

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра геотехники и транспортных коммуникаций

Л.Ф. ЗУЕВА, С.Н. КАНДЫБО

**ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ
ТРУБОПРОВОДОВ И СИСТЕМ МЕЛИОРАЦИИ**

Методическое пособие для студентов
факультета водоснабжения и гидромелиорации
дневной и заочной форм обучения

Брест 2012

УДК 528.4 (075.8)

ББК 26 1я73

3 48

Рецензенты:

зав. кафедрой геодезии и фотограмметрии Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, кандидат технических наук **П.В. Другаков**,
зав. группой геодезии отдела инженерных изысканий ОАО «Брестпроект» **О.П. Борисович**

348 Зуева Л.Ф., Кандыбо С.Н.

Геодезические работы при проектировании и строительстве трубопроводов и систем мелиорации. Методическое пособие. – Брест: Издательство БрГТУ, 2012. – 72 с.

ISBN 978-985-493-211-8

Рассмотрены вопросы, связанные с геодезическим обеспечением проектирования и строительства трубопроводов и систем мелиорации.

Издание предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения факультета водоснабжения и гидромелиорации.

УДК 528.4(075.8)

ББК 261я73

ISBN 978-985-493-211-8

© Зуева Л.Ф., 2012

© Кандыбо С.Н., 2012

© Издательство БрГТУ, 2012

Оглавление

1. Глоссарий	4
2. Элементы инженерно-геодезического проектирования	7
2.1. Комплексные инженерные изыскания. Состав геодезических работ при их выполнении	7
2.2. Стадии проектирования и состав геодезических работ при проектировании инженерных сооружений	15
2.3. Проектная документация для строительства	19
3. Трассирование линейных сооружений	20
3.1. Общие сведения о трассировании	20
3.2. Камеральное трассирование	22
3.3. Полевое трассирование	24
4. Геодезические работы при проектировании и укладке трубопроводов	32
4.1. Классификация трубопроводов	32
4.2. Особенности проектирования трубопроводов	35
4.3. Геодезическое обеспечение выноса на местность и закладки трубопроводов	37
4.4. Исполнительные съемки	49
4.5. Съемка подземных коммуникаций	54
5. Геодезическое обеспечение систем мелиорации	57
5.1. Основные сведения о мелиоративных системах, их проектировании и строительстве	57
5.2. Стадии проектирования объектов мелиорации и состав топографо-геодезических работ	61
5.3. Геодезическое обоснование инженерных изысканий объектов мелиорации	63
5.4. Разбивочные работы	63
5.5. Контроль производства земляных работ	68
Список литературы	71

1. ГЛОССАРИЙ

Основные понятия 1	Содержание 2
Инженерные изыскания	комплексное изучение природных условий предполагаемого участка строительства для получения необходимых данных при проектировании и строительстве для принятия технически правильных и экономически целесообразных решений
Технические изыскания	изучение природных (естественных) условий возведения сооружений
Экономические изыскания	позволяют охарактеризовать хозяйственно-экономическое состояние района будущего строительства и экономически обосновать целесообразность этого строительства
Инженерно-геодезические изыскания	позволяют определить пространственно-геометрические характеристики условий, оказывающих влияние на проектирование, строительство и эксплуатацию инженерных сооружений
Инженерно-геологические изыскания	выяснение геологических условий, оказывающих влияние на возведение и эксплуатацию инженерных сооружений
Геофизические методы разведки	позволяют установить глубинное геологическое строение Земли, ведут его региональное изучение, поисково-съёмочные и поисково-разведочные работы
Электроразведка	изучение электропроводности горных пород
Магнитная разведка	изучение магнитной проницаемости горных пород
Гравиметрическая разведка	изучение плотности горных пород
Сейсморазведка	изучение упругости горных пород
Гидрогеологические изыскания	определение влажности, влагоемкости, водоотдачи, водопроницаемости грунта и наблюдения за режимом грунтовых вод
Инженерно-гидрологические изыскания	изучение вопросов, связанных с водохозяйственным строительством – исследование водного баланса речных систем, водных ресурсов и гидравлического режима рек, формирование русел, зимнего режима водоемов и др.
Гидрометрические работы	определение уровней воды в реках, озерах, морях и водохранилищах
Промерные работы	измерение глубин в водоемах и координация точек промеров
Инженерно-метеорологические изыскания	изучают влияние различных физических явлений и процессов, происходящих в атмосфере, на возведение и эксплуатацию инженерных сооружений, на их долговечность и надежность
Триангуляция	геодезическая сеть из треугольников, в которой измерены все углы и две базисные стороны
Трилатерация	геодезическая сеть из треугольников, в которой измерены все стороны
Линейно-угловая сеть	геодезическая сеть, в которой измерены все или часть углов и сторон

1	2
Строительная сетка	линейно-угловое построение, пункты которого образуют сетку квадратов или прямоугольников
Полигонометрия	линейно-угловое построение, состоящее из одиночных ходов, систем ходов с узловыми точками или систем замкнутых полигонов, в которых измерены углы и длины сторон
Геометрическое нивелирование	нивелирование при помощи геодезического прибора с горизонтальной визирной осью (нивелира), превышение определяется как разность отсчетов по нивелирным рейкам
Тригонометрическое нивелирование	нивелирование наклонным лучом геодезического прибора (теодолита или тахеометра), состоящее в измерении расстояния и угла наклона между двумя точками с последующим вычислением превышения по тригонометрическим формулам
Генеральный план	крупномасштабный топографический план, на котором изображают весь комплекс наземных, воздушных и подземных сооружений (существующих и проектируемых)
Топографическая съемка	комплекс геодезических работ, выполняемых на местности для составления топографических карт и планов
Точность плана	суммарная средняя квадратическая погрешность в плановом и высотном положении точек ситуации и рельефа
Детальность плана	степень генерализации изображения, т.е. степень соответствия контуров и элементов рельефа на плане и на местности
Полнота плана	степень его насыщенности элементами ситуации и рельефа, изображение которых необходимо для проектирования и возможно при принятом масштабе плана и высоте сечения рельефа
Съемка подземных коммуникаций	специальная съемка, включающая отыскание и координирование точек подземных инженерных сетей
Инженерно-топографическая съемка	применяется в строительстве и включает аналитическое координирование точек зданий и сооружений (углов опорных зданий, центров колодцев подземных коммуникаций и др.)
Габаритная съемка	специальная съемка, включающая обмер зданий
Линейные сооружения	большая группа инженерных строительных объектов или сооружений, имеющих значительное превышение одного из своих измерений (длины) над двумя другими
Площадные сооружения	различного назначения здания; комплексы гражданских и промышленных зданий и сооружений
Трасса	ось проектируемого линейного сооружения, которая обозначена и закреплена на местности или нанесена на топографическую карту, фотоплан или же задана координатами в цифровой модели местности
Трассирование	комплекс инженерно-изыскательских работ по выбору трассы, которая должна соответствовать всем техническим требованиям проектирования и иметь наименьшие затраты на возведение и эксплуатацию

1	2
Камеральное трассирование	проектирование трассы по топографическим картам, фото-планам или цифровым моделям местности
Полевое трассирование	выбор и разбивка трассы непосредственно на местности
Ватерпасовка	измерение линий в наклонной местности и пересеченной местности с помощью мерных приборов (без введения поправки за наклон)
Круговая кривая	кривая постоянного радиуса, которая разбивается на поворотах трассы линейных сооружений
Переходная кривая	кривая переменного радиуса, которая разбивается на поворотах трассы линейных сооружений и обеспечивает более плавный переход от прямого участка к участку круговой кривой
Вертикальная кривая	кривая большого радиуса, которая разбивается на переломах продольного профиля трассы
Детальная разбивка кривых	получение точек на кривой так часто, чтобы дугу между ними можно было принять за прямую линию
Нивелирование трассы	выполняют по пикетным точкам, поперечным профилям и установленным вдоль трассы реперам для составления продольного и поперечных профилей
Проектирование	комплекс камеральных работ для разработки на основе материалов изысканий набора графических, технических и экономических документов, обосновывающих возможность или целесообразность строительства
Разбивочные работы	процесс переноса геодезическими методами проекта на местность (в натуру) с последующим закреплением полученных точек
Разбивочные чертежи (схемы)	графические документы, на которых приводятся расстояния между основными и промежуточными осями сооружения в двух взаимно перпендикулярных направлениях; элементы, необходимые для разбивки объекта в зависимости от способа разбивки; точность выноса и привязки к основе.
Рабочие чертежи	масштабные изображения составных элементов сооружения, размеров в плане и по высоте частей объекта и геометрических связей между ними. Это технические документы, которые непосредственно используются на строительной площадке при размещении и установке отдельных частей (деталей) сооружения
Исполнительные съемки	процесс определения планового и высотного положения окончательно закрепленных разбивочных осей, конструкций и элементов здания. Они завершают каждый этап строительномонтажных работ. Выделяют текущие исполнительные съемки – после завершения этапа строительства и окончательную – по завершении строительства в целом

2. ЭЛЕМЕНТЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.1. Комплексные инженерные изыскания. Состав геодезических работ при их выполнении

Успешное проектирование возможно лишь на основе полноценных материалов, собранных в процессе специальных инженерных изысканий.

Инженерные изыскания – это комплексное изучение природных условий предполагаемого участка строительства для получения необходимых данных для проектирования и строительства с целью принятия технически правильных и экономически целесообразных решений.

Инженерные изыскания (исследования) по направленности делятся на технические и экономические.

Технические изыскания заключаются во всестороннем изучении природных условий района строительства, для рационального размещения зданий и сооружений на местности, а также для разработки проектных решений.

Технические изыскания в зависимости от изучаемого фактора подразделяются на следующие виды: инженерно-геодезические (топографо-геодезические), инженерно-геологические, гидрогеологические, почвенно-грунтовые, гидрологические, гидрометеорологические, экологические, климатологические, геоботанические изыскания; изыскания месторождений местных строительных материалов; обследование состояния существующих сооружений; сбор данных для составления проекта организации строительства и сметной документации.

