При расчете точности на первом этапе вводят координаты и отметки исходных пунктов триангуляции 3-го класса, находящихся на территории участка строительства, активировав команду «Пункты ПВО» (рис. 1.2).

	Имя	N	E	Тип NE	Статус NE	H	Тип H
☐	п.п. 2115	9966,406	9469,358	Исходный	Уравненный	100,000	Исходный
☒	п.п.1322	9650,000	9123,321	Исходный	Уравненный	110,000	Исходный
☐	п.п.2412	9709,529	9452,369	Исходный	Уравненный	105,000	Исходный

Рис. 1.2. Ввод исходных данных в таблицу «Пункты ПВО»

Включив последовательно команды «Вид» и «План» средствами графического редактора CREDO DAT 5.0, необходимо запроектировать ГРО на генплане промышленного комплекса.

Местоположение пунктов рекомендуется проектировать с учетом параллельности сторон сети основным осям сооружений проекта. Расстояние между стороной сети и параллельной ей основной осью сооружения проектируется с учетом сохранности пунктов при выполнении земляных работ на строительной площадке. Координаты пунктов сети при проектировании для удобства ввода данных рекомендуется делать кратным целому числу метров (рис. 1.3).

Далее, активировав команду «Измерения ПВО», необходимо для каждого пункта ввести условно «измеренные» на них направления, стороны и класс точности измерений. В качестве разбивочной основы, исходя из требований, приведенных в табл. 1.1, рекомендуется использовать полигонометрию 1-го разряда.

Направления и стороны вычисляются из решения обратной геодезической задачи.

Выполнив вычисления направлений и сторон для каждого пункта, необходимо установить параметры «наземные плановые» и включить режим проектирования сети. Активировав последовательно команды «Расчет», «Предобработка» и «Уравнивание», выполняют анализ ведомости оценки точности положения пунктов.

Значения средних квадратических погрешностей взаимного положения соседних пунктов сети для рассматриваемого в работе проекта не должны превышать 30 мм (см. табл. 1.1).

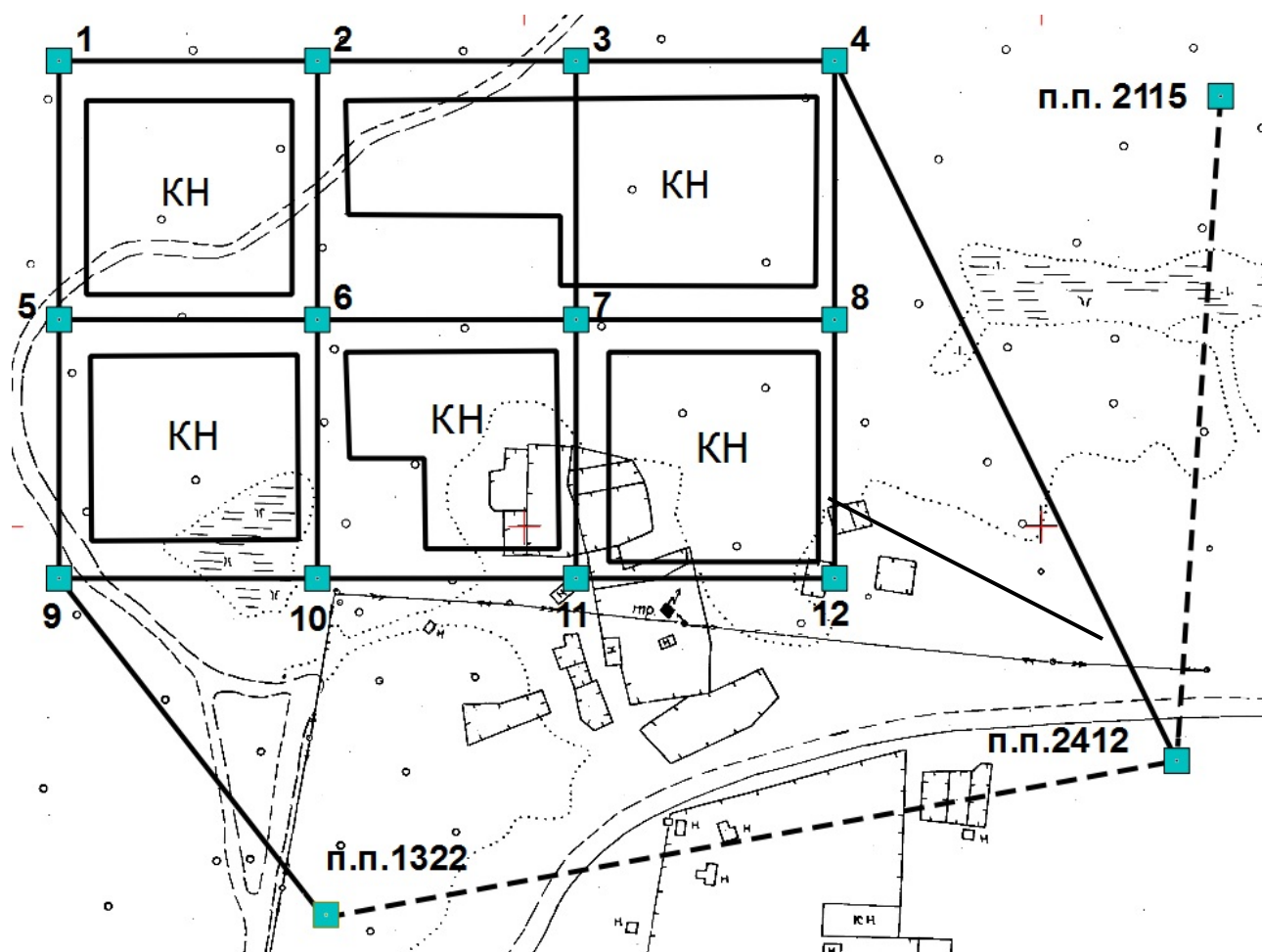


Рис. 1.3. Схема проекта геодезической разбивочной сети

В случае превышения СКП взаимного положения смежных пунктов допустимого значения – 30 мм, выполняют повторное проектирование сети, например, повышают точность измерений на пунктах сети до точности полигонометрии 4-го класса или уменьшают количество полигонов в сети, увеличивая длины сторон.

Пункты плановой сети являются одновременно и высотной основой при строительстве промышленных зданий и сооружений [2]. Как правило, схема нивелирной сети состоит из хода по периметру и нескольких заполняющих ходов. Для небольших строительных площадок высотная сеть проектируется в виде ходов геометрического нивелирования IV класса. Для больших промышленных комплексов по периметру сети прокладывается ход II класса, заполняющий ход – III класс нивелирования. С учетом размеров площадки генплана требуемая СКП измерения превышения на станции

на 1 км хода не должна превышать 6 мм, а отметок смежных реперов – 5 мм. Таковую СКП определения превышения обеспечивает нивелирование III класса. При оценке точности проекта нивелирной сети в CREDO DAT 5.0 необходимо получить ведомости оценки точности положения пунктов, превышений и определения отметок смежных пунктов сети.

При расчете точности в качестве исходных реперов необходимо взять пункты триангуляции, отметки которых определены из нивелирования II класса. Настройка свойств проекта должна соответствовать параметрам нивелирования III класса (допустимая невязка на 1 км хода – 10 мм). При расчете точности сети вначале необходимо выполнить настройки в команде «Пункты ПВО».

В качестве исходных пунктов указываются не менее двух пунктов триангуляции с отметками, определенными из нивелирования II класса. Далее выполняется команда «Нивелирные хода». Нивелирным ходом считаются ход от исходного репера до узловой точки или ход между узловыми точками.

После обозначения первого хода выполняется команда «Точки нивелирных ходов». При заполнении таблицы превышения считать равными нулю, длины секций между пунктами определяются по растру с точностью до одного метра. Активировав последовательно команды «Расчет», «Предобработка» и «Уравнивание», выполняют анализ ведомости оценки точности определения отметок пунктов сети.

Значения средних квадратических погрешностей взаимного положения отметок соседних пунктов сети не должны превышать допустимого значения в 5 мм (см. табл. 1.1).

В случае превышения СКП допустимого значения в 5 мм выполняют повторное проектирование нивелирной сети, например, уменьшают длины ходов, проектируют дополнительные узловые точки в сети.

К зачету по лабораторной работе необходимо представить:

- схему разбивочной сети, совмещенную с генпланом сооружений;
- ведомости оценки точности планового и высотного положения пунктов сети, сравнение полученных данных с допусками СП [6];
- пояснительную записку с описанием порядка выполнения работы;
- описание типов центров геодезических пунктов ГРО.

Контрольные вопросы

1. Перечислите виды и назначение инженерно-геодезических сетей, создаваемых для обеспечения строительства зданий и сооружений.
2. Что является исходными данными для расчета точности плановых инженерно-геодезических сетей?
3. Что является исходными данными для расчета точности высотных инженерно-геодезических сетей?
4. Перечислите основные требования, предъявляемые к плановому ГРО.
5. Перечислите основные требования, предъявляемые к высотному ГРО.
6. Опишите последовательность оценки точности проекта высотной разбивочной сети.
7. Опишите последовательность оценки точности проекта плановой разбивочной сети.

Лабораторная работа № 2

ВЫНЕСЕНИЕ НА МЕСТНОСТЬ ОСНОВНЫХ ОСЕЙ СООРУЖЕНИЯ

Цель работы: выполнить подготовку данных и вынести на местность основные оси сооружения.

Задачи работы:

- 1) изучить методы геодезической подготовки проекта;
- 2) применить аналитический метод подготовки данных для выноса проекта инженерного сооружения на местность:
 - составить разбивочный чертеж;
 - выполнить расчет точности разбивочных работ с применением тахеометра;
 - вынести на местность основные оси сооружения;
 - выполнить контроль точности вынесения основных осей сооружения.

Перечень обеспечивающих средств:

- 1) тахеометр;
- 2) штатив;
- 3) отражатель;
- 4) рулетка;
- 5) ПЭВМ;
- 6) учебно-методическая литература.

Задание

1. Преподавателем выдаются (по вариантам) каждому обучающемуся координаты точек пересечения осей С и Д и проектное расстояние S_{CD} (рис. 2.1).

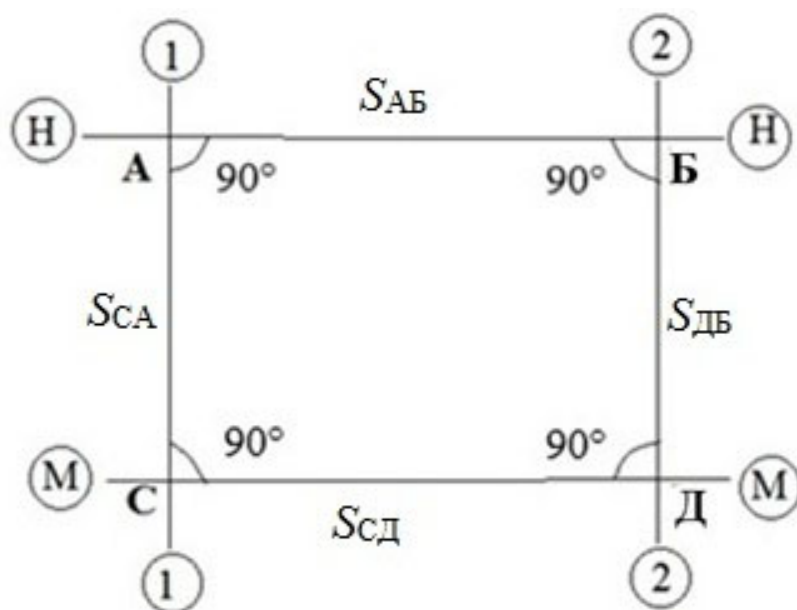


Рис. 2.1. Схема основных осей сооружения

2. По проектным координатам точек С и Д вычислить дирекционный угол стороны СД и вычислить для контроля расстояние S_{CD} .

3. По проектным углам в точках пересечения осей и дирекционному углу стороны СД вычислить дирекционные углы сторон сооружения СА и АБ.

4. По проектному расстоянию S_{CA} и дирекционным углам сторон сооружения СА и АБ вычислить координаты точек А и Б.

5. Составить разбивочный чертеж для выноса на местность основных осей сооружения.

6. Выполнить вынос основных осей сооружения с применением тахеометра.

7. Выполнить исполнительную съемку выноса точек основных осей сооружения с применением рулетки.

8. Составить исполнительную геодезическую схему основных осей сооружения.

9. Составить пояснительную записку с описанием технологии разбивочных работ.

Общие теоретические сведения

Строительство сооружения на местности выполняется в соответствии с проектом. Непосредственно перед выполнением строительных работ необходимо обозначить контур сооружения на местности. Контур сооружения задается основными осями сооружения. Оси определяют положение сооружения на местности в плане. Основные оси выносятся (разбиваются) на местность от пунктов ГРО. Кроме планового положения, для строительных работ необходимо выносить проектируемые сооружения на проектные отметки.

Для выноса проекта сооружений на местность необходимо выполнить его геодезическую подготовку данных, которая включает [2]:

- а) аналитический расчет проекта;
- б) составление разбивочных чертежей с данными привязки главных осей к пунктам геодезической основы.

Для выполнения разбивочных работ необходимы исходные данные. На основании исходных данных составляются разбивочные чертежи. Подготовка исходных данных может быть выполнена одним из методов: графическим, аналитическим, графоаналитическим.

Графический метод подготовки основан на применении крупномасштабных топографических карт и планов. При реализации этого метода все необходимые данные (координаты, отметки) могут быть определены непосредственно измерениями по картографическому материалу. Метод практически не применяется в настоящее время из-за низкой точности посадки сооружений на местность и недостаточной точности обеспечения геометрии сооружения.

Графоаналитический метод применяется при наличии точных крупномасштабных инженерно-топографических планов. В этом методе часть данных берется непосредственно с плана (координаты одной оси). Другая часть (координаты всех других осей) вычисляются аналитически на основании проектных длин и углов.