Технические изыскания выполняют в три периода: подготовительный, полевой и камеральный. В подготовительный период собирают и изучают необходимые данные по объекту изысканий и намечают организационные мероприятия по проведению изыскательских работ. В полевой период, кроме полевых работ, производят часть камеральных и лабораторных работ, необходимых для обеспечения непрерывности полевого изыскательского процесса и контроля полноты и точности полевых работ. В камеральный период осуществляют обработку всех полевых материалов.

Используемые материалы предыдущих изысканий уточняют путем полевых обследований, лабораторных испытаний, выполняя геодезические измерения, а также камеральную обработку полученных результатов в требуемом объеме. Объем и точность изыскательских работ, новизна и качество результатов инженерных изысканий должны соответствовать требованиям проектирования и строительства, а также предусматривать возможность их использования впоследствии.

Экономические изыскания проводят для определения географического района размещения и экономической целесообразности строительства, реконструкции или расширения существующего объекта строительства.

Инженерные изыскания выполняют проектно-изыскательские организации соответствующих министерств и ведомств. Производство инженерных изысканий регламентируется государственными стандартами и нормативными документами. На территории Республики Беларусь основными нормативными документами являются: СНБ 1.02.01 - 96 «Инженерные изыскания для строительства»; СТБ 21303 - 99 «Система проектной документации для строительства».

Техническое задание на выполнение инженерных изысканий для строительства составляется заказчиком, как правило, с участием исполнителя (подрядчика) инженерных

изысканий; подписывается руководством организации (заказчиком) и заверяется печатью. Техническое задание может выдаваться как на весь комплекс инженерных изысканий, так и раздельно по видам инженерных изысканий и стадиям проектирования.

Техническое задание на выполнение инженерных изысканий для строительства должно содержать следующие сведения:

- наименование объекта;
- вид строительства (новое строительство, реконструкция, расширение, техническое переоборудование, консервация, ликвидация);
- информацию о стадийности, сроках проектирования и строительства;
- характеристику проектируемых и реконструируемых предприятий (геотехнические категории объектов), уровни ответственности (классы точности) зданий и сооружений;
- характеристику ожидаемых воздействий объектов строительства на природную среду; необходимые исходные данные для обоснования мероприятий по рациональному природопользованию и охране природной среды, обеспечению устойчивости проектируемых зданий и сооружений и безопасных условий жизни населения;
- сведения и данные о проектируемых объектах, мероприятиях инженерной защиты территорий, зданий и сооружений;
- цели и виды инженерных изысканий;
- перечень нормативных документов;
- данные о местоположении и границах площадки или трассы строительства;
- сведения о ранее выполненных инженерных изысканиях и исследованиях;
- дополнительные требования к производству отдельных видов инженерных изысканий, включая отраслевую специфику проектируемого сооружения;
- требования к точности, надежности, достоверности и обеспеченности необходимых данных и характеристик при инженерных изысканиях для строительства;
- требования к составлению и содержанию прогноза изменений природных и техногенных условий (геологических, экологических, радиационных), к оценке опасности и риска от природных процессов;
- сведения о необходимости выполнения исследований в процессе инженерных изысканий;
- требования к составу, срокам, порядку и форме представления изыскательской продукции заказчику;
- требование о составлении и представлении в составе договорной документации программы инженерных изысканий на согласование заказчика;
- наименование и местонахождение организации заказчика, фамилия, инициалы и номер телефона (факса) ответственного его представителя.

Инженерно-геодезические изыскания. В их состав входят следующие виды работ:

- 1) сбор и обработка топографо-геодезических материалов изысканий прошлых лет и других материалов и данных;
- 2) рекогносцировочное обследование территории;
- 3) создание (развитие) опорных геодезических сетей, включая геодезические сети специального назначения для строительства;
- 4) создание планово-высотных съемочных геодезических сетей;
- 5) топографическая (наземная, аэрофототопографическая, стереофотограмметрическая и др.) съемка, включая съемку подземных и надземных сооружений;

6) обновление топографических (инженерно-топографических) и кадастровых планов в графической, цифровой, фотографической и иных формах;

7) инженерно-гидрографические работы;

8) геодезические работы, связанные с переносом в натуру и привязкой горных выработок, геофизических и других точек инженерных изысканий;

9) геодезические стационарные наблюдения за деформациями оснований зданий и сооружений, земной поверхности и толщи горных пород в районах развития опасных природных процессов;

10) инженерно-геодезическое обеспечение информационных систем административных районов и государственных кадастров (градостроительного и др.);

11) составление и издание инженерно-топографических планов, кадастровых и тематических карт и планов, атласов специального назначения (в графической, цифровой и иных формах);

12) камеральная обработка материалов;

13) составление технического отчета.

Дополнительно в состав инженерно-геодезических изысканий для строительства линейных сооружений входят:

– камеральное трассирование и предварительный выбор конкурентоспособных вариантов трассы для выполнения полевых работ и обследований;

– полевое трассирование;

– съемки существующих железных и автомобильных дорог, составление продольных и поперечных профилей, пересечений линий электропередач, линий связи, объектов радиосвязи, радиорелейных линий и магистральных трубопроводов;

– координирование основных элементов сооружений и наружные обмеры зданий (сооружений);

– определение полной и полезной длины железнодорожных путей на станциях и габаритов приближения строений в районе предполагаемого строительства.

Техническое задание дополнительно должно содержать геодезические данные:

– сведения о принятой системе координат и высот;

– данные о границах и площадях топографической съемки (обновления планов);

– указания о масштабе топографической съемки и высоте сечения рельефа по отдельным площадкам, включая требования к съемке подземных и надземных сооружений;

– данные к трассированию линейных сооружений;

– требования к стационарным геодезическим наблюдениям в районах развития опасных природных процессов;

– требования к составу, форме и срокам представления отчетной технической документации.

К техническому заданию должны прилагаться графические и текстовые документы, необходимые для организации и проведения инженерных изысканий на соответствующей стадии проектирования:

1) копии имеющихся топографических карт, инженерно-топографических планов, ситуационных планов (схем) с указанием границ площадок, участков и направлений трасс, генеральных планов (схем) с контурами проектируемых зданий и сооружений;

2) картограммы участков будущего строительства;

3) копии решений органа местного самоуправления о предварительном согласовании места размещения площадок (трасс) или акта выбора площадки (трассы) строительства, копия решения органа исполнительной власти о предоставлении земель для проведения изыскательских работ и исследований, копии договоров с собственниками земли и другие необходимые материалы.

Проект (программа) составляется на полный комплекс изыскательских работ и является основным документом, он состоит из текстовой части и приложений. Оформление результатов инженерно-геодезических изысканий осуществляется согласно СТБ 21303 - 99 «Система проектной документации для строительства».

Проект составляют для комплекса работ, требующих предварительной разработки специальных методов их выполнения и расчета точности, создаваемых геодезических сетей, а также при изысканиях для строительства крупных и уникальных зданий и сооружений или при выполнении работ в сложных природных условиях (в районах распространения оползней, селей, лавин, карста, сейсмоактивных районах).

Программа производства геодезических изысканий составляется для несложного и небольшого по объему комплекса работ (создается по типовым схемам) и является внутренним документом исполнителя инженерных изысканий.

Текстовая часть содержит следующие разделы: общие сведения; краткая физико-географическая характеристика района работ; геодезическая и топографическая изученность района работ; проектируемые опорные и съемочные геодезические сети; топографические съемки; съемка подземных коммуникаций и сооружений, инженерно-геологических выработок и других точек; технический контроль и приемка работ; сроки, объемы и стоимость проектируемых работ; перечень выпускаемых материалов.

В приложениях приводятся: копия технического задания заказчика; схема топографо-геодезической и картографической изученности района (площадки, трассы) работ; схема проектируемой опорной геодезической сети, в том числе геодезических сетей специального назначения для строительства; картограмма расположения площадок топографической съемки; чертежи геодезических центров (если намечена их закладка); топографические карты, инженерно-топографические планы и планы инженерных коммуникаций с указанием проектных вариантов трасс линейных сооружений. Допускается совмещение прилагаемых схем, картограмм и других графических материалов.

Инженерно-геологические изыскания выполняются для выяснения геологических условий, влияющих на возведение и эксплуатацию инженерных сооружений. К этим условиям относят общие физико-географические (рельеф, климат, гидрографию, гидрологию и др.), геоморфологические (строение рельефа и его формирование), гидрогеологические факторы, геологическое строение, геологические процессы и их интенсивность, физико-механические свойства горных пород, влияющие на прочность и устойчивость оснований сооружений.

Объем и содержание изысканий зависит от степени геологической изученности района, стадии проектирования, характера использования территории для строительства и сложности геологических условий.

Для изучения инженерно-геологических условий района будущего строительства выполняют следующие виды работ: инженерно-геологическую и гидрогеологическую съемки; геофизическую разведку (электро-, сейсмо-, магнитная и гравиметрическая разведки); горно-разведочные и буровые работы; стационарные наблюдения; полевые опытные

работы и лабораторные исследования. По результатам изысканий составляют отчет; инженерно-геологические разрезы; геолого-литологические, геоморфологические, гидрогеологические и другие карты.

Гидрогеологические изыскания заключаются в изучении водно-технических свойств грунтов (влажность, влагоемкость, водоотдача, водопроницаемость), а также свойства подземных вод, скорости и направление их течения, определяют типы (верховодка, собственно грунтовая и межпластовая вода) и глубины залегания грунтовых вод. Режим грунтовых вод характеризуется изменениями во времени уровня, температуры, химического и газового состава.

Полевые гидрогеологические работы заключаются в опытных откачках, нагнетаниях, наливах, определении направления и скорости движения грунтовых вод. К гидрогеологическим работам относят и стационарные наблюдения за режимом грунтовых вод.