Применение ГНСС-приемников и тахеометров при геодезическом обеспечении строительных работ позволяет оперативно, с высокой точностью выполнять координирование объектов на строительной площадке и выполнять разбивочные работы. Поэтому в настоящее время при подго-

товке выноса сооружения на местность используется аналитический метод подготовки. В этом методе все необходимые данные (размеры сооружений и координаты точек пересечения основных осей) для разбивки получают из проекта сооружения. Аналитический метод позволяет обеспечить максимальную точность выполнения разбивочных работ, ограниченную только точностью геодезических измерений непосредственно на строительной площадке.

Геодезические работы по обеспечению любого вида строительных работ начинаются с создания геодезических сетей. Для выполнения работ по выносу основных осей сооружений создаются разбивочные сети различной точности. Точность разбивочных сетей и выполнение собственно разбивочных работ определяется нормативными документами для типовых сооружений и специальными расчетами для уникальных сооружений.

При строительстве крупных промышленных сооружений наиболее распространенным видом ГРО является сеть, представляющая собой систему взаимосвязанных геодезических пунктов, равномерно покрывающих территорию строительной площадки и обеспечивающих возможность с необходимой точностью при наименьших затратах времени перенести проект сооружений на местность. При строительстве гражданских зданий и сооружений в качестве ГРО используются пункты городских геодезических сетей (полигонометрии), красные линии застройки. Наиболее часто, особенно в крупных городах, для создания ГРО на небольших участках используют ГНСС-измерения с привязкой к постоянно действующим базовым станциям.

Разбивка сооружений производится в несколько этапов. На первом этапе выполняется вынос в натуру главных осей (для строительства мостов, плотин, тоннелей). На втором этапе выносятся основные оси, использующие пункты закрепления главной оси как исходную основу. На третьем этапе выполняется разбивка детальных осей от пунктов закрепления основных осей. Главными (исходными) осями называют оси, относительно которых сооружение располагается симметрично. Основные (габаритные) оси – это оси, определяющие форму и габариты сооружений. Вид и количество главных и основных осей, подлежащих перенесению в натуру, определяются конфигурацией здания или сооружения (рис. 2.2) [6].

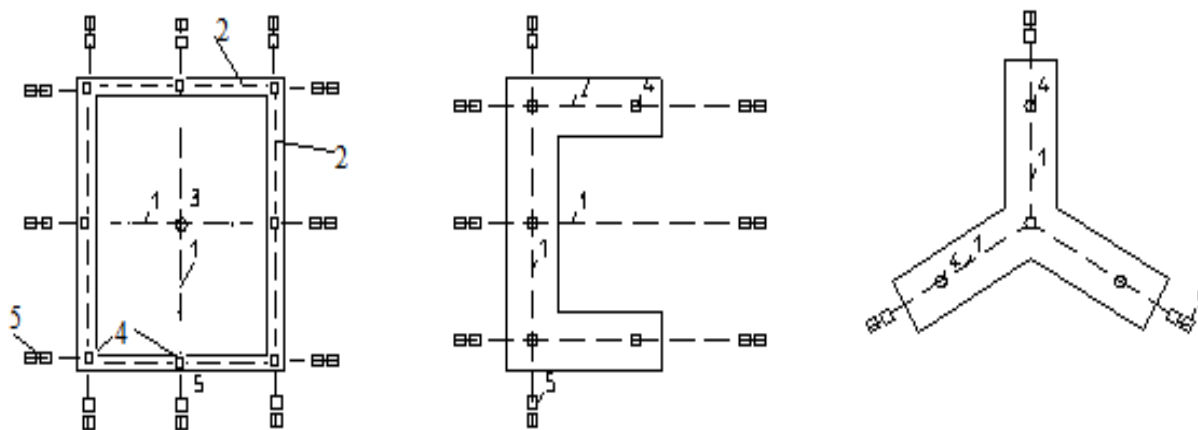


Рис. 2.2. Схемы расположения и закрепления
главных и основных осей сооружений:

1 – главные оси; 2 – основные оси; 3, 4 – пункты закрепления главных и основных осей на сооружениях; 5 – то же, вне сооружений

Точность разбивки главных или основных осей зависит от способа определения положения точек проектируемого здания. Как правило, размещение зданий и сооружений и их взаимную компоновку проектируют на крупномасштабных топографических планах.

Точность размещения объектов строительства в этом случае определяется точностью плана, которая характеризуется средней квадратической погрешностью определения положения точки, равной 0,2 мм в масштабе плана. С учетом того, что компоновка зданий относительно существующих сооружений разрабатываются в основном на планах масштаба 1 : 2 000 – 1 : 500, эта ошибка на местности составит минимум 10 см. Эту точность современные геодезические приборы обеспечивают на разбивочных работах при любом способе разбивки основных осей. В основном ошибка выноса основных осей по отношению к существующей застройке составляет 2–3 см. При детальной разбивке от закрепленных точек главных или основных осей разбивают деталиные оси отдельных блоков и частей зданий и сооружений с одновременной установкой точек и плоскостей.

Детальная разбивка обеспечивает собираемость конструктивных элементов сооружений, поэтому точность взаимного положения соседних осей и измерения превышений не должна превышать 2 мм.

Точность выноса разбиваемых точек на местность может быть определена по формуле [2]

$$m^2 = m_p^2 + m_{и}^2 + m_{ф}^2 + m_{ц,р}^2, \quad (2.1)$$

где m_p – погрешность собственно разбивочных работ;

$m_{и}$ – погрешность исходных данных;

$m_{ф}$ – погрешность фиксирования точки;

$m_{ц,р}$ – погрешность центрирования и редукции.

Точность измерений при выносе основных осей и отметок приведена в табл. 2.1 [6]. При выносе осей необходимо выполнять линейные и угловые измерения с точностью, принятой в полигонометрии 2-го разряда. Ошибки взаимного положения осей нормируются по допускам (предельной погрешностью) от проектных значений.

Таблица 2.1

Точность измерений при выносе основных осей и отметок

Вид работ	Значения средних квадратических погрешностей при измерениях			Предельная погрешность взаимного положения габаритных осей, выносимых в натуру зданий и сооружений, участков трасс сетей инженерно-технического обеспечения в пределах 1 км (после уравнивания)	
	линейные измерения	измерения углов, с	определение отметок реперов, СКП на 1 км двойного хода, мм	в плане, мм	по высоте, мм
Вынос в натуру габаритов зданий, сооружений, трасс сетей инженерно-технического обеспечения от пунктов ГГС, сетей и ходов, имеющих координаты и отметки в системах координат субъектов Российской Федерации	1/5 000	10	2 или 5	5	10

Влияние ошибок исходных данных при расчете точности выноса осей зависит от точности ГРО. При разбивке основных осей по возможности проектируют разбивку контура здания (основные оси) с использованием для ориентирования тахеометра одной стороны сети ГРО. Вторую сторону применяют только для контроля выноса. В этом случае ошибки исходных данных не влияют на взаимное положение осей здания. Величина ошибки фиксирования точек осей зависит от способа закрепления точек и может быть заранее установлена: при использовании иглы, карандаша или гвоздя составляет 0,5 мм, при использовании нитяных отвесов не превышает 2–3 мм. В лабораторной работе при предрасчете точности способа разбивки учитывается только часть ошибки разбивочных работ, которая зависит от способа разбивки.

Выбор способа разбивки зависит от вида ГРО на строительной площадке, особенностей местности, рельефа, типа сооружения, требуемой точности выполнения разбивочных работ и других факторов.

Для разбивки основных осей гражданских зданий с точек полигонометрического или тахеометрического ходов, а также с закрепленных точек линий регулирования застройки наибольшее распространение получили: способ прямоугольных координат, способ полярных координат, способ линейной засечки, режим измерений RTK при выполнении ГНСС-измерений.

Способ полярных координат

При строительстве сооружений для выноса основных осей применяют, в основном, тахеометры. Тахеометры имеют широкий диапазон точности измерения расстояний и углов. Встроенное программное обеспечение тахеометров позволяет в режиме реального времени на экране дисплея увидеть текущие полярные и прямоугольные координаты выносимой точки. Ориентируясь по положению стрелок на жидкокристаллическом дисплее, геодезист может указать помощнику направление на выносимую точку и расстояние до нее. В способе полярных координат положение выносимой точки А на местности определяется путем построения проектного угла β и отложения проектного расстояния (горизонтального проложения) S_1-A_{1cp} (рис. 2.3).

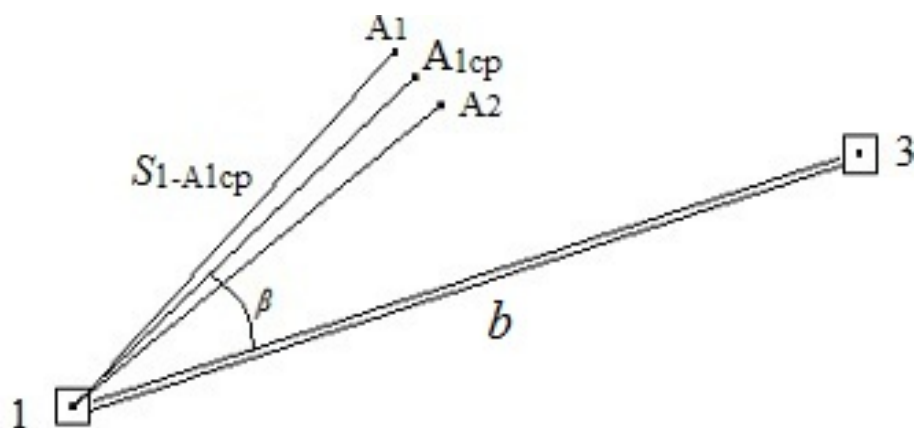


Рис. 2.3. Схема выноса точки способом полярных координат

Величины разбивочного угла β и расстояния S определяются по формулам

$$\beta = \alpha_{1-3} - \alpha_{1-A}; \quad (2.2)$$

$$S = \frac{\Delta y_{1-A}}{\sin \alpha_{1-A}} = \frac{\Delta x_{1-A}}{\cos \alpha_{1-A}} = \sqrt{\Delta x_{1-A}^2 + \Delta y_{1-A}^2}, \quad (2.3)$$

где α_{1-A} и α_{1-3} – соответственно дирекционные углы направления на выносимую точку и исходного направления, вычисляемые из решения обратных геодезических задач, а Δx и Δy – разность координат пункта 1 ГРО и выносимой проектной точки А, вычисляемые по формулам

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_{1-A} &= x_A - x_1 \\ \Delta y_{1-A} &= y_A - y_1 \end{aligned} \right\}. \quad (2.4)$$

Чтобы вычислить дирекционный угол, сначала определяют румб (r) по формуле

$$r_{1-A} = \arctg \frac{\Delta y_{1-A}}{\Delta x_{1-A}}. \quad (2.5)$$

Затем, учитывая знаки приращений, вычисляют дирекционный угол.

Технология определения проектного положения точки на местности способом полярных координат зависит от применяемого прибора. При ис-

пользовании теодолита и рулетки (при отложении расстояний в пределах длины рулетки) на местности необходимо найти два близко расположенных пункта ГРО с взаимной видимостью между ними и видимостью по направлению на выносимую точку. На близлежащем к выносимой точке пункте 1 ГРО устанавливается поверенный теодолит и приводится в рабочее положение. На пункте 3 ГРО устанавливается и центрируется штатив с визирной маркой (см. рис 2.3).

После установки прибора и визирной марки на пунктах ГРО теодолит ориентируется на марку при круге лево (КЛ). Для удобства работы с отсчетным устройством теодолита устанавливается отсчет на лимбе и шкале микроскопа примерно равный $0^{\circ} 00' 00''$. К полученному отсчету необходимо прибавить значение разбивочного угла β и, вращая алидаду теодолита, добиться по оптическому микрометру вычисленного отсчета. Закрепив нуль рулетки над пунктом ГРО, с помощью помощника исполнитель по полученному створу откладывает разбивочное расстояние S до точки A_1 и фиксирует ее положение временным центром.

Из-за влияния коллимационной погрешности при КЛ получается смещенное положение выносимой точки, поэтому необходимо выполнить вынос точки при круге право (КП) теодолита. При КП теодолита отсчет при ориентировании не устанавливается, а берется такой, какой получается при наведении теодолита на марку, и к этому отсчету прибавляется разбивочный угол. При наблюдениях КП, выполняемых аналогично КЛ, на местности получается точка A_2 . Расхождение в местоположении точек должно соответствовать линейной составляющей коллимационной погрешности на данном расстоянии. При допустимом расхождении закрепляют среднее положение точки A .

При использовании тахеометра для разбивки, порядок действий при подготовке выноса точки не меняется. Вынос точки выполняется с применением специальной программы, последовательность действий в которой имеет небольшие отличия в разных типах тахеометров. При измерениях с точностью до 1 мм фиксируется положение отражателя при перемещении помощника с отражателем на вехе по створу линии.

Методом последовательных приближений добиваются необходимой точности выноса точки. После выноса точки выполняется контрольное измерение. Если фактическое положение точки отличается от проектного

в недопустимых пределах, то вынос выполняют повторно или выполняют редуцирование точки.

Средняя квадратическая погрешность (СКП) в положении выносимой точки А за счет погрешности способа разбивки (погрешностей отложения расстояния m_S и угла m_β) вычисляется по формуле

$$m_A = \sqrt{m_S^2 + \left(\frac{m_\beta''}{\rho} S \right)^2}, \quad (2.6)$$

где $\rho = 206\,265''$.

При анализе точности любого способа разбивки следует учитывать влияние на точность всех ошибок, в том числе и особенностей взаимного положения пунктов ГРО (базиса разбивки) и выносимой точки. В способе полярных координат ошибки исходных данных, ошибки центрирования и редукиции минимальны, когда разбивочный угол является острым углом ($\beta < 90^\circ$), а расстояние до выносимой точки меньше базиса разбивки ($S < b$).