Инженерно-геологическая съемка ведется в разных масштабах: 1:5000 – 1:25000 при составлении проекта планировки и размещения первоочередного строительства; для разработки проекта детальной планировки и застройки укрупняется до масштаба 1:1000 – 1:2000.

В процессе съемки изучают, фотографируют и описывают естественные и искусственные обнажения горных пород, геоморфологические элементы и геологические явления, проявления водоносности, определяют местоположение геологических выработок, производят отбор проб горных пород и подземных вод для лабораторных исследований, обследуют состояние существующих инженерных сооружений и месторождений строительных материалов. Результаты съемки отражаются в дневнике и полевых картах. Может проводиться аэро- и наземная инженерно-геологическая съемка.

Одновременно с инженерно-геологической съемкой ведется гидрогеологическая съемка, в ходе ее дают описание поверхностных водоемов и рек; естественных источников – колодцев, шахт, разведочных выработок. При описании водных источников по возможности указывают глубину залегания подземных вод, химический состав, расходы воды в реках и другие данные.

Для составления карт используют результаты геологической съемки, геофизических и геохимических исследований, результаты изучения образцов горных пород, руд, флоры и фауны, гидрологических и инженерно-геологических наблюдений, опробования полезных ископаемых, проходки горных выработок и буровых скважин.

Инженерно-геологические и гидрогеологические карты составляют на основе топографических карт.

Привязка обнажений, скважин, шурфов и других выработок производится по имеющимся топографическим картам наиболее крупного масштаба, фотопланами фотосхемам или к пунктам геодезической сети. Отметки устьев выработок определяют по карте или методом барометрического нивелирования. При поисково-разведочных работах перенос в натуру проекта выработок и их привязка осуществляется по четким контурным точкам на топографических картах и фотопланах или от пунктов геодезической опорной сети (засечками, полярным методом, проложением теодолитных и тахеометрических ходов). Погрешности привязки определяют масштабом карты. Отметки устьев выработок находят с погрешностью 1-2 м. Перенос в натуру и привязка выработок в плановом положении – с погрешностью не более 1 м, в высотном – 0,3; 0,5; 1 м и более в зависимости от назначения горных выработок. Обычно отметки устьев выработок определяются методами тригонометрического или геометрического нивелирования с погрешностью порядка 0,3 м.

Геофизические методы разведки основаны на изучении физических явлений и процессов, обусловленных строением Земли и земной коры.

Электроразведка основана на изучении условий прохождения электрического тока через различные горные породы (изучение разности электропроводности). Используется с целью геологического картирования при инженерно-геологических изысканиях различных сооружений. Применяются электропрофилирование, вертикальное электрическое зондирование, способ вызванной поляризации, аэроэлектроразведка (метод бесконечно длинного кабеля и индукционный), радиопросвечивания и радиолокации.

Геодезическое обеспечение электроразведки состоит в разбивке на местности профиля или системы параллельных профилей, закреплении на местности точек наблюдений. Плановая погрешность – 2 мм в масштабе карты, высотная – 2% от глубины залегания опорного горизонта.

Магнитная разведка основана на изучении особенностей геомагнитного поля Земли, то есть изучаются магнитные свойства горных пород. Различают площадную и маршрутную (профильную) магнитную съемку.

К геодезическим работам при магнитной разведке можно отнести маршрутную съемку (глазомерную) при поисковых работах, точность измерения расстояний допускается порядка 1:50. В случае обнаружения аномалий ведется площадная съемка, прокладывают систему параллельных маршрутов. Плановая привязка выполняется с точностью 1-2 мм в масштабе карты, высоты, как правило, не определяются.

Сейсмическая разведка основана на наблюдениях за скоростью распространения упругих волн в земной коре, вызванных искусственными сотрясениями (взрывы, удары). Сейсморазведка применяется для изучения строения земной коры, поисков и подготовки к разведочному бурению нефтегазоносных структур и др. Сейсморазведка ведется одинокими маршрутами с шагом 2-10 м и площадями, производится методом отраженных волн или корреляционным методом преломленных волн.

Геодезическое обеспечение сейсморазведки состоит в разбивке на местности профилей с закреплением на них точек взрыва и точек расположения сейсмоприемников, также производится определение координат и высот этих точек, составлении вертикальных разрезов по линии профиля. Погрешность в положении профиля по отсчетной карте относительно пунктов плановой геодезической основы не должна превышать 2 мм, а в высотном положении в зависимости от скорости распространения волн от 3 см при $v=200$ м/с до 1 м при $v=5000$ м/с.

Гравиметрическая разведка основана на измерениях силы тяжести, которые ведутся специальными приборами – гравиметрами, вариометрами и градиентометрами. Применяется для тектонического районирования больших территорий, выявления и локализации геологических структур с пониженной плотностью, благоприятных для скопления полезных ископаемых (нефти, газа, отчасти – угля).

Гравиметрические пункты располагают на четких, хорошо опознаваемых контурах местности. Гравиметрические работы ведутся для определения аномалий силы тяжести, по которым составляются специальные гравиметрические карты.

Геодезические работы при гравиметрической съемке заключаются в определении координат и высот пунктов наблюдений, учете влияния рельефа местности и подготовке топографической основы для составления гравиметрических карт. Для введения поправки за рельеф на площадке вокруг гравиметрического пункта выполняют нивелирование.

Исследование и испытания грунтов. Для успешного расчета оснований инженерных сооружений необходимо хорошо знать основные строительные свойства грунтов, такие как объемный и удельный вес, влажность, пористость, консистенция, модуль деформации, сцепление, сопротивление сдвигу.

В основном характеристики грунтов получают лабораторным путем (испытания горных пород). Но эти исследования могут быть выполнены и полевыми методами, чаще всего это необходимо для уточнения расчета основания сооружения - это сопротивление грунта сжатию и сдвигу. Полевое испытание прочности грунтов осуществляется методами зондирования, для определения деформативных свойств песчано-глинистых пород в буровых скважинах применяют метод прессиометрии.

Инженерно-гидрологические изыскания. Данный вид изысканий необходим для проектирования гидротехнических сооружений; водоснабжения населенных мест, промышленных предприятий, электростанций; мостовых переходов; переходов через реки трубопроводов и других линейных сооружений; рыбного хозяйства; водного транспорта; защиты территорий от наводнений и подтоплений. А также для создания зон отдыха, для научных целей (исследование водного обмена в водоемах, гидрохимические и гидробиологические исследования).

В состав гидрологических изысканий входят следующие виды работ:

- наблюдения за уровнями воды в реках, озерах и искусственных водоемах на водомерных постах;
- определение уклонов рек по результатам нивелирования, направлений и скоростей течения рек;
- промерные работы;
- русловые съемки;
- определение площадей живых сечений и площадей затопления;
- определение расходов воды в реках и объемов водохранилищ;
- изучение наносов твердого стока (речных наносов).

Геодезическое обеспечение гидрологических изысканий состоит в выполнении крупномасштабных съемочных и нивелирных работ на территории водомерных постов и гидростанций, на створах плотин и участках переходов через реки, определении водосборных площадей, устройстве водомерных постов и организации наблюдений за уровнями воды, определении скоростей течения и уклонов рек. Важной задачей геодезиста является определение проектных отметок моста, высоты плотины и др.

Русловые съемки ведут с целью получения крупномасштабных топографических планов (1:1000, 1:2000 и 1:5000). Основным методом съемки ситуации и рельефа берегов служит тахеометрическая и мензульная съемка. На больших площадях применяется аэрофотосъемка, для отдельных видов сооружений (мостовые переходы, плотины и др.) - наземная фототеодолитная съемка.

Промерные работы ведут для составления планов водоемов, поперечных профилей русла реки, вычисления площадей живых сечений, изучения рельефа их дна, построения изобат, определения подводных навигационных опасностей, выявления удобного для прохода судов фарватера, мест подхода судов к берегу, определения объема дноуглубительных работ и выбора мест расположения гидротехнических сооружений. Они включают измерения глубин, скоростей и направления течения рек; координирования точек промеров.

Метеорологические изыскания производятся для того, чтобы выяснить влияние различных физических явлений и процессов, происходящих в атмосфере, на возведение и эксплуатацию инженерных сооружений, на их прочность и долговечность. Например, для учета динамического действия ветровой нагрузки на высотные сооружения.

Основными характеристиками являются: температура воздуха, атмосферное давление, влажность воздуха, скорость и направление ветра, облачность.

Измерение температуры t ($^{\circ}\text{C}$) производится на метеорологических станциях. Кроме температуры воздуха, измеряют температуру почвы, снега и воды. Применяют жидкостные, ртутные полупроводниковые и деформационные термометры.

Атмосферное давление P (Па) измеряют ртутными барометрами, anerоидами, термометрами, газовыми и дифференциальными барометрами.

При выполнении геодезических измерений для учета влияния внешних условий используют барометры-анероиды. Для определения разности высот центров фотографирования при аэрофотосъемке применяется дифференциальный барометр-статоскоп. Для барометрического нивелирования применяют чашечные и сифонные ртутные барометры различной конструкции, барометры-анероиды, баронивелиры и др.

В отдельных случаях используют сезонные показатели влажности воздуха, а также скорость и направление ветра, полученные по многолетним наблюдениям на метеостанциях.

Экологические изыскания выполняются для экологического обоснования строительства и иной хозяйственной деятельности с целью предотвращения, снижения или ликвидации неблагоприятных экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий и сохранения оптимальных условий жизни населения.

Задачами инженерно-экологических изысканий являются:

- оценка экологического состояния территории с позиций возможности размещения новых производств, организации производительных сил, схем расселения, отраслевых схем и программ развития;
- предварительный прогноз возможных изменений окружающей среды и ее компонентов при реализации намечаемой деятельности, а также ее возможных негативных последствий (экологического риска) с учетом рационального природопользования, охраны природных богатств, сохранения уникальности природных экосистем региона, его демографических особенностей и историко-культурного наследия.

В состав инженерно-экологических изысканий входят:

- сбор, обработка и анализ опубликованных и фондовых материалов и данных о состоянии природной среды, поиск объектов-аналогов для разработки прогнозов;
- экологическое дешифрирование аэрокосмических материалов с использованием различных видов съемок (черно-белой, многозональной, радиолокационной, тепловой и др.);
- маршрутные наблюдения с покомпонентным описанием природной среды и ландшафтов в целом, состояния наземных и водных экосистем, источников и визуальных признаков загрязнения;
- проходка горных выработок для установления условий распространения загрязнений;
- опробование почвогрунтов, поверхностных и подземных вод и определение в них комплексов загрязнителей;
- исследование и оценка радиационной обстановки;
- газогеохимические исследования;
- исследование и оценка физических воздействий;

- эколого-гидрогеологические исследования (оценка влияния техногенных факторов на изменение гидрогеологических условий);
- почвенные исследования;
- изучение растительности и животного мира;
- социально-экономические исследования;
- санитарно-эпидемиологические и медико-биологические исследования;
- стационарные наблюдения (экологический мониторинг).

Экономические изыскания выполняют с целью получить характеристику хозяйственно-экономического состояния района будущего строительства, экономическое обоснование проекта и составить проект хозяйственного преобразования территории в связи с возведением проектируемого сооружения. Эти изыскания проводят на основании материалов перспективного планирования центральных и местных органов, также используются материалы ведомственного планирования.

Экономические изыскания играют решающую роль при выборе площадки под строительство. При этом исследуются вопросы близости площадки к источникам сырья, наличие существующих транспортных и подземных сетей, местных строительных материалов, материально-технической базы, энергии, воды и т. п.

Большое значение имеют экономические изыскания при проектировании городов и рабочих поселков. Наиболее значительны они на стадии разработки генерального проекта планировки.

К экономическим изысканиям относятся расчеты, связанные с определением наиболее выгодного расположения сооружения на местности. Для этого вычисляют *прямые затраты*, которые складываются из стоимости рабочей силы, стройматериалов, транспорта, электроэнергии и других расходов, а также *дополнительные*, которые в отдельных случаях могут достигать 50% прямых затрат.

Дополнительные затраты для каждого возводимого сооружения идут на покрытие ущерба, связанного с отчуждением территории при изъятии ее под строительство из того фонда, где она ранее находилась. Самые большие дополнительные затраты возникают при создании водохранилищ.

В экономических изысканиях существенное место отводится оценке экономической эффективности капитальных вложений, для этого сравнивают два варианта будущего сооружения, определяя капитальные и эксплуатационные затраты. Затем подсчитывают экономическую эффективность, она определяется расчетным сроком, в течение которого дополнительные вложения окупаются сбережениями на себестоимости продукции. Наиболее эффективными считают те варианты затрат, срок окупаемости которых не превышает заданный нормативный срок. Сопоставлением расчетного срока окупаемости с нормативным оценивается экономичность вариантов и принимается решение о выборе одного из них.

При проведении изысканий, во всех случаях, стараются обеспечить минимум материальных затрат.

2.2. Стадии проектирования и состав геодезических работ при проектировании инженерных сооружений

К *инженерным сооружениям* относят различного назначения здания, дорожно-транспортные, гидротехнические сооружения, инженерные сети, специальные сооружения.

Здания – это сооружения, имеющие помещения для жилья, культурно-бытовых или производственных целей. Различают промышленные, гражданские и сельскохозяйственные здания. По этажности различают одноэтажные и многоэтажные здания. Здания могут быть бесподвальными, с подвалами, бесчердачными, с чердаками, монолитными и сборными и др.

К *промышленным* зданиям относят производственные, вспомогательные, энергетические, складские и другие здания.

Гражданские здания делятся на жилые (дома, гостиницы, общежития) и общественные (школы, театры, магазины, больницы).

Сельскохозяйственные – это здания, для содержания скота и птицы, хранения и ремонта сельскохозяйственной техники.

По материалу, применяемому для возведения стен, здания делят на каменные, кирпичные, бетонные, железобетонные, деревянные и т.д.

Дорожно-транспортные сооружения: железные (сухопутные) и автомобильные (безрельсовые) дороги, тоннели метрополитена, трубопроводы (нефте-, газо-, водопроводы, канализация), водный транспорт (порты, причалы, пристани), воздушный транспорт (аэродромы, аэропорты) и специальные (подвесные дороги, мостовые переходы, эстакады, серпантины, виадуки, дюкеры).

Гидротехнические сооружения: плотины ГЭС, каналы, шлюзы, затворы, судоподъемники, лесопропускные и гидротехнические тоннели, водохранилища, дамбы, волнобои и др.

Инженерные сети: воздушные линии электропередач (ЛЭП) и кабельные сети (электросети высокого и низкого напряжения, телефон, телеграф, сигнализация, радио).

Специальные сооружения: ускорители, телескопы, радиотелескопы, телевизионные башни, технологические линии, башенные сооружения, высотные здания (16 и более этажей).

Стадии проектирования инженерных сооружений:

1. Технико-экономическое обоснование (стадия предпроектной документации)

На этой стадии осуществляется сбор и анализ имеющейся топографической и картографической информации, сбор сведений о наличии материалов по опорным геодезическим сетям для рассматриваемых вариантов размещения строительной площадки (направления трассы). Применяются карты и планы масштабов 1:100000 – 1:2000.

2. Стадия технического проекта

Обеспечивают получение топографо-геодезических материалов для разработки генплана объекта, доработки и детализация проектных решений, принятых на стадии предпроектной документации, и уточнение технико-экономических показателей. Применяют топографические планы масштабов 1:5000 – 1:500.

3. Стадия рабочих чертежей или рабочей документации.

На этой стадии выполняют развитие опорных и съемочных геодезических сетей, топографической съемки и обновление инженерно-топографических планов, геодезическое обеспечение других видов изысканий, составление и размножение крупномасштабных топографических планов (1:500, 1:1000, в некоторых случаях 1:200).

Строительство зданий и сооружений производится по проектам, представляющим собой систему чертежей, расчетов, показателей и текстового материала, обосновывающего принятие решений и требований к технологическим процессам.

Запрещается выполнение строительно-монтажных работ без утвержденных проектов организации строительства и проекта производства работ.

Элементы геодезического обеспечения строительно-монтажных работ отражают в разделе «Строительные решения» технических проектов зданий и сооружений или же они включаются в проект производства геодезических работ (ППГР).

Геодезические работы в соответствии с требованиями СНиП 3.01.01-85 «Организация строительного производства» должны найти отражение как в проектах организации строительства (ПОС), так и в проектах производства работ (ППР). Проект производства геодезических работ (ППГР) разрабатывается как составная часть ППР или как отдельный документ

В **состав геодезических работ**, выполняемых непосредственно **в период строительства и эксплуатации зданий и сооружений** (в соответствии с техническим заданием заказчика), входят следующие виды работ:

- определение проектного положения объекта строительства (зданий и сооружений) на местности;
- создание разбивочной основы для строительства (геодезической опорной сети);
- геодезические разбивочные и привязочные работы в процессе строительства в соответствии с рабочей документацией;
- геодезический контроль точности геометрических параметров зданий и сооружений в процессе строительства;
- исполнительные геодезические съемки (текущие и окончательные) планового и высотного положения зданий (сооружений) и инженерных коммуникаций;
- геодезические наблюдения за деформациями оснований и конструкций зданий (сооружений);
- специальные стереофотограмметрические съемки по определению геометрических размеров элементов зданий, сооружений, технологических установок, архитектурных и градостроительных форм;
- геодезические работы при монтаже оборудования, выверке подкрановых путей и проверке планово-высотного положения и вертикальности элементов зданий и сооружений;
- геодезические работы по определению на местности положения подземных сооружений и коммуникаций при ремонтных работах и др.;
- составление исполнительной геодезической документации.

Разработке проектов организации и производства геодезических работ предшествует техническое задание на проектирование, которое составляется на основе технико-экономического обоснования.

Техническое задание на проектирование геодезических работ выдается организацией-заказчиком.

Исходными данными для разработки проекта объекта строительства является следующая документация:

По площадкам строительства (площадные сооружения: населенные пункты, промышленные предприятия и др.)

1. Технический отчет о проведенных инженерно-геодезических изысканиях.
2. Каталог координат и высот пунктов опорных геодезических сетей.
3. Инженерно-топографические планы (фотопланы) в масштабах 1:500 – 1:2000 с нанесенными инженерными коммуникациями.
4. Планы надземных и подземных сооружений, согласованные с эксплуатирующими организациями, в масштабах 1:500 – 1:2000.
5. Эскизы колодцев (камер) и эскизы опор при их детальном обследовании

6. Материалы по определению геометрических размеров элементов зданий, сооружений, технологических установок, архитектурных и градостроительных форм.

7. Топографические планы рек, внутренних водоемов и акваторий в масштабах 1:2000 – 1:5000.

8. Материалы геодезических измерений осадок и деформаций, выполненных на этой территории.

По трассам линейных сооружений

1. Технический отчет о проведенных инженерно-геодезических изысканиях.

2. Инженерно-топографические планы полосы местности вдоль трасс и площадок для проектирования сооружений по трассе (мостовых переходов, станций и др.) и поселений в масштабах 1:500 – 1:2000.

3. Продольные и поперечные профили проектируемых трасс и существующих железных и автомобильных дорог.

4. Акты согласований (по дополнительному требованию заказчика).

Для разработки рабочей документации заказчику для целей реконструкции и технического перевооружения предприятий дополнительно должны быть представлены:

По площадкам строительства

1. Обмерные чертежи зданий и сооружений.

2. Схемы инженерных сетей и транспортных коммуникаций.

3. Ведомости координат углов зданий (сооружений).

4. Каталоги колодцев (камер) подземных сооружений.

5. Инженерно-топографические планы в масштабах 1:2000 – 1:5000 (в том числе рек, внутренних водоемов и акваторий).