Линейная засечка

В линейной засечке положение выносимой точки А определяется пересечением двух разбивочных горизонтальных расстояний S_1 и S_2 (рис. 2.4).

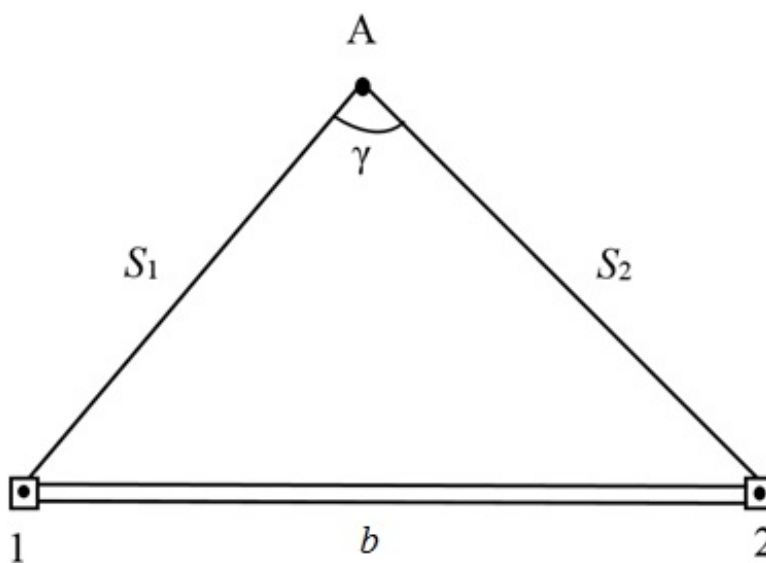


Рис. 2.4. Схема выноса точки линейной засечкой

Расстояние S_1 вычисляется по известным формулам (2.3) из решения обратных геодезических задач. Аналогично вычисляется расстояние S_2 .

Средняя квадратическая погрешность в положении определяемой точки А при одинаковой точности m_S отложения расстояний S_1 и S_2 может быть вычислена по формуле

$$m_A = \frac{m_S \sqrt{2}}{\sin \gamma}. \quad (2.7)$$

Точность выноса точки линейной засечкой будет максимальна при значении угла $\gamma = 90^\circ$.

Технология выноса может реализовываться при одновременном отложении двух расстояний двумя рулетками. Пересечение полотен рулеток проектируется на поверхность земли с помощью отвеса. После фиксации точки выполняется контрольное измерение расстояний.

При применении только одной рулетки отложенное разбивочное расстояние фиксируется на местности по дуге от пункта 1 ГРО несколькими точками. Дугу строят, зная примерное направление на выносимую точку с пункта ГРО. Расстояние между точками зависит от точности разбивки, в среднем, примерно через 10–15 см. Закрепив ряд точек, переходят к разбивке дуги расстоянием с пункта 2 ГРО.

Пересечение дуг фиксируется струнами и проектируется на поверхность земли с помощью отвеса.

При отложении расстояний полотно рулетки должно быть горизонтально, так как проект выполнен в ортогональной проекции.

Применяемые для измерений рулетки должны иметь действующее свидетельство о поверке. Для введения поправок в расстояния необходимо выполнять измерение температуры воздуха.

Линейной засечкой удобно производить разбивку на открытой ровной местности, если разбивочные расстояния не превышают длины мерного прибора, поэтому она применяется для выноса основных осей на монтажных горизонтах и при детальном разбивочных работах.

Закрепление вынесенной точки выполняется центром, кернением на металлической поверхности или краской на ровной поверхности.

Прямая угловая засечка

В прямой угловой засечке с использованием двух пунктов ГРО в качестве базиса вынесение точки А получается из построения на местности двух разбивочных углов β_1 и β_2 (рис. 2.5).

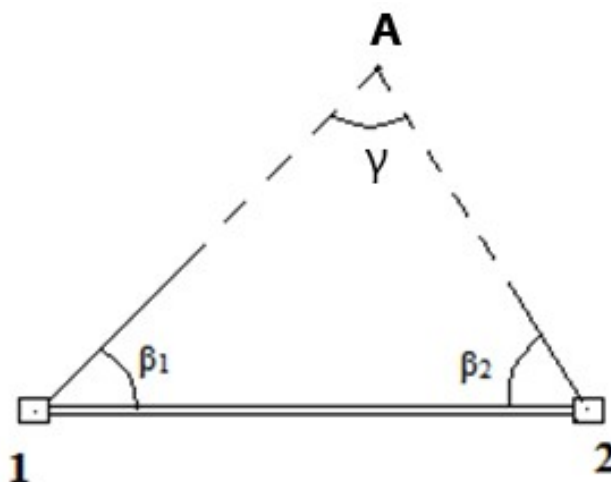


Рис. 2.5. Схема выноса точки прямой угловой засечкой с одного базиса

Для определения разбивочных углов используют алгоритм обратной геодезической задачи с применением проектных координат определяемой точки А и координат пунктов ГРО 1 и 2. Разбивочные углы β_1 и β_2 вычисляются как разность дирекционных углов сторон по формулам

$$\beta_1 = \alpha_{1-2} - \alpha_{1-A}; \quad (2.8)$$

$$\beta_2 = \alpha_{2-A} - \alpha_{2-1}. \quad (2.9)$$

Углы β_1 и β_2 откладываются на местности тахеометром или теодолитом. При работе с одним тахеометром на местности, по направлению от пункта 1 ГРО до предполагаемого местоположения точки А фиксируется точка на местности временным центром. Затем по продолжению направления закрепляется вторая точка. Аналогично закрепляются две точки направления на точку А с пункта 2 ГРО.

Пересечение двух струн, закрепленных на направлениях на точку А, проектируется с помощью отвеса на поверхность земли и закрепляется центром долговременного закрепления. При одновременном применении двух угломерных приборов пересечение визирных линий по построенным приборами направлениям на точку А определяют методом последовательных приближений, перемещая веху или отвес по одному направлению до пересечения второго направления.

Следует отметить, что вынесение проектной точки А по схеме, приведенной на рис. 2.5, называют однократной прямой угловой засечкой. По этой схеме невозможно выполнить независимый контроль точности определения положения точки на местности. Для контроля вынесения точки включают в схему измерения дополнительный пункт ГРО, образуя, таким образом, два базиса (рис. 2.6).

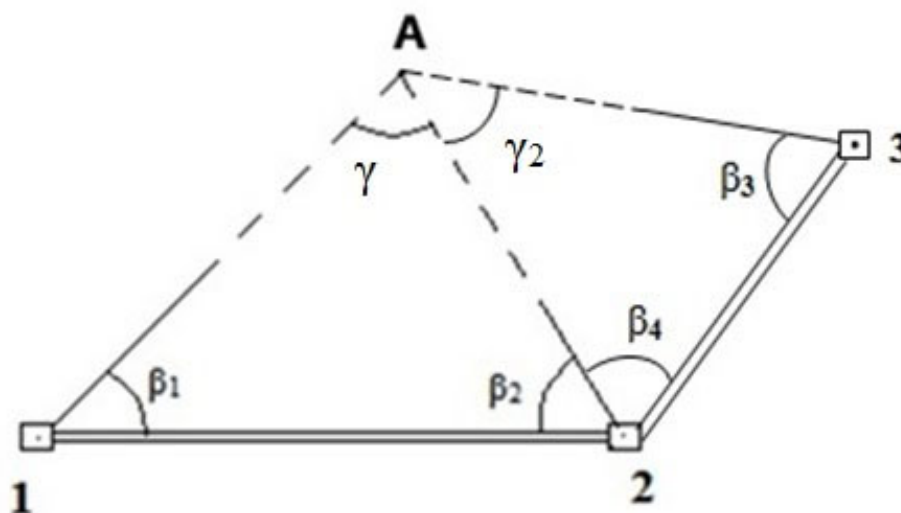


Рис. 2.6. Схема выноса точки прямой угловой засечкой с двух базисов

По схеме с тремя пунктами ГРО необходимо дважды вынести и закрепить на местности положение пункта А. При допустимом расхождении между ними определяется среднее положение и закрепляется центром долговременной сохранности. После закрепления точки выполняются контрольные измерения.

При недостаточной точности вынесения точки выполняют вычисление элементов редукции (смещения) вынесенной точки, используя разности текущих и проектных координат.

Основным недостатком этого способа является необходимость обеспечения нужной геометрии засечки. При малых (менее 30°) и больших (более 150°) значениях разбивочных углов точность вынесения точек значительно уменьшается. Способ прямой угловой засечки применяется при отсутствии приборов для точного измерения расстояний или необходимых условий для измерения расстояний.

Средняя квадратическая погрешность в положении точки, построенной способом прямой угловой засечки за счет погрешности построения проектных углов (m_β), выражается формулой

$$m_A = \frac{m_\beta}{\rho''} b \sqrt{\frac{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}{\sin^4 \gamma}}, \quad (2.10)$$

где b – базис засечки;

γ – угол засечки, который можно определить с графической точностью или вычислить как разность $180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$;

$\rho = 206\,265''$.

Способ прямоугольных координат

Способ прямоугольных координат целесообразно применять тогда, когда на объекте строительства создано ГРО в виде строительной сетки. Для выноса точки А (рис. 2.7) вычисляют приращения координат от ближайших пунктов строительной сетки Δx и Δy . Для повышения точности ориентирования на местности откладывается рулеткой большее приращение по соответствующей стороне сетки (Δy) до точки О. После закрепления точки временным знаком на ней устанавливается теодолит. Теодолит ориентируется на пункт 5 (рис. 2.7) и откладывается прямой угол. По полученному направлению откладывается рулеткой второе приращение (Δx) и закрепляют точку А.

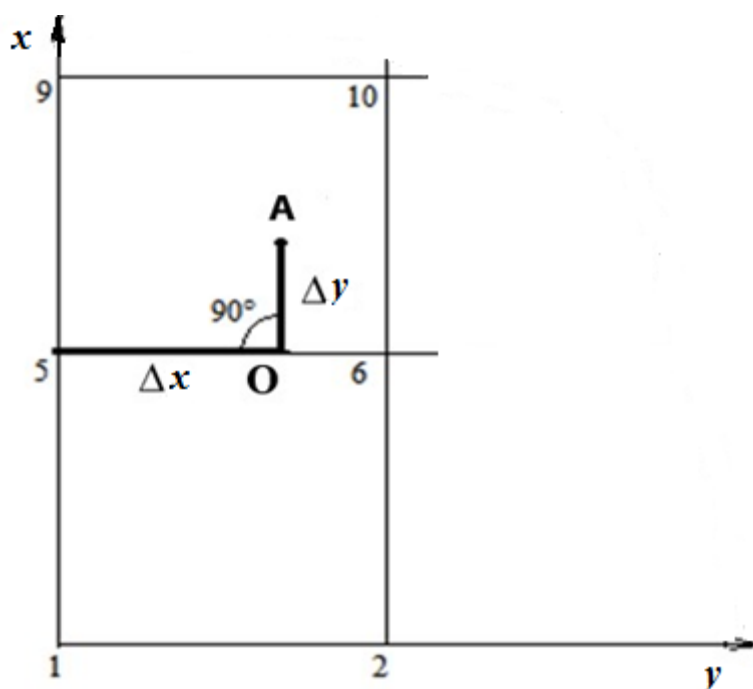


Рис. 2.7. Схема выноса точки А способом прямоугольных координат

При отложении расстояний компарированная рулетка должна укладываться горизонтально. При необходимости в отложенное расстояние вводятся: постоянная поправка за компарирование рулетки, поправка за разность температур компарирования и измерения и поправка за наклон местности.

Для контроля вынесения точки А выполняют вынос ее на местность от других сторон прямоугольника, образованного пунктами ГРО № 5, 6, 9, 10. Средняя квадратическая погрешность в положении разбиваемой точки способом прямоугольных координат (СКП способа разбивки) может быть выражена формулой

$$m_A^2 = m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2 + \left(\frac{m_{\beta}''^2}{\rho^2} \right) \Delta x^2, \quad (2.11)$$

где $m_{\Delta x}$ и $m_{\Delta y}$ — ошибки построения линейных величин Δx и Δy ;

m_{β}'' — ошибка построения прямого угла.

Вынос точки с применением ГНСС-приемников

Вынос проектного положения точек на местность с применением ГНСС-приемников может выполняться в режиме измерений RTK. Точность этого режима измерений, указанная в технической документации современных приемников, составляет при расстояниях до 1 км от базовой станции до выносимой точки, при хороших условиях – 8 мм. С учетом этой точности можно проектировать применение ГНСС-приемников при выносе основных осей.

Для повышения точности разбивки точку можно переопределить в режиме «статика», который обеспечивает точность 3–5 мм при аналогичных расстояниях. Схема измерения в режиме RTK приведена на рис. 2.8.

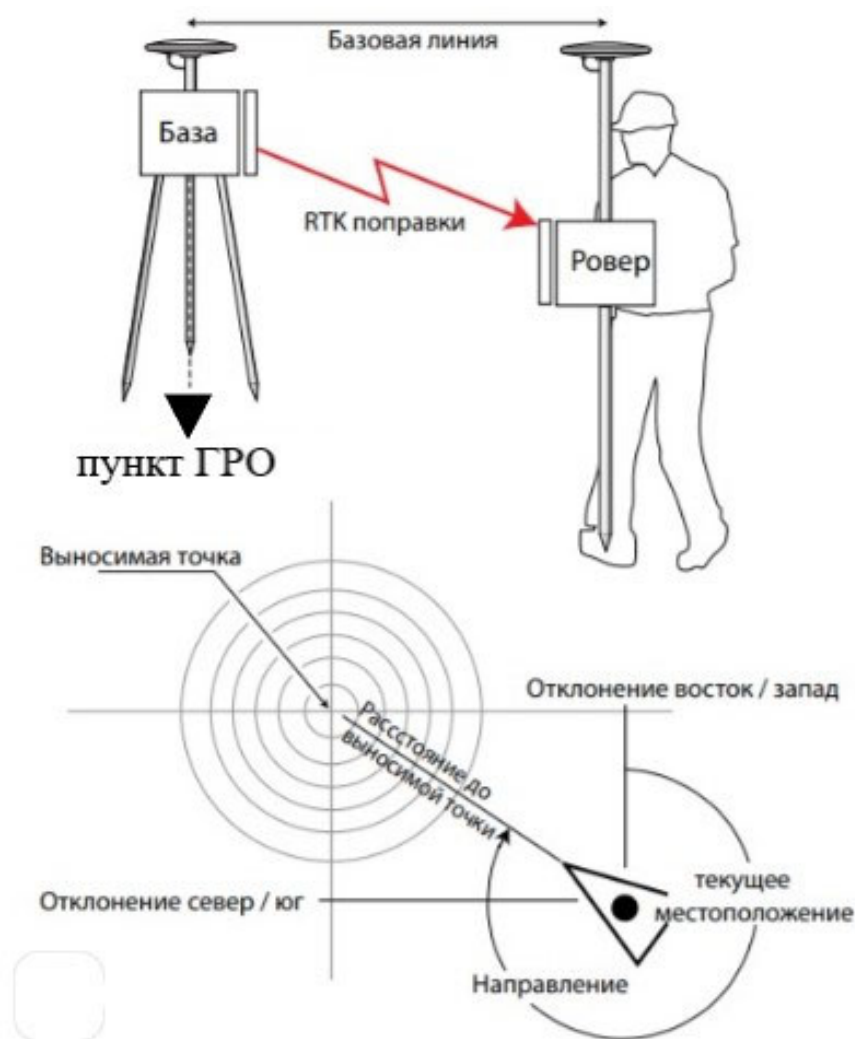


Рис. 2.8. Схема измерения точек в режиме RTK

Точность измерений в режиме RTK может значительно понижаться при наличии высотных препятствий и сильных электромагнитных полей на строительной площадке. Для выполнения измерений необходим комплект из двух высокоточных приемников, поддерживающий режим RTK. Если на строительной площадке есть сотовая связь, то для передачи поправок от базового приемника к роверу (перемещающемуся по точкам) для удобства измерений необходимо приобрести комплект с GSM-модемом.

Базовая станция устанавливается на пункте ГРО. Для пересчета геоцентрических координат базовой станции ровер поочередно устанавливают на четырех пунктах ГРО, на которых выполняют измерения в режиме «статика».

Выполнив камеральную обработку, вычисляют координаты базовой станции в системе координат, принятой для ГРО. Вычисленные координаты базового приемника для контроля сравниваются с координатами этого пункта из каталога координат ГРО.

Для выноса точек в режиме RTK необходима открытая площадка с высотными препятствиями не выше 15° над горизонтом. При присутствии высоких препятствий на площадке необходимо иметь ввиду, что отражение радиосигналов от препятствия может значительно понизить точность ГНСС-измерений. Поэтому препятствие должно находиться на удалении не менее 30 м от ГНСС-приемника.

Для перемещения ровера применяется веха. Для контроля выноса точки необходимо одно дополнительное контрольное определение точки.

Порядок выполнения работы

1. Лабораторная работа по выносу основных осей сооружения выполняется в лаборатории 31 СГУГиТ на макете сооружения.

Оси прямоугольного сооружения запроектированы на металлических площадках, установленных на консолях.

Схема расположения выносимых точек А, Б, С, Д и схема расположения пунктов ГРО приведена на рис. 2.9.

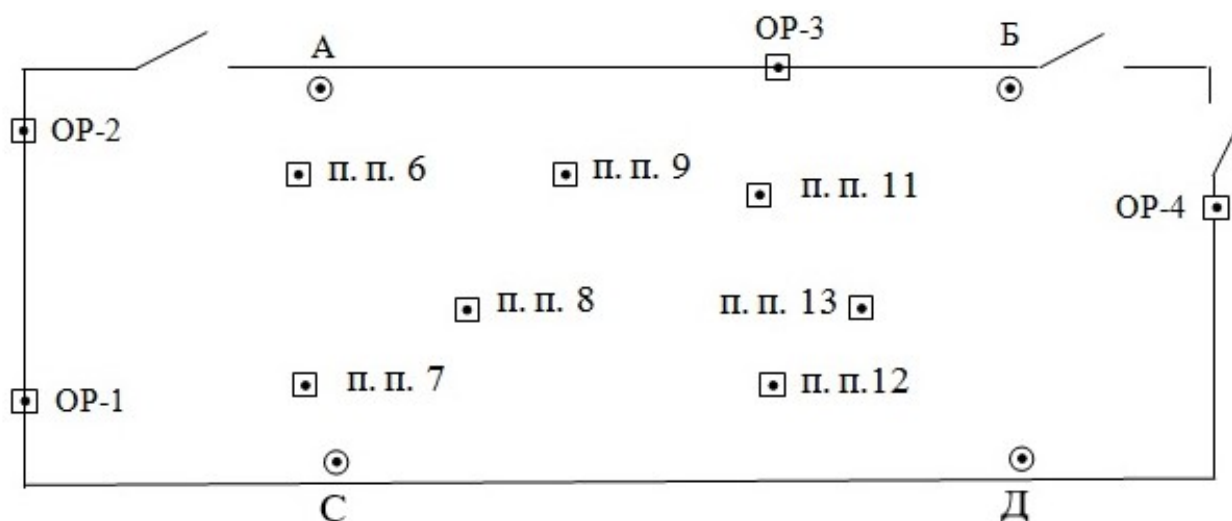


Рис. 2.9. Совмещенная схема расположения выносимых точек А, Б, С, Д и пунктов ГРО

При выполнении разбивочных работ в лаборатории обучающиеся самостоятельно выбирают необходимые пункты ГРО. Выбор пунктов должен обеспечивать максимальную точность определения местоположения выносимой точки для выбранного способа разбивки.

Координаты пунктов ГРО, созданного в аудитории 31 СГУГиТ, приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Каталог координат пунктов ГРО

Название пункта ГРО	x , м	y , м	H , м
ОР-1	98,365	179,108	112,788
ОР-2	102,320	179,156	112,762
ОР-3	102,995	198,331	112,563
ОР-4	101,891	208,894	112,276
п.п. 6	101,603	187,190	109,936
п.п. 7	98,725	187,071	109,948
п.п. 8	100,087	193,253	110,012
п.п. 9	101,576	194,852	109,995
п.п. 10	98,628	194,709	110,004
п.п. 11	101,500	198,038	109,999

Обучающимся выдаются исходные данные для варианта задания, которые включают координаты точек С, Д и проектные расстояния S_{CD} и S_{CA} (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Исходные данные

Координаты	x_C	98,013 м
	y_C	187,210 м
	x_D	97,835 м
	y_D	204,934 м
Расстояния	S_{CD}	17,725 м
	S_{CA}	4,600 м

2. По проектным координатам точек С и Д необходимо вычислить дирекционный угол стороны СД. Пример вычисления дирекционного угла α_{C-D} приведен в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Вычисление дирекционного угла направления оси сооружения

Параметр	Значение
x_C	98,013
x_D	97,835
$\Delta x_{C-D} = x_D - x_C$	-0,178
y_C	187,210
y_D	204,934
$\Delta y_{C-D} = y_D - y_C$	+17,724
$\cos r$	-0,010 042 373 3
$\sin r$	0,999 949 557 41
α_{C-D}	90° 34' 31,42"

Для контроля вычисления дирекционного угла стороны СД необходимо вычислить координаты точки Д и сравнить с исходными.

Зная координаты точки С (см. табл. 2.3) и дирекционный угол $\alpha_{C-D} = \alpha_{A-B} = 90^\circ 34' 31,42''$, вычисляют координаты точки Д

$$x_D = x_C + S_{CD} \cdot \cos \alpha_{C-D} = 98,013 + 17,725 \cdot (-0,010\,042\,373\,3) = 97,835 \text{ м};$$

$$y_D = y_C + S_{CD} \cdot \sin \alpha_{C-D} = 187,210 + 17,725 \cdot 0,999\,949\,574\,1 = 204,934 \text{ м}.$$

По проектным углам в точках пересечения осей и дирекционному углу стороны СД вычислить дирекционные углы сторон сооружения СА и АБ. По проектным расстояниям и дирекционным углам сторон сооружения СА и АБ вычислить координаты точек А и Б. Принимая во внимание, что проектные размеры взаимно перпендикулярных осевых линий $S_{AB} = 17,725$ м, $S_{AC} = 4,600$ м, а $S_{CD} = 17,725$ м и $S_{DB} = 4,600$ м, вычислить координаты точек В, С и, для контроля вычислений, точки Д.

Так как $\alpha_{C-A} = \alpha_{C-D} - 90^\circ = 0^\circ 34' 31,42''$ и $S_{CA} = S_{DB} = 4,600$ м, то

$$x_A = x_C + S_{CA} \cdot \cos \alpha_{C-A} = 98,013 - 4,600 \cdot 0,999\,949\,630\,9 = 102,613 \text{ м};$$

$$y_A = y_C + S_{CA} \cdot \sin \alpha_{C-A} = 187,210 + 4,600 \cdot 0,010\,036\,711\,143 = 187,256 \text{ м}.$$

Принимая во внимание, что дирекционный угол $\alpha_{C-D} = \alpha_{A-B} = 90^\circ 34' 31,42''$ и $S_{AB} = 17,725$ м, вычисляют координаты точки Б

$$x_B = x_A + S_{AB} \cdot \cos \alpha_{A-B} = 102,613 + 17,725 \cdot (-0,010\,042\,373\,3) = 102,435 \text{ м};$$

$$y_B = y_A + S_{AB} \cdot \sin \alpha_{A-B} = 187,256 + 17,725 \cdot 0,999\,949\,557\,41 = 204,980 \text{ м}.$$

Для контроля вычислить координаты точки Б. Координаты точек А, Б, С, Д занести в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Координаты точек закрепления основных осей

Наименование точки	Координаты точек закрепления основных осей	
	х, м	у, м
С	98,013	187,210
Д	97,835	204,934
А	102,613	187,256
Б	102,435	204,980

3. Составить разбивочный чертеж для выноса на местность основных осей сооружения.

В зависимости от сложности объекта разбивочный чертеж составляют в масштабах 1 : 500 – 1 : 2 000.

На разбивочном чертеже показывают:

- контуры существующих зданий и сооружений;
- контуры выносимых зданий и сооружений;
- расположение осей сооружений;
- пункты ГРО, от которых выполняется вынос зданий и сооружений.

Разбивочный чертеж для вноса точек пересечения основных осей сооружения приведен на рис. 2.10.

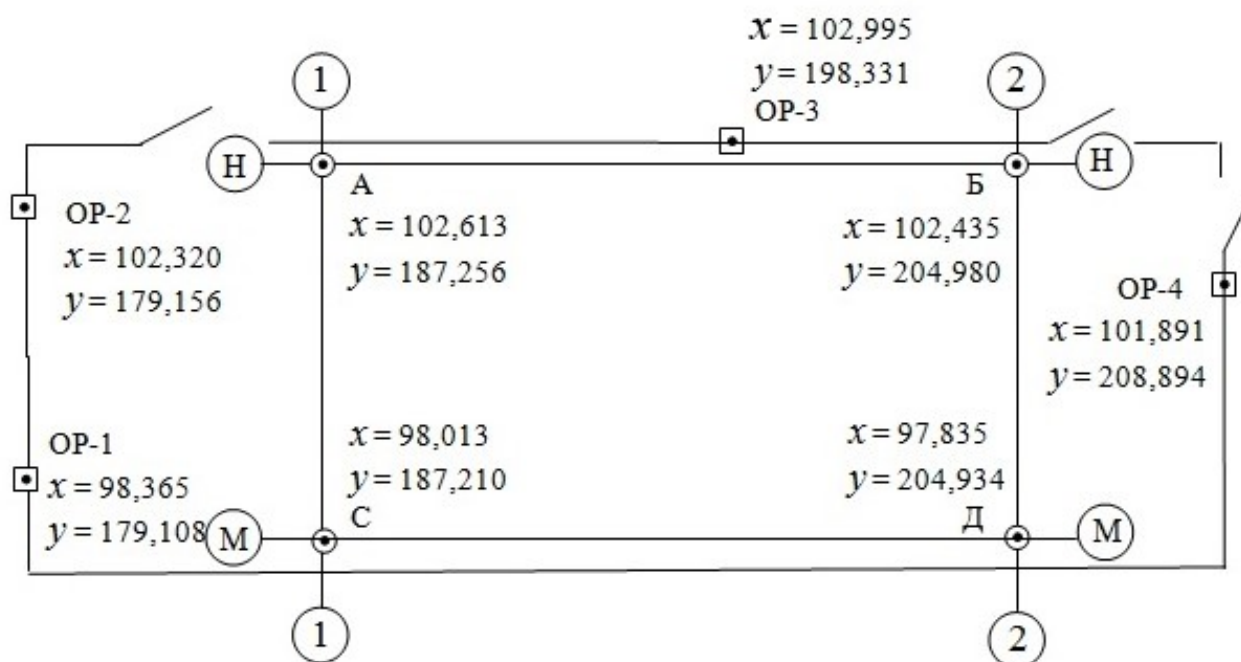


Рис. 2.10. Разбивочный чертеж

На разбивочном чертеже приведены:

- оси сооружения;
- проектные координаты точек пересечения основных осей;
- положение пунктов ГРО и их координаты.

4. Выполнить вынос основных осей сооружения с применением тахеометра.