6. Землеустроительная документация по отводу земель. Кадастровые номера участков под строительство.

По трассам линейных сооружений

1. План трассы, включая планы топографической съемки на сложных участках, в масштабах 1:500 – 1:1000.

2. Абрисы привязок характерных точек трассы к элементам ситуации.

3. Ведомость координат и высот закрепительных знаков трассы.

4. Схемы закрепленной трассы на местности.

5. Акты согласования с различными организациями вопросов отвода земель; землеустроительная документация.

2.3. Проектная документация для строительства

Строительство зданий и сооружений осуществляется по проектам. К основным принципам геодезического проектирования относятся:

1. *Вариативность*, предусматривающая рассмотрение не менее двух альтернативных вариантов любого организационно-технического решения (выбор метода, технологии, способа, приборов и т.д.).

2. *Проектирование от общего к частному*, предполагающее последовательность постановки задач и их решений в пространстве и во времени с указанием цели, а затем пути ее достижения (от комплекса – к объекту и его частям; от конечного нормативного допуска – к точности отдельных геодезических операций).

3. *Комплексность* проектирования, предусматривающая параллельность постановки задач и увязку решения различных вопросов – тесная увязка геодезического обеспечения с техническими проектами, их технологическими и строительными частями, проектами организации и производства строительных работ.

4. *Использование типовых проектов*, предназначенных для многократного использования, что ускоряет процесс проектирования, сокращает объем документации.

Геодезическая подготовка проекта. Строительство инженерных сооружений осуществляется по рабочим чертежам проекта, которые разрабатываются на основе всесторонних комплексных изысканий.

Основными документами проекта являются:

- генеральный план масштаба 1:500 – 1:2000;
- рабочие чертежи (1:500 и крупнее);
- проект вертикальной планировки (1:1000 – 1:2000);
- планы и продольные профили дорог, подземных коммуникаций, воздушных линий (масштабы: горизонтальный 1:2000 – 1:5000; вертикальный 1:200 – 1:500);
- схемы геодезического обоснования строительных площадок, чертежи центров закрепления пунктов геодезических сетей, ведомости координат и отметок;
- пояснительная записка.

Генеральный план представляет собой основной чертеж, выполненный на крупномасштабной топографической основе, на него нанесены все существующие и проектируемые здания и сооружения, указаны проектные координаты главных точек и отметки характерных плоскостей. Для сложных сооружений генплан дополняют чертежом разбивки главных осей.

Для выноса проекта сооружений на местность выполняют его геодезическую подготовку, которая включает в себя:

- а) аналитический расчет разбивочных элементов проекта;
- б) составление разбивочных чертежей с данными привязки главных и основных осей к пунктам геодезической основы;
- в) разработку проекта производства геодезических работ (ППГР) для сложных и уникальных зданий и сооружений.

Геодезическая подготовка зависит от способа проектирования сооружения. Существуют три способа: аналитический, графоаналитический, графический.

Аналитический способ – составление проекта путем расчета. Необходимые элементы выноса находят путем вычисления по известным координатам из решения обратной геодезической задачи.

Графоаналитический способ – более оперативен, часть исходных данных берется графически с плана, а остальные получают путем математических вычислений.

Графический способ – производится графическое определение координат всех точек, применяющихся при предварительной разбивке, а расстояние и дирекционные углы вычисляются. При графическом способе погрешности проектирования зависят от точности плана и его масштаба, составляют 0,2 мм в масштабе плана.

Аналитический расчет разбивочных элементов проекта. Для выноса проекта на местность все его геометрические элементы должны быть строго математически увязаны между собой и с имеющимися на площадке сооружениями.

При аналитическом расчете по проектным размерам и углам вычисляют координаты пересечений осей сооружений, проездов, красных линий застройки и, наоборот, по известным координатам, полученным из измерения на местности или снятым с карты (плана), находят расчетные значения длин линий и углов поворота. На трассах определяются элементы прямых и кривых, проектные высоты и уклоны. В опорных зданиях проверяют координаты углов точек. Главные разбивочные оси привязывают к пунктам геодезической основы.

Таким образом, при аналитическом расчете проекта решаются прямые и обратные геодезические задачи, задачи определения точек пересечения двух прямых, прямой и кривой, вычисление уравнений линий, параллельных и перпендикулярных к исходным линиям, вычисление координат центров круговых сооружений; расчеты главных элементов кривых и др.

Для контроля проектные координаты вычисляют по замкнутым полигонам и ходам между пунктами геодезической основы.

Привязкой проекта называют расчеты геодезических данных, по которым на местности разбивают главные оси сооружений. Привязка рассчитывается с гарантированным контролем. В зависимости от способа разбивки (полярный способ, прямоугольных координат, линейные или угловые засечки и т. д.) вычисляются линейные и угловые элементы выноса на местность осей зданий и сооружений.

3. ТРАССИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

3.1. Общие сведения о трассировании

Трасса – это ось проектируемого линейного сооружения, которая обозначена на местности или нанесена на топографическую карту, фотоплан или же задана координатами в цифровой модели местности.

Основными элементами трассы является план и продольный профиль.

План трассы – это проекция трассы на горизонтальную плоскость.

Продольный профиль – вертикальный разрез по проектируемой линии.

Трасса представляет собой сплошную пространственную линию. В плане эта линия состоит из участков разного направления.

В продольном профиле трасса состоит из линий различного уклона, соединенных между собой вертикальными кривыми.

Продольный профиль представляют двумя графиками:

- фактическим (черным);
- проектным (красным).

Продольный профиль имеет горизонтальный и вертикальный масштаб.

Для характеристики местности и самого линейного сооружения в направлениях перпендикулярно к трассе составляются поперечные профили (в одинаковом вертикальном и горизонтальном масштабах).

Параметры и правила трассирования. Трасса в зависимости от вида проектируемого сооружения должна удовлетворять определенным требованиям.

Для трасс задаются наибольшие и наименьшие продольные уклоны, минимальные радиусы горизонтальных и вертикальных кривых, а также задают габариты приближений – это отстояние линейных сооружений от земной поверхности.

При трассировании выделяют плановые и высотные параметры трассы.

Плановые параметры:

- углы поворота;
- радиусы горизонтальных кривых;
- длины переходных кривых;
- прямые вставки.

Высотные параметры:

- продольные уклоны;
- длины элементов в профиле;
- радиусы вертикальных кривых.

Для самотечных трубопроводов и каналов наиболее важно выдержать высотные параметры (особенно уклоны).

Для напорных трубопроводов, линий электропередач и связи уклоны мало влияют на проект трассы. В этом случае трассу проектируют наиболее короткой, расположенной в благоприятных условиях, то есть важнее выдержать плановые показатели.

Дорожные трассы требуют соблюдения как плановых, так и высотных параметров. Такие трассы должны удачно вписываться в ландшафт, а также трассу желательно располагать на землях, не имеющих народнохозяйственной ценности.

Проложение трассы в равнинных районах определяется контурными препятствиями, то есть ситуацией. При проектировании трассы стараются обходить контура и располагать вершины углов поворота приблизительно посередине контуры или препятствия.

В высотном отношении трассу ведут вольным ходом, то есть проектную линию ведут по характерным точкам местности вдоль намеченного направления.

Основные правила трассирования в равнинных районах:

1. Трассу прокладывают по прямолинейным участкам от одного контура к другому, стремясь незначительно удлинить её и уклонять от заданного направления (чем больше угол поворота, тем больше длина трассы).

2. Углы поворота стремятся иметь по возможности не более $30 - 45^\circ$, а оптимальные углы поворота $10 - 20^\circ$.

3. Длину прямой вставки рекомендуется оставлять не менее чем 200 метров, чтобы при необходимости осуществить разбивку переходных кривых.

4. В случае пересечения трассой водных препятствий и оврагов; ее проектируют приблизительно перпендикулярно к препятствию, а примыкание к существующим автомобильным и железнодорожным магистралям можно осуществить под любым углом, но к прямому участку магистрали.

Положение трассы в горных районах определяется высотными препятствиями, то есть рельефом. Так как уклоны в горной местности значительно превосходят допустимые значения, трассирование ведут «напряженным» ходом - это значит, что каждая линия задается предельным уклоном.

Чтобы выдержать этот уклон, требуется удлинять трассу, отклоняя ее на небольшие углы от заданного направления.

В плане горная трасса имеет сложнейшую конфигурацию, много углов поворота и короткие прямолинейные участки между ними.

Технология изысканий магистральных трасс. В процессе изысканий решаются следующие задачи:

а) выбор оптимального варианта трассы (благоприятные условия для проектирования, строительства и эксплуатации; обоснованность расходов);

б) сбор необходимых топографо-геодезических, инженерно-геологических, гидрологических и других данных для конечного составления проекта трассы.

При создании новых магистральных трасс различают три стадии проектирования.

На *предварительной стадии* производят технико-экономическое обоснование, которое выполняется в камеральных условиях по картографическим и фотоматериалам. На этой стадии выбирают параметры трассы, выбирается направление и намечаются начальные и конечные точки трассы. Весь этот процесс называют созданием так называемой «воздушной линии». На этой же стадии, придерживаясь заданного направления, намечают несколько вариантов трасс и производят их сравнение.

Работы ведут по топографическим картам масштаба 1:25000, 1:50000 (1:100000, если очень протяженная трасса), а продольный профиль строится в масштабе 1:10000, 1:25000.

Итогом предварительной стадии является составление технического задания.

Проектная стадия включает в себя выбор окончательного варианта трассы путем технико-экономического сравнения нескольких вариантов; выбор достоверных материалов для разработки проекта; составление технического проекта трассы и всех сооружений на ней; составление сметы на строительство. Именно на этой стадии проводится полевое обследование, аэровизуальная разведка и аэросъемка, если это необходимо, и геодезическая привязка трассы.

На *окончательной* стадии ведутся полевые изыскания, состоящие в установлении на местности точного положения трассы, а также на этой стадии ведется сбор точных и полных материалов о существующих пунктах геодезического обоснования и видах съемок, проведенных на данной территории. Составляется рабочий проект трассы, включающий рабочие чертежи всех сооружений.

3.2. Камеральное трассирование

Состав работ при камеральном трассировании следующий:

1. Проложение трассы на топографической карте (фотоплане).
2. Измерение углов поворота и подбор радиусов кривых
3. Вычисление основных элементов кривых.
4. Вычисление пикетажных значений главных точек кривых и разбивка пикетажа.
5. Составление ведомости углов поворота, прямых и кривых.
6. Составление плана и профилей трассы (продольного и поперечного).

Камеральное трассирование линейных сооружений можно выполнить способом попыток или способом построения линии заданного уклона.

Способ попыток применяется только в равнинной местности и заключается в следующем. Между фиксированными точками намечают по карте кратчайшую трассу и составляют по ней продольный профиль местности. Затем по продольному профилю выявляют участки, в которых целесообразно сдвинуть трассу влево или вправо, чтобы отметки местности ближе подходили к проектным отметкам. Измененные участки вновь трассируют и составляют новый улучшенный профиль.

Способ построения линии заданного уклона предполагает построение на топографической карте линии нулевых работ. Линия строится следующим образом: из начальной точки трассы, придерживаясь заданного направления, раствором циркуля, равным заложению, засекают ближайшую горизонталь. Из полученной точки засекают соседнюю горизонталь тем же раствором и так далее. При пересечении оврагов или рек вниз к тальвегу не спускаются, а переходят на другую сторону, стараются пересекать препятствия приблизительно перпендикулярно направлению реки или оврагу.

В местах, где расстояние между горизонталями больше принятого заложения, точки выбирают произвольно.

Заложение равно

$$l = \frac{h}{i_{mp}} \cdot \frac{1}{M} \quad (3.1)$$

Для карты масштаба 1:25000 с высотой сечения рельефа $h = 5 м$ и заданного проектного уклона трассы $i_{mp} = 0,020$ получим следующие значения заложений:

- на местности $L_M = 250 м$,

- на карте $L_K = 10 мм$.

Заложение необходимо для построения линии равных уклонов. Данная линия представляет собой ломаную, и называют ее линией «нулевых работ», так как именно по этой линии для соблюдения проектного уклона не надо будет делать ни выемок, ни насыпей.

На карте в заданном направлении можно построить несколько вариантов линии «нулевых работ». Она очень извилистая и поэтому производят ее спрямление. После спрямления на углах поворота разбивают круговые, переходные вертикальные кривые, а также пикетаж по трассе.

На топографической карте можно запроектировать несколько вариантов трасс (рис. 3.1), из которых затем выбирают окончательный вариант с наилучшими экономическими показателями и геологическими условиями.

По горизонталям определяют отметки пикетов и характерных точек и составляют продольный профиль трассы. На продольном профиле проектируют проектную «красную» линию, выполняют расчеты уклонов по каждому участку «красной» линии, вычисляют проектные отметки по бровке земляного полотна, расстояния до точек «нулевых работ» и их отметки.

Затем выполняются подсчет объема земляных работ; в тех местах, где получаются большие объемы земляных работ, трассу несколько смещают и перепроектируют данный участок.

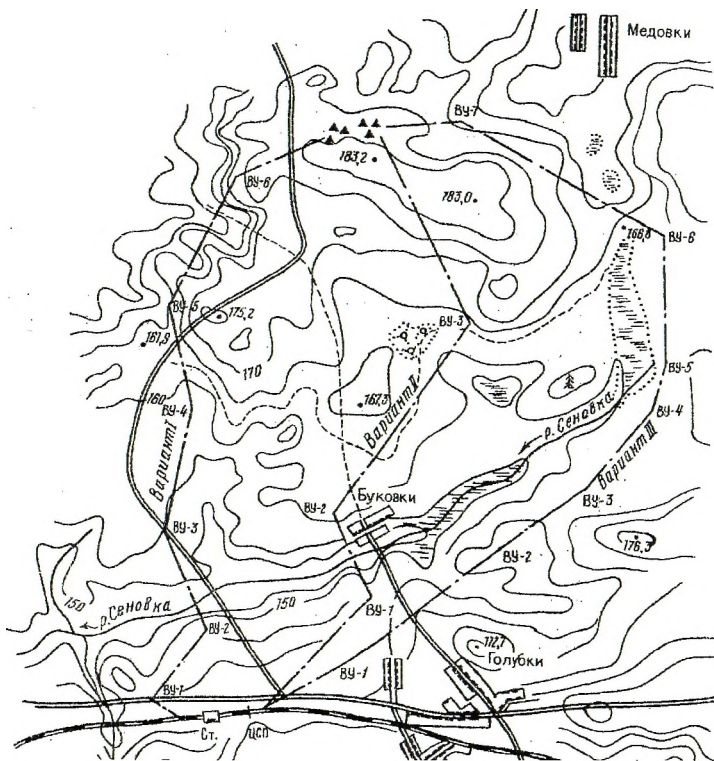


Рисунок 3.1 – Варианты трасс на топографической карте

Относительная погрешность определения на карте линии заданного уклона подсчитывается по формуле

$$\left(\frac{m_{i_{mp}}}{i_{mp}}\right)^2 = \left(\frac{m_h^2}{h}\right)^2 + \left(\frac{m_l}{l}\right)^2, \quad (3.2)$$

так как $\frac{m_l}{l} \ll \frac{m_h}{h}$, то $m_{i_{mp}} = \frac{m_h}{h} \cdot i_{mp}$.

Согласно требованиям инструкции средняя квадратическая ошибка взаимного положения горизонталей на карте $m_h = \frac{1}{5} h$, отсюда $m_{i_{mp}} = \frac{1}{5} i_{mp}$.

Если $i_{mp} = 0,020$, то будет соответствовать заданному уклону в пределах от 0,016 до 0,024.

Автоматизировать трассировочные работы позволяет программный комплекс CREDO, в котором на основе цифровой модели местности проектируют трассу линейного сооружения; осуществляют поиск оптимального варианта трассы; построение профилей и т.д.

3.3. Полевое трассирование

Полевое трассирование производится на окончательной стадии проектирования линейных сооружений и включает в себя следующие виды работ:

1. Вынесение проекта трассы в натуру. Вешение линий.
2. Проложение по трассе магистрального хода (измерение горизонтальных углов и расстояний). Определение углов поворота.
3. Разбивка пикетажа с ведением пикетажного журнала.
4. Разбивка кривых (круговых, переходных, вертикальных).
5. Нивелирование трассы.
6. Закрепление трассы.
7. Привязка трассы к пунктам геодезической основы.
8. Съёмочные работы.
9. Обработка полевого материала. Составление плана трассы, продольного и поперечных профилей.

Вынесение проекта трассы в натуру. Вешение линий. Проект трассы, разработанный в камеральных условиях, выносится на местность, по данным привязки углов поворота к пунктам геодезической основы или к ближайшим четким контурам местности.

На данном этапе работу начинают с тщательной рекогносцировки местности и выявления вблизи трассы геодезических пунктов или точек четких контуров.

Сначала выносят на местность углы поворота по данным их привязки, а затем в створе направлений между смежными углами поворота устанавливается ряд вех и обследуется намеченное направление.

В зависимости от того, как трасса пересекает водотоки, овраги, существующие магистрали и другие препятствия, иногда приходится смещать провешенную линию или передвигать углы поворота. Так поступают для того, чтобы более удобно разместить элементы плана и профиля трассы и обеспечить минимальный объем земляных работ.

Окончательное положение углов поворота закрепляют.

По трассе прокладывают **магистральный теодолитный ход**. В нём принято измерять правые по ходу горизонтальные углы одним приёмом с точностью 0,5, то есть техническим теодолитом (рис. 3.2).

Угол поворота θ образуется продолжением предыдущего и нового направлений трассы. В зависимости от положения угла относительно продолжения предыдущего направления трассы различают угол поворота вправо и угол поворота влево (рис.3.2). Для контроля угловых измерений одновременно определяют по буссоли магнитные азимуты сторон трассы.

Формулы для определения углов поворота:

$$\begin{aligned} \theta_{\text{пр}} &= 180^\circ - \beta, \\ \theta_{\text{лев}} &= \beta - 180^\circ. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Если расстояние между соседними вершинами гораздо больше 500 м, то устанавливаются створные точки, которые разбиваются при вешении линии через 100 метров.

Проверку правильности положения створной точки осуществляют отложением угла 180° при КЛ и КП теодолита.

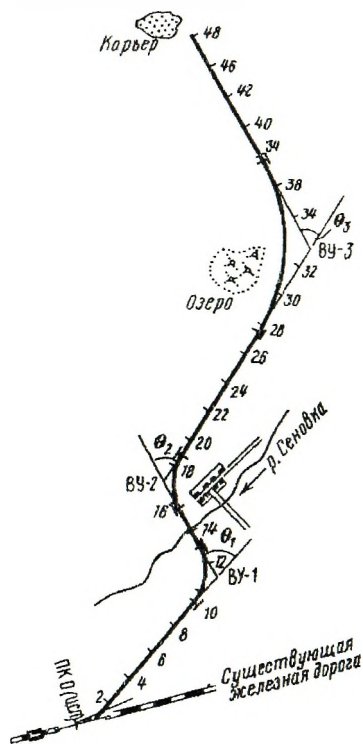


Рисунок 3.2 – Пример трассы с углами поворота и вписанными круговыми кривыми

Начало трассы принимают за нулевой пикет (ПК 0). В процессе разбивки пикетажа вводят поправки за наклон местности, но со знаком «плюс».

Разбивку пикетажа производят с помощью 5- 0 или 100- метровой ленты или рулетки.

Линейные измерения. При трассировании выполняется два вида линейных измерений:

1) измерение расстояний вместе с углами, по результатам измерений которых вычисляются координаты углов поворота.