Схема выноса точки способом полярных координат приведена на рис. 2.11. Обучающийся должен вычислить ожидаемую точность определения всех выносимых точек по формуле (2.6).

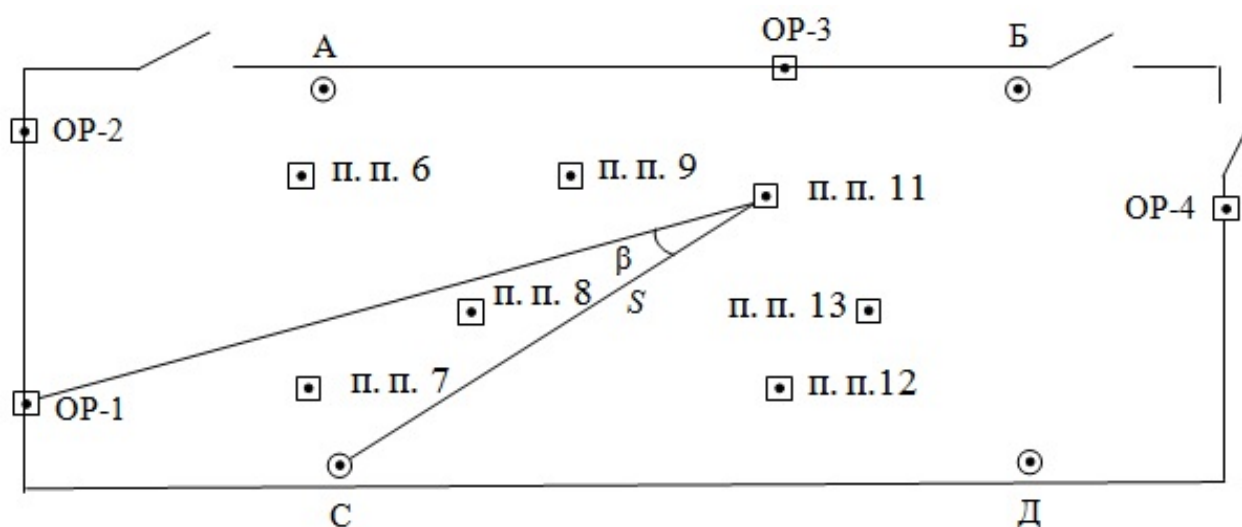


Рис. 2.11. Схема выноса точки способом полярных координат

Предельная погрешность взаимного положения габаритных осей (Δ) при выносе указана в табл. 2.1.

С учетом небольшого размера сооружения, точность выноса осей при выполнении работ будет различаться незначительно, поэтому допустимая погрешность выноса одной оси будет в $\sqrt{2}$ меньше.

Для выполнения разбивочных работ применяются тахеометры GeoMax Zoom 50 [10]. После приведения прибора в рабочее положение на пункте ГРО и установки необходимых параметров программного обеспечения необходимо в пиктограмме «Прогр.» открыть пиктограмму «Вынос». После открытия окна выбирается проект и станция наблюдения. После активации команды «Станция наблюдений» необходимо ввести номер станции, ее координаты и отметку.

При занесении номера станции в список исходных точек данные по станции выбираются из списка «Исходных точек». Далее вводится высота прибора на станции. Следующей командой, которую необходимо выполнить, является команда «Установка станции».

В этой команде выполняется ориентирование прибора одним из двух способов. Первый способ основан на введении известных ориентирных углов. Второй способ реализован на алгоритме решения обратной геодезической задачи по координатам точки стояния прибора и координатам точки ориентирования. При выполнении работы реализуется второй метод. Координаты пунктов ГРО и точек пересечения осей приведены в табл. 2.2 и 2.3.

После ориентирования станции запускается программа «Вынос». В окне программы на дисплее необходимо выбрать наименование выносимой точки (должна быть предварительно записана в файл «Исходные точки») и ввести в программу высоту отражателя на вехе, которая используется для выноса точки. Поворачивая зрительную трубу тахеометра, устанавливаем в окне программы показания горизонтального угла – $0^{\circ} 00' 00''$.

По этому направлению в створе устанавливаем отражатель и, измеряя расстояние, определяем текущие (примерные) координаты выносимой точки. В окне программы стрелками указываются значения смещений выносимой точки в продольном и поперечном направлении. В окне также указывается смещение по высоте относительно проектного положения. Методом последовательных приближений, перемещая веху, добиваемся минимальной разности текущих и проектных координат выносимой точки (рис. 2.12).

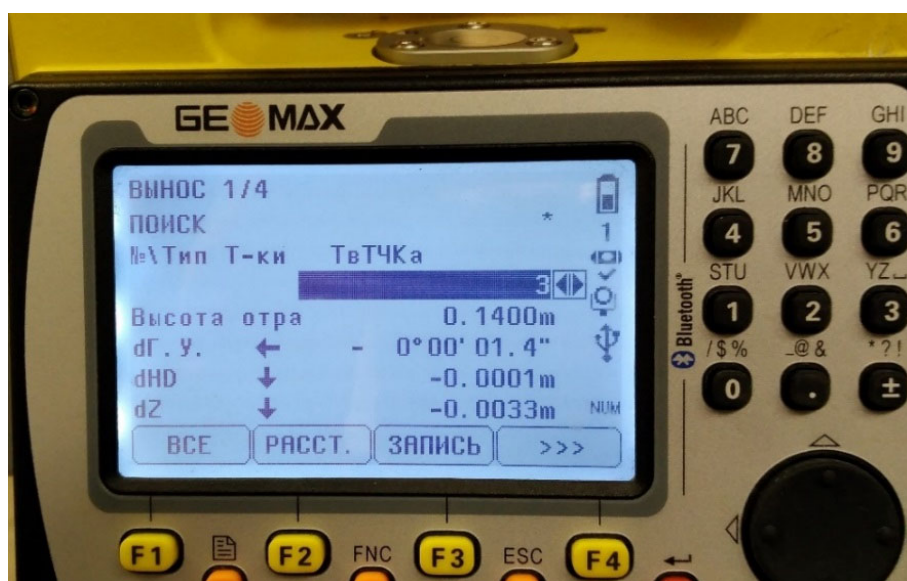


Рис. 2.12. Окно программы «ВЫНОС»
при выносе точки пересечения осей

Когда тахеометр устанавливается на точке с неизвестными координатами, то необходимо перед выносом точки определить координаты точки стояния способом обратной линейно-угловой засечки. В окне «Прогр.» открывается пиктограмма «ОбрЗСЧК».

Открыв пиктограмму «ОбрЗСЧК», устанавливаем в окне имя рабочего проекта и задаем точность определения координат, отметок, ориентирования и коллимации.

Запускаем программу, нажав клавишу (F4), и устанавливаем название точки стояния (станции) и высоту тахеометра. После этого необходимо, нажав клавишу «ОК», ввести наименование пункта ГРО, на который выполняется наведение, и высоту отражателя, установленного на пункте.

Далее, нажав на команду «ВСЕ», выполняются измерения на пункт. После измерения первого пункта необходимо продолжить измерения, нажав в окне программы команду «F1» (измерить больше точек).

Далее выполняем аналогично измерения не менее, чем на два пункта. После измерения третьего пункта необходимо закончить измерения, нажав команду «F4» (вычислить координаты и отметку).

На экране дисплея будут выведены координаты данной станции и отметка, а также точность их определения. При допустимых СКП определения положения станции данные записываются в память прибора. После записи данных автоматически выполняется ориентирование прибора. При необходимости выполняются контрольные измерения на пункт ГРО. После выполнения ориентирования приступают к выносу точек по программе «Вынос».

5. Выполнить исполнительную съемку выноса точек основных осей сооружения и составить схему по результатам исполнительной съемки.

Исполнительная геодезическая схема составляется на основании требований, приведенных в [1]. Выполнив измерения расстояний между осями, на схему наносят подписи, вверху которых приводится проектный размер, снизу подписывают измеренное расстояние. В соответствии с требованиями [6] допуск на отклонение межосевого расстояния от проекта не должен превышать 5 мм. При превышении допуска обучающиеся должны выполнить повторный вынос контролируемых осей сооружения.

Пример исполнительной схемы приведен на рис. 2.13.

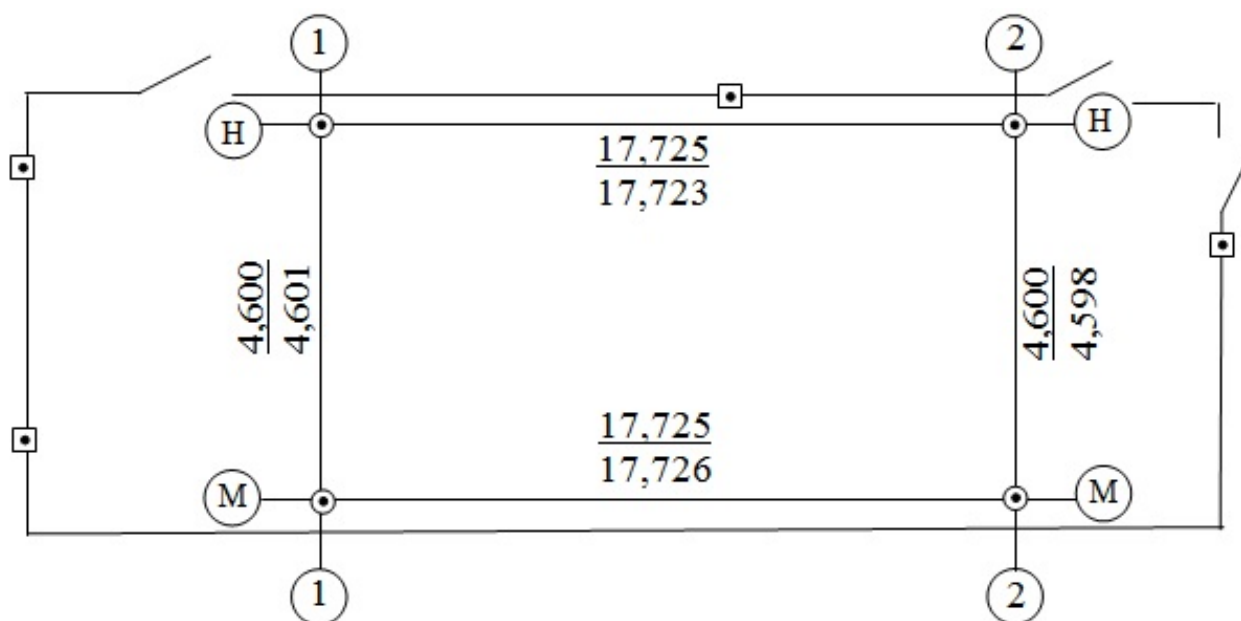


Рис. 2.13. Исполнительная геодезическая схема.
Основные оси сооружения

К зачету по лабораторной работе необходимо представить:

- разбивочный чертеж;
- схему разбивки;
- исполнительную геодезическую схему выноса основных осей;
- пояснительную записку с описанием порядка выполнения работы и всеми необходимыми вычислениями.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается суть графоаналитического способа подготовки данных для проектирования?
2. Дайте определение понятия графического способа подготовки данных для проектирования.
3. Каковы особенности аналитического способа подготовки данных для проектирования?
4. Приведите схему, количество измеренных величин, количество исходных пунктов однократной и многократной прямой угловой засечки.

5. Приведите схему, количество измеренных величин, количество исходных пунктов однократной и многократной линейной засечки.

6. Приведите схему, количество измеренных величин, количество исходных пунктов при способе полярных координат.

7. От чего зависит применение тех или иных способов разбивки сооружений?

8. Какие поправки вводятся при отложении расстояний мерной лентой или рулеткой?

Лабораторная работа № 3

ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРАССОИСКАТЕЛЕЙ

Цель работы: изучить технологию поиска подземных коммуникаций на местности с применением трассоискателей.

Задачи работы:

- 1) изучить устройство трассоискателя RD8000;
- 2) выполнить поверку RD8000;
- 3) выполнить поиск коммуникаций на местности.

Перечень обеспечивающих средств:

- 1) комплект трассоискателя RD8000;
- 2) руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию RD8000.

Задание

1. В учебной аудитории изучить устройство и программное обеспечение приемника и генератора RD8000.
2. Выполнить поверку точности определения глубины залегания коммуникации на двух частотах.
3. Выполнить поиск коммуникаций на местности и составить исполнительную геодезическую схему найденных коммуникаций.

Общие теоретические сведения

Поиск подземных коммуникаций различного вида является обязательной частью технологий выполнения топографических, инженерно-топографических и исполнительных съемок на строительной площадке [7, 8]. Методика поиска зависит от вида коммуникации, глубины залегания и особенностей топографии и геологии участка съемки. Исполнительные съемки строящихся коммуникаций должны выполняться в открытых траншеях.

Основные технические параметры по методике выполнения съемки подземных коммуникаций приведены в [6, 9]. При съемке коммуникаций, в отличие от съемки ситуации и рельефа, отображают на плане большее число технических характеристик. Например, на водоводе, водопроводе, газопроводе и других напорных трубопроводах координируют колодцы, коверы, контрольные трубки, регуляторы давления, гидравлические затворы, аварийные выпуски, водоразборные колонки, гидранты, определяют отметки верха труб, обечаек колодцев (если установлены), дна колодца, верха и низа камеры, а также диаметры труб и их назначение.

Работы по съемке и обследованию существующих на строительной площадке скрытых подземных инженерных коммуникаций включают:

- сбор и анализ материалов о подземных коммуникациях;
- рекогносцировочное обследование участка работ;
- обследование подземных коммуникаций в колодцах (шурфах);
- поиск и съемку подземных коммуникаций, не имеющих выходов на поверхность земли;
- планово-высотную привязку выходов подземных инженерных коммуникаций на поверхность земли;
- нанесение подземных коммуникаций с их техническими характеристиками на инженерно-топографический план, составление (если это требуется заданием или программой) плана и схемы сетей подземных сооружений;
- согласование полноты и правильности нанесения на инженерно-топографический план подземных коммуникаций и их технических характеристик с собственниками (эксплуатирующими организациями).

Фрагмент исполнительной схемы подземных коммуникаций приведен на рис. 3.1.

Оформление исполнительной геодезической схемы выполняется в соответствии с требованиями [1].

Средние погрешности в плановом положении скрытых точек подземных сооружений относительно ближайших капитальных зданий (сооружений) и пунктов геодезического съемочного обоснования не должны превышать 0,7 мм в масштабе плана.



Рис. 3.1. Фрагмент исполнительной схемы подземных коммуникаций

Средние расхождения в плановом положении скрытых точек подземных сооружений на исполнительных схемах (планах) с данными контрольных полевых определений относительно ближайших капитальных зданий (сооружений) и пунктов геодезического съемочного обоснования не должны превышать: 0,3 м – в масштабе 1 : 200; 0,5 м – в масштабе 1 : 500; 0,8 м – в масштабе 1 : 1 000; 1,2 м – в масштабе 1 : 2 000.

Предельные расхождения между значениями глубины заложения подземных сооружений, полученными с помощью трубокабелеискателей во время съемки и по данным контрольных полевых измерений, не должны превышать 15 % глубины заложения.

Рекомендуемые технические характеристики трассоискателей приведены в табл. 3.1 [6].

Технические характеристики трассоискателей

Параметры	Характеристики, (не менее)
Технические	Рабочая глубина от 0,5 до 30–40 м; диапазон рабочих частот от 0,5 до 10 кГц; приборы одночастотные / многочастотные; возможность поиска разрывов и повреждений коммуникаций; точность определения глубины $\pm 3\%$ при глубине заложения до 3 м, $\pm 10\%$ – до 10 м, при глубине свыше 10 м точность определяется в соответствии с данными технических характеристик в инструкции к оборудованию
Эксплуатационные	Вес от 1 до 14 кг; рабочие условия эксплуатации – от -30 до $+50$ °С; время работы с аккумулятором / батареями; простота использования; надежность
Комплектность и дополнительное оборудование	Генератор; портативный компьютер для регистрации данных (с аккумулятором, в качестве источника питания); электронный блок; антенный модуль, закрепляемый на штанге; набор штанг

На исполнительной схеме необходимо отображать отклонение всех контролируемых параметров геометрии коммуникации в целом (длина, уклон, значения углов поворота) и отдельных ее узлов в плане и по высоте от проектных значений.

В основе метода поиска трассоискателями лежит принцип электромагнитной индукции. При помощи задающего генератора, подключенного к отыскиваемой токопроводящей коммуникации, вокруг коммуникации создается переменное электромагнитное поле звуковой частоты. Перемещая в этой плоскости приемник, исполнитель по изменению индукционного тока (уровня звукового сигнала или визуально по индикатору) может определить местоположение коммуникации.

При поиске коммуникаций на промышленных площадках с большим количеством подземных и наземных коммуникаций применение трассоискателей может не обеспечивать необходимую точность определения глубины и местоположения коммуникации, поэтому в этих случаях может применяться дополнительно метод шурфования, при котором роют перпендикулярно направлению коммуникации, на глубину залегания, траншею.

Определение положения подземных коммуникаций при помощи индуктивных приборов может быть выполнено контактными и бесконтактными способами.

Контактный способ является более точным. В этом способе генератор подключается непосредственно к искомой коммуникации и создает вокруг нее электромагнитное поле. Исходным местом для подключения выбирают колодец, вводы сетей в здание. Установив вблизи генератор, его заземляют на расстоянии не менее 10 м по направлению, перпендикулярному к предполагаемому направлению коммуникации. При этом следят, чтобы заземлитель не имел непосредственного контакта с искомой коммуникацией. Следует учитывать, что генератор должен находиться примерно в 20–30 м, в зависимости от мощности генератора, от места поиска коммуникации.

Присоединение генератора к трубопроводу или к экранирующей оболочке обесточенного кабеля производится при помощи провода с магнитным контактом или специального зажима. Подключив генератор к источнику питания и выбрав оптимальное выходное напряжение, при помощи приемника начинают последовательный поиск оси подземной коммуникации в режиме «максимума», а затем для уточнения ее положения в режиме «минимума» принимаемого сигнала.

В режиме «максимум» ось антенны приемника располагают перпендикулярно к предполагаемой оси коммуникации и плавно перемещают ее в поперечном к трассе направлении до наибольшего уровня принимаемого сигнала. В этом положении закрепляют на местности точку оси коммуникации. Повторив операцию при движении антенны в противоположной части поперечника, получают на местности вторую точку. Расстояние между закрепленными точками не должно превышать инструментальную точность определения положения коммуникации в плане и по высоте. Окончательное (среднее) положение по оси коммуникации координируется с применением тахеометра или ГНСС-приемника.

При бесконтактном способе генератор устанавливается примерно над коммуникацией и обязательно заземляется. Для создания более сильного электромагнитного поля можно использовать второй генератор, установленный на удалении от первого по направлению коммуникации. Дальность поиска коммуникаций при бесконтактном способе значительно меньше,

чем при контактном способе. Этот способ менее точен и применяется для определения приближенного положения коммуникаций, с последующим их уточнением при применении контактного способа.

Современные трассоискатели имеют многочастотные генераторы с возможностью изменения мощности электромагнитного поля. При поиске немагнитных труб и труб глубокого залегания применяются зонды, которые представляют собой микрогенераторы. Зонды имеют согласованные с генераторами частоты излучения. Зонды прикреплены к кабелю и перемещаются вместе с жидкостью по трубе на расстояние, ограниченное длиной кабеля. При поиске коммуникации исполнитель постоянно идет над зондом и периодически определяет местоположение коммуникации. Для определения коммуникации под водой в комплекте прибора применяют специальные приемники.

Возможности современного программного обеспечения трассоискателей позволяют дистанционно управлять работой генератора. Трассоискатели могут комплектоваться встроенным в приемник ГНСС-модулем, что позволяет с навигационной точностью координировать точки по оси коммуникации.

Порядок выполнения работы

При изучении комплекта трассоискатель RD8000 на начальном этапе необходимо внимательно изучить руководство по эксплуатации.

Общий вид составляющих комплекта RD8000, показанных на рис 3.2, следующий [5]:

- приемник сигналов с антенной;
- генератор сигналов;
- аккумуляторы или батареи питания;
- принадлежности (штырь заземления, катушка с проводом для заземления, магнит для подключения генератора к трубам, провода).

Одним из преимуществ RD8000 является возможность использовать прибор на участках с наличием электрических сигналов очень большой амплитуды. В процессе съемки RD8000 позволяет сохранять и просматривать до 1 000 записей результатов локации.



Рис. 3.2. Общий вид комплекта RD8000

Загрузив эту информацию в полевой ноутбук или в компьютер при использовании связи Bluetooth локатора RD8000, можно очень быстро просмотреть данные с помощью программы графического воспроизведения SurveyCERT (совместима с Excel).

Если приемник трассоискателя имеет встроенный модуль ГНСС, то программа SurveyCERT будет автоматически добавлять к записи отметку времени и координаты положения.

Прибор позволяет выполнять локализацию дефектов с помощью А-рамки, присоединенной к приемнику трассоискателя. Стрелки на экране локатора показывают направление положения дефекта и помогают оператору локализовать его с точностью ± 1 м. С помощью А-рамки может выполняться диагностика дефектов оболочки кабелей и труб – от короткого замыкания до сопротивления 2 Ом. RD8000 позволяет определить направления тока. Это способ выделения искомого кабеля из нескольких параллельно проложенных кабелей.

На рис. 3.3 показан общий вид генератора, изображения клавиатуры и индикации показаний на жидкокристаллическом дисплее генератора.

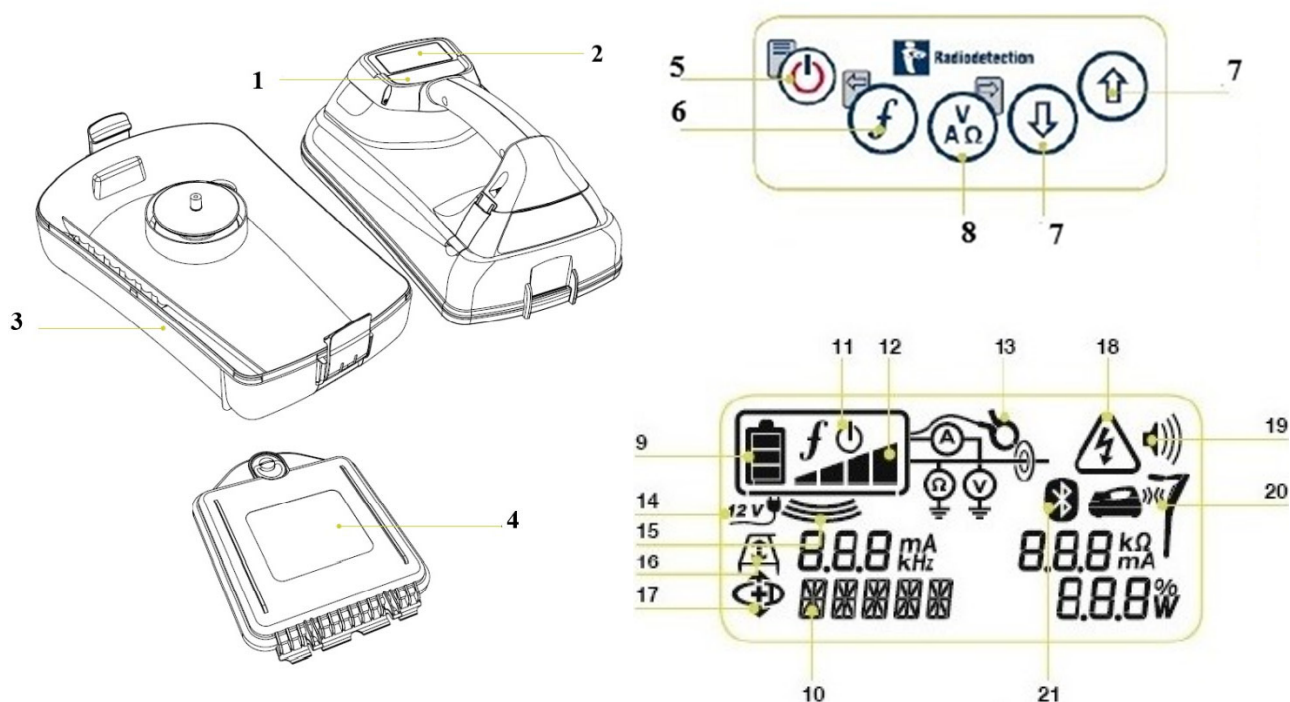


Рис. 3.3. Общий вид генератора, изображения клавиатуры и индикации показаний на жидкокристаллическом экране

На рис. 3.3 обозначены: 1 – клавиатура; 2 – жидкокристаллический дисплей (ЖКД); 3 – съемный лоток для аксессуаров; 4 – аккумуляторный блок питания; 5 – кнопка включения питания (включает и выключает прибор, открывает меню генератора); 6 – клавиша частоты (служит для выбора частоты), клавиша навигации по меню; 7 – клавиши со стрелками вверх и вниз: регулировка уровня выходного сигнала, просмотр пунктов меню; 8 – клавиша измерений: переключает воспроизведение измерений между напряжением, силой тока и сопротивлением (импедансом); 9 – пиктограмма батареи питания: указывает на степень разрядки; 10 – буквенно-цифровое описание выбранного рабочего режима; 11 – пиктограмма ждущего режима: появляется, когда генератор находится в ждущем режиме; 12 – уровень выходного сигнала: отображает выходную мощность генератора; 13 – пиктограмма клещей: указывает на подсоединение индукционных клещей; 14 – пиктограмма DC: появляется, когда питание генератора производится от источника постоянного тока; 15 – индикатор индукции: появляется, когда генератор находится в режиме индукции; 16 – индикатор

А-рамки: указывает на то, что генератор находится в режиме обнаружения повреждения изоляции; 17 – индикатор режима CD: индуцирует, что генератор находится в режиме определения направления тока; 18 – индикатор предупреждения о высоком напряжении: указывает на то, на выходе генератора потенциально-опасные уровни напряжения; 19 – пиктограмма уровня громкости: воспроизводит уровень громкости звукового сигнала; 20 – пиктограмма связи: появляется, когда между генератором и приемником установлена связь с помощью iLOC TM; 21 – пиктограмма Bluetooth.

На рис. 3.4 показан общий вид приемника, изображения клавиатуры и индикации показаний на жидкокристаллическом дисплее генератора.