Если углы наклона по трассе $>2^\circ$, то необходимо измерять вертикальные углы и вводить поправки за наклон в измеренное расстояние со знаком «минус».

Расстояния измеряют с точностью 1/1000 – 1/2000 в зависимости от условий местности с помощью светодальномеров, мерными приборами (рулеткой и т. п.);

2) измерение расстояний с целью разбивки пикетажа (отложение на местности 100-метровых отрезков), элементов кривых, профилей, а также для промеров до точек ситуации, расположенных вблизи трассы.

Кроме целых пикетов по трассе разбивают характерные или плюсовые точки.

К характерным точкам можно отнести рельефные точки - характерные перегибы рельефа (определяются с точностью до 1м), и контурные точки - это точки пересечения трассой сооружений, водотоков, границ угодий (определяются с точностью до 1 см).

Вместо введения поправки за наклон, при разбивке пикетажа можно применять *ватерласовку*, которая выполняется следующим образом: измерительный прибор укладывается примерно горизонтально, а приподнятый конец мерного прибора проецируется на землю с помощью нитяного отвеса. Мерный прибор следует поддерживать в середине, чтобы избежать провисания.

Разбивка пикетажа производится дважды: *первый раз* - при выносе на местность кривых и разбивке пикетажа и *второй раз* - в строительный период при восстановлении трассы.

Разбивка круговой кривой заключается в вынесении на местность главных точек круговой кривой: начала, середины и конца кривой (НК, СК, КК).

Основными элементами круговой кривой (рис.3.3) являются:

- 1) тангенс T - это участок касательной от вершины угла до начала или конца кривой;
- 2) кривая (длина кривой) K - расстояние по кривой от НК до КК через СК;
- 3) биссектриса B - участок биссектрисы угла от вершины до середины кривой;
- 4) домер D - это величина, на которую кривая короче, чем два тангенса.

Для определения основных элементов кривых и разбивки кривых на местности можно использовать формулы или таблицы Митина.

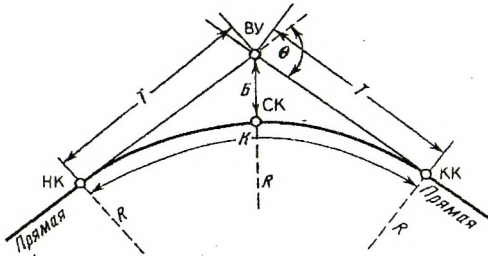


Рисунок 3.3 – Круговая кривая

Основные формулы:

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}$$

$$K = \frac{\pi \cdot R}{180^\circ} \cdot \theta^\circ \quad (3.4)$$

$$B = R \cdot \left(\sec \frac{\theta}{2} - 1 \right)$$

$$D = 2 \cdot T - K$$

Начало круговой кривой (НК) определяют на местности отложением величины тангенса T от вершины угла в сторону начала трассы, а при отложении тангенса по настреленную трассу получим конец круговой кривой (КК).

При отложении по биссектрисе измеренного угла величины B получим на местности середину круговой кривой (СК).

Вычисление пикетажных значений главных точек кривых начинают с вычисления пикетажа вершин углов поворота (ПК ВУ):

$$ПКВУ1 = \frac{S_{ПК0-ВУ1}}{100} = \frac{421,65 \text{ м}}{100} = ПК4 + 21,65 ;$$

$$ПКВУ2 = \frac{S_{ПК0-ВУ1} + S_{ВУ1-ВУ2} - D_1}{100} \text{ и т.д.}$$

При вычислении пикетажа 2-ой и последующих вершин углов поворота обязательно учитывают домеры предыдущих кривых.

Затем вычисляют пикетажные значения начала, середины и конца кривой по формулам:

$$\begin{aligned} ПКНК &= ПКВУ - T \\ ПКСК &= ПКНК + \frac{1}{2} K \\ ПККК &= ПКНК + K \end{aligned} \quad (3.5)$$

Контрольные формулы:

$$\begin{aligned} \text{ПКСК} &= \text{ПККК} - \frac{1}{2} K \\ \text{ПККК} &= \text{ПКВУ} + T - D \end{aligned} \quad (3.6)$$

Начало кривой на местности можно найти либо путем отложения от ближайшего закрепленного пикета расстояния, вычисленного по пикетажу либо путем отложения от ВУ в обратном направлении величины тангенса T .

Середину кривой находят на местности, откладывая расстояние, равное биссектрисе B по направлению половины угла по ходу трассы.

Учёт домера при разбивке пикетажа. При разбивке на местности конца круговой кривой от вершины угла в сторону продолжения трассы откладывают величину домера D и, считая, что конец домера имеет пикетажное значение вершины угла поворота, продолжают дальнейшую разбивку целых пикетов. В этом случае местоположение конца круговой кривой (КК) определяют от ближайшего пикета или отложив от вершины угла по направлению трассы величину тангенса T .

При разбивке пикетажа мерной лентой должна быть обеспечена предельная относительная погрешность линейных измерений для равнинной местности – 1:1000.

Одновременно с разбивкой пикетажа ведется пикетажный журнал (рис. 3.4) – это тетрадь в клетку. Посередине страницы вертикальной линией показывается ось трассы. На оси, в некотором масштабе (1 клетка – 20 метров), снизу вверх наносят все пикетные и плюсовые точки, вершины углов поворота, поперечные профили, границы препятствий и ситуации приблизительно на 50 м от оси.

В горных районах или населенных пунктах можно вместо пикетажного журнала составлять абрис. В этом случае не вытягивают ось трассы в прямую линию, а изображают ее ломаной. Стараются показать ось в соответствии с расположением на местности, и относительно ее показывают ситуацию.

Трасса должна быть надежно закреплена на местности, чтобы ее легко можно было найти и восстановить перед строительством. Все опорные пункты трассы, фиксированные точки, вершины углов поворота, створные точки, места перехода через крупные препятствия закрепляют деревянными или железобетонными столбами и составляют абрис их привязки к местным предметам. Пикеты и плюсовые точки закрепляют кольями со сторожками.

Разбивка пикетажа – работа трудоемкая и ответственная, поскольку именно к пикетажу привязывают все инженерно – геологические выработки по трассе, точки геофизической разведки и створы гидрометрических измерений.

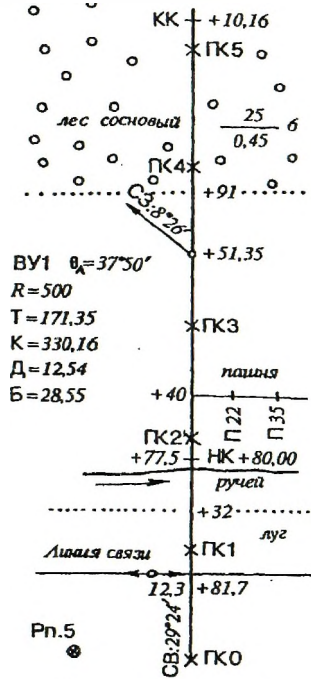


Рисунок 3.4 – Пример пикетажного журнала

Для более полной характеристики местности разбивают поперечные профили в обе стороны от трассы на расстоянии 15 – 30 метров и более.

Поперечные профили разбивают на таком расстоянии друг от друга, чтобы местность между ними имела однообразный уклон. Если уклон более чем 0,2 (200%) $\approx 11^\circ$, то в этом случае продольные профили разбивают на всех пикетажных и всех плюсовых точках.

Детальная разбивка круговых кривых. При вынесении на местность круговых кривых необходимо всю длину кривой разбить на равные отрезки такой длины, чтобы можно было принять дугу за кривую.

Чем больше радиус R круговой кривой, тем больше интервал разбивки.

При $R \geq 500\text{ м}$ интервал разбивки k равен 20 м, при $100\text{ м} < R < 500\text{ м}$ равен 10 м, при $R < 100\text{ м}$ равен 5 м.

Существует ряд способов детальной разбивки кривых. Наиболее распространенными из них являются способ прямоугольных координат, углов (или полярных координат), продольных хорд, хорд (секущих), вписанного многоугольника.

Точность детальной разбивки кривых зависит от точности выполнения элементарных разбивочных операций, таких как построение проектных углов и расстояний.

Способ прямоугольных координат (рис. 3.5). В этом способе положение точек 1, 2, 3, ... на кривой через равные промежутки k определяется прямоугольными координатами $x_1, y_1, x_2, y_2, \dots$, при этом за ось абсцисс принимают линию тангенса, а за начало координат – начало (НК) и конец кривой (КК).

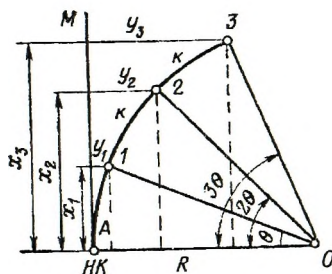


Рисунок 3.5 – Схема разбивки кривой способом прямоугольных координат

Основные формулы:

$$x_i = R \cdot \sin \theta,$$

$$y_i = R \cdot (1 - \cos \theta) = 2 \sin^2 \frac{\theta}{2},$$

$$\text{где угол } \theta = \frac{180^\circ \cdot k}{\pi \cdot R}.$$

От начала кривой по тангенсу в сторону вершины угла откладывается соответствующая вычисленная абсцисса x . В конце отложенного расстояния строится угол, равный 90° и по полученному направлению откладывается ордината y . Разбивка ведется от начала и от конца кривой к середине, что повышает точность разбивки.

Способ прямоугольных координат применяется при выносе пикетов на кривую, при выполнении съемочных и разбивочных работ.

Достоинство способа заключается в том, что каждая точка кривой определяется независимыми промерами и при переходе от одной определяемой точки к другой погрешности не накапливаются.

Способ углов (рис. 3.6). В этом способе используется математическое положение: углы с вершиной в какой-либо точке круговой кривой, образованные касательной и секущей и заключающие одинаковые дуги, равны половине соответствующего угла.