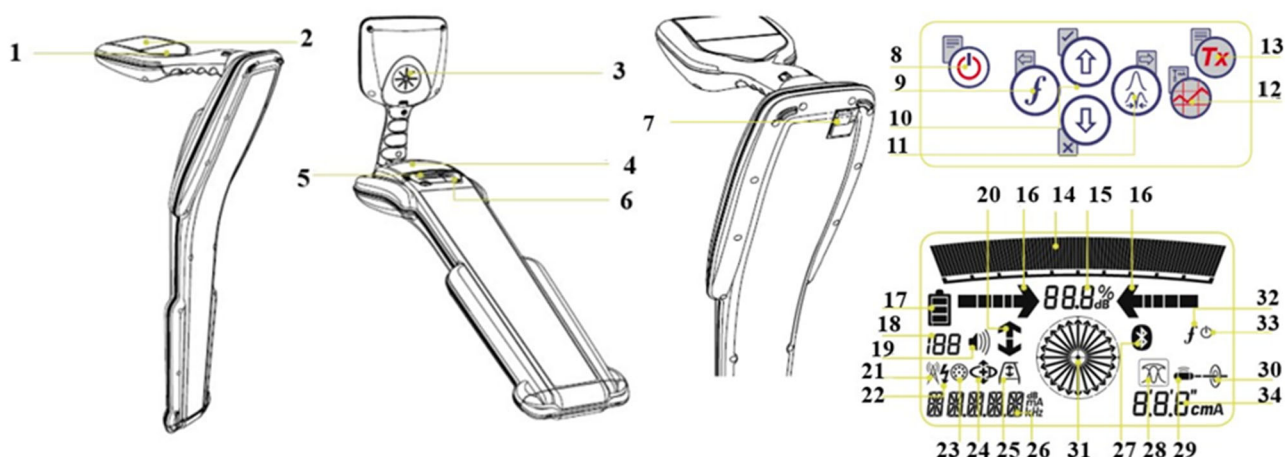


Рис. 3.4. Общий вид приемника, изображения клавиатуры и индикации показаний на жидкокристаллическом экране

На рис. 3.4 обозначены: 1 – клавиатура; 2 – жидкокристаллический дисплей (ЖКД) с автоматической задней подсветкой; 3 – динамик; 4 – отсек батарей питания; 5 – отсек для подключения принадлежностей; 6 – гнездо для подключения наушников; 7 – антенна модуля Bluetooth; 8 – кнопка включения питания: включает и выключает прибор, открывает меню приемника; 9 – кнопка частоты: выбирает частоту, закрывает вложенное меню; 10 – кнопки со стрелками вверх и вниз: регулировка уровня мощности сигнала, пролистывание пунктов меню; 11 – кнопка антенны: переключение режимов работы по максимуму / минимуму уровня сигнала, с одной антен-

ной или комбинированного режима, открывает вложенное меню, продолжительное нажатие этой кнопки служит для переключения вывода на ЖКД глубины или силы тока; 12 – кнопка графики: сохраняет результаты измерений с использованием программы SurveyCERT™; 13 – кнопка передачи команд: обеспечивает передачу команд с приемников с активированным iLOC™ на генераторы с активированной программой iLOC™; 14 – пиктограмма указывает уровень сигнала и обозначение максимума уровня сигнала; 15 – уровень сигнала: численная индикация уровня сигнала (показывает численное значение уровня сигнала); 16 – стрелки в направлении максимума: указывают местоположение коммуникации относительно приемника; 17 – пиктограмма батареи питания: указывает на уровень заряда батарей; 18 – чувствительность и номер регистрации: кратковременное воспроизведение номера регистрации после того, как измеренные значения сохраняются в памяти приемника; 19 – пиктограмма уровня громкости: воспроизводит уровень громкости звукового сигнала; 20 – стрелки направления тока; 21 – режим Radio: индуцирует, когда активируется режим Radio; 22 – режим Power: индуцирует, когда активируется режим Power; 23 – индикатор принадлежностей: указывает на подключение какой-либо принадлежности; 24 – пиктограмма режима CD: индуцирует, когда активируется режим определения направления тока; 25 – пиктограмма А-рамки: указывает на присоединение А-рамки; 26 – индикатор рабочего режима; 27 – пиктограмма Bluetooth: указывает на активацию Bluetooth, мигающая пиктограмма означает, что осуществляется процесс установлении связи, отображение программы без мигания на то, что связь установлена; 28 – пиктограмма режима антенны: указывает на выбранный антенный режим Null (минимум) / Peak (максимум) и в комбинированном режиме Peak / Null; 29 – пиктограмма зонда: индуцирует, что источником сигнала является зонд; 30 – пиктограмма коммуникации: указывает на то, что источником сигнала является подземная коммуникация; 31 – компас: показывает направление подземной коммуникации относительно приемника; 32 – состояние генератора: воспроизводит состояние подсоединения генератора; 33 – ждущий режим генератора: указывает на то, что генератор находится в ждущем режиме; 34 – индикатор значения силы тока / глубины залегания коммуникации.

В RD8000 следует отметить функцию «Компас» приемника, которая обеспечивает визуальную индикацию направления к кабелю или трубопроводу. С помощью этой функции оператор может легко следовать к заданной линии. Канал связи iLOC позволяет оператору дистанционно (до 800 м) управлять работой генератора (выбор частоты, мощности, включение-выключение). Дальность действия зависит от наличия прямой видимости между приемником и генератором. В настоящее время выпускаются улучшенные по техническим характеристикам версии трассоискателя RD8000 (приведены в табл. 3.2).

Таблица 3.2

Основные технические характеристики

Трассоискатель RD8000	
Точность определения глубины	от 0,1 до 3 м (кабели и трубы: $\pm 2,5\%$); от 0,1 до 7 м (с помощью зонда: $\pm 2,5\%$)
Максимальная глубина	кабели и трубы: 6 м; с помощью зонда: 18 м
Чувствительность	6Е-15 Т (тесла), 5 мкА на расстоянии 1 м (33 Гц)
Точность локализации	$\pm 2,5\%$
Диапазон рабочих температур	от -20 до $+50$ °С
Дисплей	жидкокристаллический с подсветкой
Продолжительность работы	до 30 ч (непрерывно)
Масса	1,78 кг (вместе с элементами питания)
Генератор Тх-10	
Выходная мощность	10 Вт
Время работы генератора	15 ч (непрерывно)
Питание	8 батареек типа D (LR20)
Масса	2,8 кг (вместе с элементами питания)

Приемник RD8000 может работать в одном из четырех антенных режимов, выбор которого зависит от типа коммуникации, геологического строения грунта, наличия электрических полей и других условий:

- поиск коммуникации по максимуму сигнала (Peak);

- простой антенный режим, без использования сигнала генератора;
- поиск коммуникации по минимуму сигнала (Null);
- совмещенный режим максимум / минимум (Peak / Null).

Поиск коммуникации по максимуму сигнала является наиболее точным режимом для поиска и измерения глубины, он обеспечивает максимальную чувствительность для приемника. При работе с этим режимом используется для обнаружения коммуникации изображение кривой в виде острого пика с малым снижением чувствительности в пределах такого пика.

Режим «максимум» необходимо применять при точных определениях коммуникаций. Для уменьшения влияния посторонних электрических полей необходимо исключать при поиске коммуникаций касание антенны приемника поверхности земли. Также необходимо контролировать положение приемника, оно должно быть вертикальным. Антенна приемника должна располагаться перпендикулярно оси коммуникации.

В этом режиме на экране приемника воспроизводятся следующие величины:

- глубина залегания коммуникации;
- сила тока (при определении электрического кабеля);
- уровень (интенсивность) принимаемого приемником сигнала;
- направление на коммуникацию (компас);

Для выбора режима максимум необходимо выполнить следующие действия:

- включить приемник;
- нажать кнопку 11 на панели приемника, пока не появится изображение режима «максимум» (см. рис 3.3).

В простом антенном режиме приемник RD8000 будет осуществлять обнаружение с более высокой чувствительностью в пределах более широкого участка пеленгационной характеристики, чем в режиме «максимум». Этот режим рекомендуется применять при поиске коммуникаций глубокого заложения. В этом режиме невозможно выделить отдельные, близко расположенные коммуникации. Этот режим является вспомогательным и используется при рекогносцировке направления коммуникации.

В дальнейшем при поиске необходимо использовать режимы «минимум» или «максимум» с целью повышения точности определения глубины и местоположения оси коммуникации.

При достаточно сильных сигналах на экране приемника отображаются при поиске те же параметры, что и в режимах «минимум» или «максимум». При слабом сигнале глубина заложения коммуникации на ЖКД приемника не отображается.

Для выбора для простого антенного режима необходимо выполнить следующие действия:

- включить приемник;
- нажать кнопку 9 на панели приемника для выбора частоты, обеспечивающей максимальный уровень принимаемого сигнала (см. рис. 3.3);
- нажать кнопку 11 на панели приемника, пока не появится изображение пиктограммы для простого антенного режима в виде пологой кривой.

Режим поиска «минимум» используется на участках поиска с незначительным уровнем посторонних электромагнитных полей или при их полном отсутствии.

В этом режиме на ЖКД отображаются следующие индикаторы:

- уровень (интенсивность) принимаемого приемником сигнала.
- стрелки влево и вправо.

Для выбора режима максимум необходимо выполнить следующие действия:

- включить приемник;
- нажать кнопку 11 на панели приемника, пока не появится изображение режима «минимум» на пиктограмме 28 в виде вогнутой кривой.

В режиме «минимум» минимальный уровень сигнала находится непосредственно над подземной коммуникацией. Минимум сигнала проще использовать, чем максимум, однако он не является помехоустойчивым и не пригоден для поиска на участках с близко расположенными линиями электропередач или другими источниками электромагнитных помех. Следует отметить, что на ЖКД приемника не отображается глубина заложения коммуникации и не показывается ее направление.

Совмещенный режим «максимум / минимум» (Peak / Null) позволяет использовать преимущества обоих режимов. Если максимум сигнала находится на пике минимума сигнала, – это означает отсутствие искажающего электромагнитного поля в точке съемки. После определения точки оси в этом режиме необходимо переключиться в режим «максимум» и выполнить точное определение глубины заложения коммуникации.

Индикация параметров на экране приемника одинакова и индикацией в режиме «максимум». Включение режима Peak / Null выполняется аналогично включению в режиме «максимум».

Поверка измерения глубины залегания коммуникации

При выполнении поверки измерения глубины залегания коммуникации необходимо поместить генератор на стол, исключив контакт с металлическими частями стола. Высота генератора над землей должна быть не менее 0,5 м. Затем необходимо включить генератор и приемник.

Для выполнения измерений необходимо установить на приемнике частоту, которая поддерживает режим измерений с применением зонда. С помощью кнопки 11 на панели методом перебора добиваемся изображения зонда на пиктограмме 28 ЖКД приемника (см. рис. 3.4). В приемнике необходимо установить одинаковую с приемником частоту сигнала.

Для определения точности измерения глубины необходимо с помощью рулетки разбить базис длиной 5 м интервалами через 0,5 м.

Перед измерениями необходимо выполнить ориентирование генератора и приемника по направлению базиса. При измерениях на отмеченных точках базиса устанавливается приемник, и в режиме «максимум» определяется глубина заложения. При измерениях приемник должен быть в горизонтальном положении.

Для имеющихся комплектов трассоискателей режим «зонда» имеется только на двух частотах. На занятиях измерения по определению точности глубины выполняются каждым обучающимся на обеих частотах.

Сравнение полученных глубин с измеренными рулеткой расстояниями выполняется в табл. 3.3. Допустимые погрешности измерения глубины вычисляются по табл. 3.2 (2,5 % от фактической глубины).

Таблица 3.3

Результаты сравнения измерений глубин и расстояний

Измеренное рулеткой расстояние, м	Измеренная приемником глубина, м	Разность между расстоянием и глубиной, м	Допустимая разность, м
Измерения глубины на частоте 8 kHz			
1,0	1,08	0,8	0,05
1,5	1,62	0,12	0,06
2,0	1,94	–0,06	0,08
2,5	2,29	–0,21	0,09
3,0	2,60	0,40	0,10
3,5	2,95	0,55	0,11
4,0	3,22	–0,78	0,13
4,5	3,64	0,86	0,14
5,0	4,54	0,46	0,15
Измерения глубины на частоте 33 kHz			
1,0	1,09	0,09	0,05
1,5	1,63	0,13	0,06
2,0	1,95	–0,05	0,08
2,5	2,31	0,26	0,09
3,0	2,60	0,40	0,10
3,5	3,00	–0,50	0,11
4,0	3,58	–0,02	0,13
4,5	4,12	0,38	0,14
5,0	5,67	0,67	0,15

По результатам сравнения полученных разностей и их допустимых значений необходимо сделать вывод о точности измерений глубины на выбранных частотах, например:

«точность измерений глубины соответствует допускам до глубины 2 м».

Выполнение поиска коммуникаций на местности

Выполнение поиска коммуникаций начинается с анализа имеющейся документации по подземным коммуникациям. Если на участок поиска имеются топографические планы масштабов 1 : 2 000 – 1 : 500 и технологические схемы коммуникаций, то их используют для рекогносцировки объекта

съемочных работ и составления проекта работ. Если на участок съемки нет достоверных топографических планов и технической документации по подземным коммуникациям, то поиск выполняется по алгоритму пассивного зондирования или выполняется индуктивный поиск.

Пассивное зондирование выполняется в виде перемещений по параллельным маршрутам по участку съемки. При выполнении зондирования происходит обнаружение любых сигналов Power, Radio, кабельного ТВ (КТВ) и систем катодной защиты, которые могут излучаться от подземных проводников (рис. 3.5).

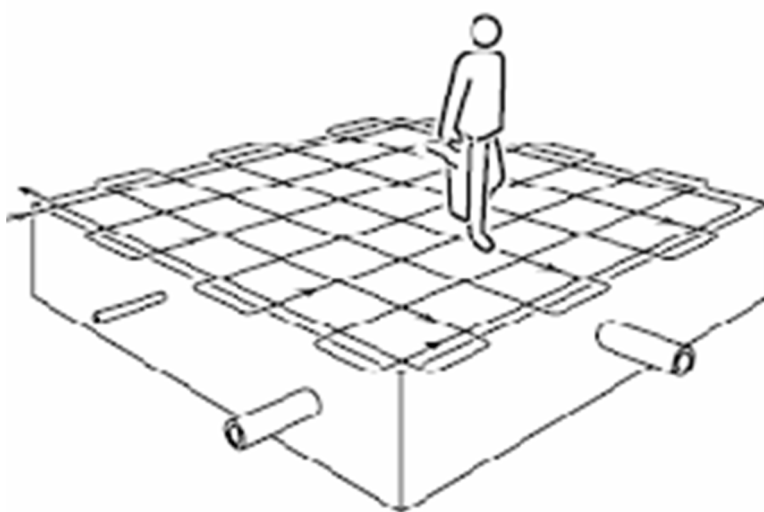


Рис. 3.5. Схема пассивного зондирования

Для выбора режима пассивного зондирования необходимо выполнить следующие действия:

- включить приемник;
- нажать кнопку 9 на панели приемника, пока не появится пиктограмма одной из пассивных частот:
- Power;
- Radio;
- КТВ;
- система катодной защиты;
- PASSIV (одновременное обнаружение сигналов Power и Radio в тех случаях, когда они присутствуют).

Поиск выполняется без включения генератора. При работе с частотой, например Power, необходимо настроить приемник на максимум сигнала. При движении можно уменьшить уровень чувствительности таким образом, чтобы столбчатая диаграмма на ЖКД умещалась на дисплее во время приема сигнала.

Схема параллельных перемещений при съемке показана на рис. 3.6. Исполнитель должен перемещаться с равномерной скоростью и держать антенну приемника по линии направления вашего движения и под прямыми углами к любым другим линиям, которые могут пересекаться.

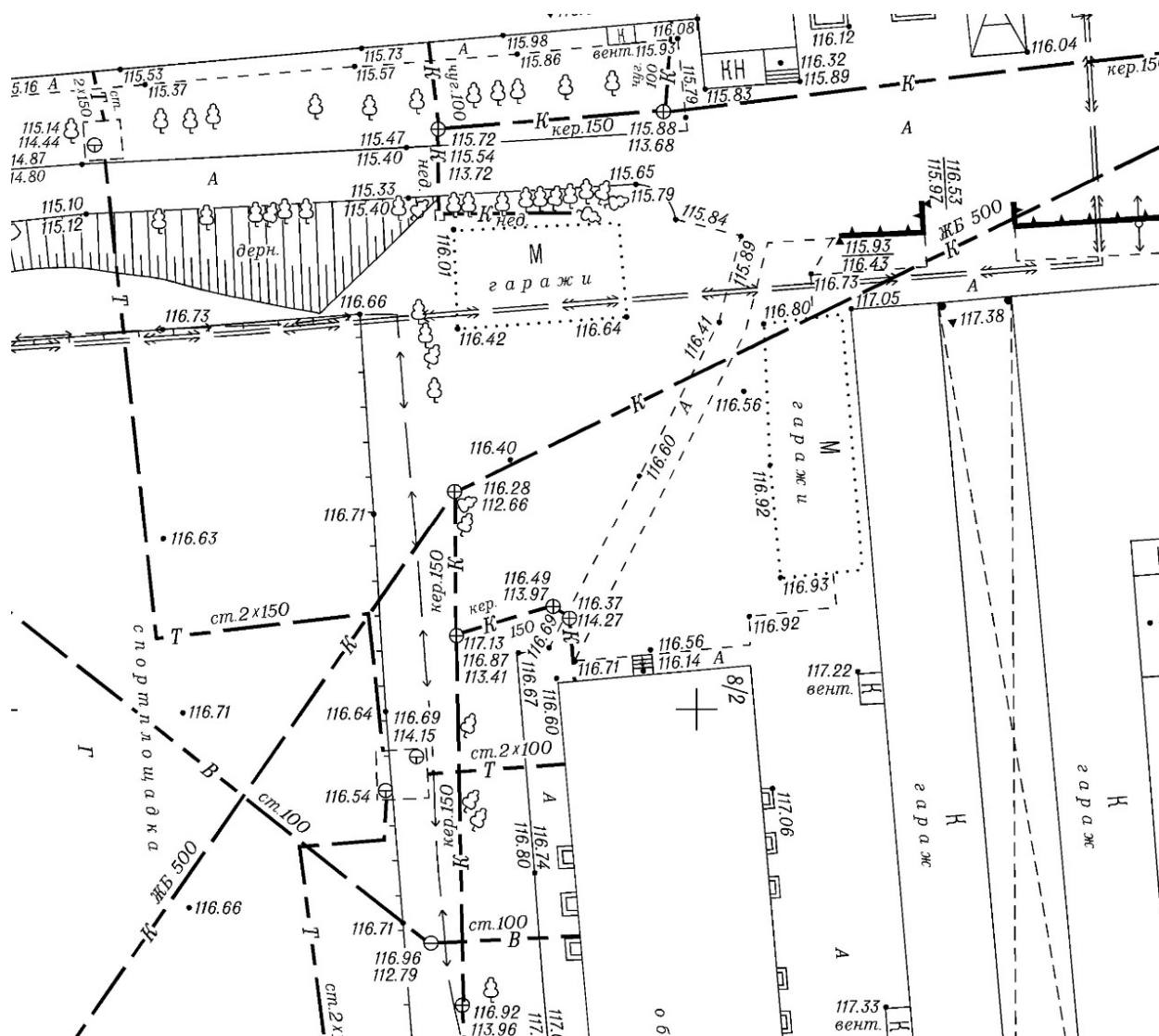


Рис. 3.6. План-схема участка исполнительной съемки подземных коммуникаций

При повышении сигнала необходимо остановиться, определить точно местоположение коммуникации и закрепить точку на оси коммуникации. Обнаруженную коммуникацию необходимо обозначить на местности до границ участка. Далее выполняется зондирование участка в виде перемещений по параллельным маршрутам.

Если на некоторых направлениях присутствуют сигналы линий электрооборудования частотой 50 / 60 Гц, то в таких местах необходимо поднимать приемник на 50 мм над землей и продолжать зондирование.

После обследования участка на частоте Power необходимо переключить приемник на частоту Radio. Настройка съемки и выполнение измерений на этой частоте выполняется аналогично на частоте Power.

Как показывает практика применения трассоискателей, в режиме Radio находятся трассы, которые не излучают сигналы Power, поэтому рекомендуется всегда выполнять перемещения повторно на частотах Power и Radio. При выполнении лабораторной работы каждой бригаде из двух обучающихся будет выдан план-схема участка съемки в масштабе 1 : 2 000 (см. рис. 3.6).

После проведения рекогносцировки участка съемки бригаде необходимо составить программу работ, в которой должны быть определены режимы съемки для каждого вида коммуникаций. Например, для теплотрассы есть возможность подключения генератора к выходу коммуникации, поэтому для поиска можно применить контактный индуктивный метод в режиме «максимум» на частоте, которая обеспечит максимум принимаемого сигнала.

При поиске электрических кабелей высокого напряжения необходимо запроектировать применение пассивной частоты «Power». При определении положения труб канализации можно применить бесконтактный индуктивный метод (рис. 3.7).

При выполнении съемки бесконтактным способом один из обучающихся работает с генератором, а второй – с приемником. Генератор индуцирует (наводит) сигнал в коммуникациях, когда его перемещают над ними, а линии затем обнаруживают приемником, находящимся на 20 шагов вверх или вниз по ходу линии от генератора. Держать генератор необходимо так, чтобы его длина была параллельной предполагаемому направле-

нию линии. Второй оператор держит приемник в начале участка для поиска, причем антенна приемника находится под прямыми углами к возможному направлению подземных линий.

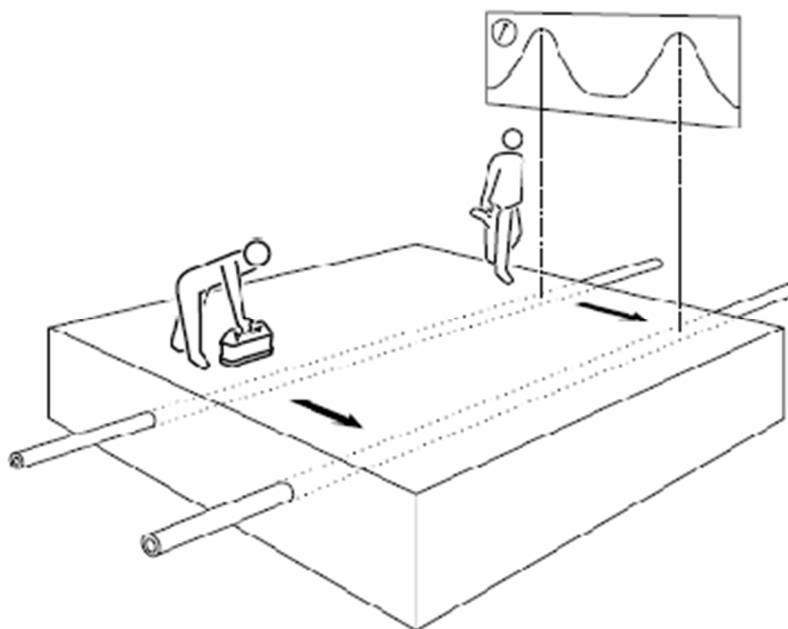


Рис. 3.7. Схема поиска бесконтактным индуктивным способом

Уровень чувствительности приемника устанавливается как можно большим, однако без того, чтобы приемник принимал какие-либо сигналы по воздуху непосредственно с генератора. Когда генератор и приемник находятся на одной линии по отношению друг к другу, оба оператора начинают параллельно двигаться вперед. Обучающийся с приемником осуществляет съемку назад и вперед по трассе, держа приемник вертикально во время перемещения параллельно генератору. Этот метод позволяет учитывать непараллельность генератора, приемника и подземной коммуникации.

Закрепление положения оси коммуникации на прямых участках выполняется не более, чем через 15 м. При съемке запрещается вскрывать колодцы на коммуникациях и выполнять подключение генератора к электрическим кабелям. Все точки, обозначенные при съемке коммуникаций, должны быть нанесены на план-схему участка.

К зачету по лабораторной работе необходимо представить:

- результаты поверки RD8000 по определению глубины заложения коммуникаций;
- план-схему участка съемки с нанесенными съемочными точками на коммуникациях;
- пояснительную записку с описанием порядка выполнения работы.

Контрольные вопросы

1. Назначение исполнительных съемок при строительстве инженерных сооружений.
2. Методы выполнения исполнительных съемок.
3. Назначение трассоискателей.
4. Основные технические характеристики трассоискателей.
5. Порядок действий при подготовке трассоискателя RD8000 к работе.
6. Порядок выполнения поверки определения глубины у трассоискателя RD8000.
7. Режимы съемки у трассоискателя RD8000.
8. Методика выполнения съемки при индуктивном методе поиска коммуникаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные в практикуме лабораторные работы являются одними из видов работ при геодезическом обеспечении строительства инженерных сооружений. Целью постановки приведенных в практикуме лабораторных работ является получение обучающимися по специальности 21.05.01 Прикладная геодезия (уровень специалитета) знаний по методикам выполнения полевых и камеральных геодезических работ.

Обучающиеся получают возможность изучить технологию проектирования геодезических сетей с применением современного программного продукта CREDO DAT 5.0. Предварительный расчет ожидаемой точности геодезических линейно-угловых сетей в настоящее время выполняется при составлении проекта производства геодезических работ с использованием только сертифицированных программных продуктов, одним из них является CREDO DAT. Проектирование разбивочной линейно-угловой сети выполняется с учетом допусков актуальных нормативных документов.

Лабораторная работа по выносу основных осей строящегося сооружения позволяет изучить технологию проектирования разбивочных работ и выполнения разбивочных работ. Работа, выполненная на примере подготовки данных для выноса на местность одного здания, дает представление о методике проектирования способов разбивки, расчете их точности. В ходе выполнения работы обучающиеся реализуют составленный проект разбивочных работ на макете сооружения с применением современных тахеометров.

Лабораторная работа по изучению методики применения современных трассоискателей позволяет получить обучающимся не только теоретические знания, но и практические навыки по проведению поиска инженерных коммуникаций на местности.

Таким образом, тематика лабораторных работ в практикуме соответствует рабочей программе по дисциплине «Геодезическое обеспечение строительства инженерных сооружений» по специальности 21.05.01 Прикладная геодезия (уровень специалитета).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 51872–2019. Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения: национальный стандарт Российской Федерации. – Введ. 2019–03–22. – М. : Стандартинформ, 2019. – 35 с.
2. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Е. Б. Ключин, М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман. – 10-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия, 2010. – 496 с.
3. Мурзинцев П. П., Репин А. С. Прикладная геодезия. Решение геодезических задач с помощью комплекса CREDO : сб. описаний практических работ. – Новосибирск : СГГА, 2013. – 100 с.
4. Скрипников В. А., Скрипникова М. А., Лифашина Г. В. Прикладная геодезия. Трассирование линейных сооружений. Разбивочные работы : лаб. практикум. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – 82 с.
5. Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию RD8000. – UK : Radiodetection Ltd., 2008. – 36 с.
6. СП 126.13330.2017 (СНиП 3.01.03–84). Геодезические работы в строительстве: свод правил. Пересмотр СП 126.13330.2012 «СНиП 3.01.03–84 Геодезические работы в строительстве. – Введ. 2018–04–25. – М. : Стандартинформ, 2017. – 67 с.
7. СП 317.1325800.2017. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Общие правила производства работ. – Введ. 2018–06–23. – М. : Стандартинформ, 2018. – 50 с.
8. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения : свод правил. Актуализированная редакция СНиП 11-02–96. – Введ. 2017–07–01. – М. : Стандартинформ, 2017. – 90 с.
9. СП 11-104–97. Инженерные изыскания для строительства. Часть II. Выполнение съемки подземных коммуникаций при инженерно-геодезических изысканиях для строительства. – Введ. 2001–01–01. – М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997. – 86 с.
10. Руководство пользователя GeoMax 25/50. GeoMax AG, CH, 2018. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://propribory.ru/static/upl/29-04-2020/i-WcoijhVcbIYXAp/2550rp.pdf>.

Учебное издание

Скрипников Виктор Александрович
Скрипникова Маргарита Александровна

ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ.

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Редактор *Ю. С. Мерзликина*
Компьютерная верстка *Н. Ю. Леоновой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.
Подписано в печать 25.01.2022. Формат 60 × 84 1/16.
Усл. печ. л. 3,72. Тираж 75 экз. Заказ 2.
Гигиеническое заключение
№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.
Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.
Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8.