При разбивке в начале кривой устанавливают теодолит и от линии тангенса задают угол, равный $\frac{\theta}{2}$, а расстояние b (длину хорды) откладывают вдоль полученного направления. Найденную точку закрепляют. От того же направления теодолитом строят второй угол, равный θ . От точки B откладывают следующую длину хорды b так, чтобы ее конец лежал в коллимационной плоскости теодолита, фиксируя на местности точку C кривой и т.д.

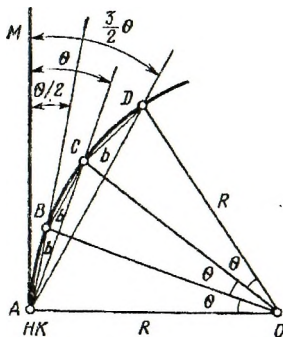


Рисунок 3.6 – Схема разбивки кривой способом углов

Основная формула:

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{b}{2R},$$

где b – длина хорды (шаг разбивки – 5, 10, 20 м).

Недостаток способа заключается в том, что каждая последующая точка определяется относительно предыдущей и с возрастанием длины кривой точность детали разбивки быстро падает.

Способ продолженных хорд (рис. 3.7). Разбивку кривой этим способом ведут без теодолита. В основу положен способ линейных засечек. По радиусу R и принятой длине хорды находят отрезки d и y , называемые промежуточным и крайним перемещениям.

Основные формулы:

$$y = \frac{b^2}{2R},$$

$$d = 2y = \frac{b^2}{R},$$

где b – длина хорды.

Положение первой разбивочной точки B можно определить способом прямоугольных координат или с отрезка тангенса $AN = b$ линейной засечкой радиусами-векторами $AB = b$ и $NB = y$. Закрепив точку B , на продолжении створа AB откладывают длину хорды b и отрезками $C'C = d$ и $BC' = b$ засекают на кривой точку C и т.д.

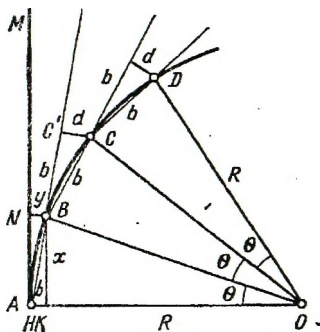


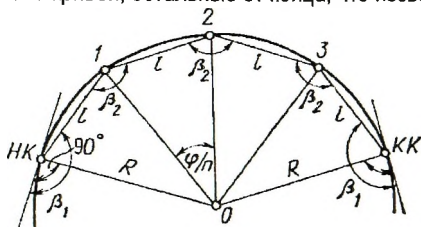
Рисунок 3.7 – Схема разбивки кривой способом продолженных хорд

Точность данного способа не высока, его используют при разбивке коротких кривых. Недостаток способа тот же, что и у предыдущего. Применяется этот способ в стесненных условиях (в насыпи, выемке, в шахте) при невысокой точности разбивки.

Способ вписанного многоугольника (рис. 3.8). Точки на кривой через равные промежутки определяются путем последовательного отложения хорды l и угла между соседними хордами β_2 .

Местоположение точки 1 на кривой определяют способом прямоугольных координат или углов. В ней устанавливают теодолит и строят угол, равный β_2 . Вдоль направления $HK-1$ откладывают хорду l , определяя на кривой точку 2, в которую переносят теодолит.

В точке 2 производят такие же построения. В данном способе часть точек разбивают от начала кривой, остальные от конца, что позволяет повысить точность.



Основные формулы:

$$l = 2R \cdot \sin \frac{\varphi}{2}$$

$$\beta_2 = 180^\circ - \varphi,$$

$$\text{где } \sin \frac{\varphi}{2} = k \cdot 2R.$$

Рисунок 3.8 – Схема разбивки кривой способом вписанного многоугольника

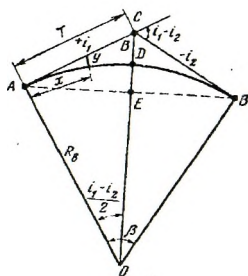
Благодаря высокой точности линейных и угловых измерений используется способ разбивки кривых в тоннелестроении, а также для выноса в натуру осей сооружений, имеющих в сечении окружность или многоугольник.

Переходные кривые. Для уменьшения вредного влияния центробежной силы и обеспечения плавности движения при переходе с прямого участка пути на кривую их сопряжение осуществляется при помощи *переходной кривой*. Главной особенностью переходной кривой является ее радиус, который плавно изменяется от бесконечности в начале кривой до радиуса круговой кривой. Переходные кривые на автомобильных и железных дорогах, как правило, разбивают по формулам клотоидной кривой.

В пределах переходной кривой делают односкатный поперечный профиль (вираж) с наклоном к центру кривой на автомобильных дорогах или поднимают наружный рельс над внутренним (на железнодорожных линиях).

При вставке переходных кривых круговая кривая с каждого конца укорачивается на величину, равную половине длины переходной кривой. Радиус круговой кривой уменьшается на величину ρ , угол поворота уменьшается на величину, равную 2φ .

Вертикальные кривые. При проектировании трассы на переломах продольного профиля разбивают вертикальные кривые (рис. 3.9). В их качестве могут выступать круговые кривые с большими радиусами.



Основные элементы вертикальной кривой:

$$K_B = R_B \cdot \beta;$$

$$T_B = R_B \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2};$$

$$E_B = \sqrt{T_B^2 + R_B^2} \approx \frac{T_B^2}{2R_B},$$

$$\text{где } \beta = \arctg(i_1 - i_2).$$

Рисунок 3.9 – Вертикальная кривая

Детальную разбивку любой вертикальной кривой производят способом прямоугольных координат. Разбивку ведут через 10 метров. Абсциссы x определяют по пикетажу от начала вертикальной кривой, а ординаты y вычисляют по формуле $y = \frac{x^2}{2R_B}$ и вводят в проектные высоты продольного профиля, прибавляя их в случае вогнутой кривой и вычитая при выпуклой кривой. Для разбивки вертикальных кривых также могут быть использованы таблицы.

Нивелирование трассы. По пикетажным точкам и поперечным профилям, а также по установленным вдоль трассы постоянным и временным реперам производят техническое нивелирование.

Постоянные реперы устанавливают при закреплении трассы через каждые 20 – 30 км, а также в местах пересечения трассы существующих магистралей, вблизи переходов через крупные реки и горные препятствия, в населенных пунктах, на площадках станций. Дополнительно устанавливают временные реперы на расстоянии 2-3 км друг от друга, их закрепляют деревянными столбами. Все реперы должны располагаться вне зоны земляных работ. На каждый из них составляют абрис с привязкой к пикетажу трассы и к местным предметам.

Техническое нивелирование для повышения качества производят в два нивелира, то есть двумя бригадами. Первым прибором нивелируют пикетажные и плюсовые точки, геологические выработки, временные и постоянные реперы. Вторым нивелируют только реперы, связующие точки, а также поперечные профили. Километровые пикеты и реперы обязательно нивелируют как связующие точки обоими приборами.

Одиночное нивелирование вдоль трассы разрешается при длине трассы не более 50 км. При нивелировании соблюдаются следующие требования:

- расстояние от нивелира до рейки 100-150 м (при благоприятных условиях может быть до 200 метров);
- нивелирование выполняется по двухсторонним рейкам;
- если нивелирование ведется по связующим точкам через два пикета, то остальные пикеты определяются как промежуточные при одном взгляде на рейку (вычисление отметок этих точек ведется через горизонт инструмента).

Точность технического нивелирования по основной магистрали характеризуется невязкой замкнутого полигона или одиночного хода между исходными пунктами равной $f_{\text{пред}} = 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{L_{\text{км}}}$ (например, для автомобильных дорог, согласно ведомственной инструкции, $f_{\text{пред}} = 30 \text{ мм} \cdot \sqrt{L_{\text{км}}}$).

Съемочные работы. При полевом трассировании производят крупномасштабную (1:500, 1:1000, 1:2000) топографическую съемку для отдельных участков трассы.

Для съемки могут быть применены тахеометрическая и наземная стереофотограмметрическая съемки, а также метод лазерного сканирования.

Съемку ведут узкой полосой вдоль трассы 20-40 м по обе стороны от оси трассы, максимальная ширина может составлять 150 -200 метров.

Привязка трассы к пунктам геодезического обоснования необходима для вычисления координат углов поворота, определения абсолютных отметок точек, а также для контроля работ и повышения точности. Привязку к пунктам триангуляции или полигонометрии и к реперам нивелирной сети обязательно выполняют в начале, в конце и по всей трассе через определенные промежутки (через 20-30 км).

Точность геодезических работ по привязке должна быть не ниже точности геодезических работ при проложении трассы.

Для того чтобы обеспечить необходимую точность изыскательских работ, необходимо, чтобы погрешности в определении высот пунктов не были более 10 см относительно реперов государственной геодезической сети. Предельные невязки нивелирных ходов не должны превышать ± 20 см.

Камеральная обработка полевых материалов выполняется по мере продвижения работ по трассе, составляются планы трассы, продольные и поперечные профили на отдельных участках.

Для каждого вида трубопровода установлена типовая сетка чертежа профиля. Примеры продольных профилей для трубопровода и канализации приведены на рисунках 3.10 и 3.11.

4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И УКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДОВ

4.1. Классификация трубопроводов

К подземным коммуникациям относятся такие прокладки в грунте, как трубопроводы (самотечные и напорные), кабельные сети, коллекторы. Подземные коммуникации прокладывают не ближе 2–3 м (кабели до 0,5 м) от фундаментов зданий.

Трубопроводы – это сети водопровода, канализации, газоснабжения, теплофикации, водостока, дренажа, нефте- и газопроводы и другие прокладки, предназначенные для транспортирования различного содержимого по трубам. Самотечные трубопроводы предназначены для отвода сточных вод к очистным сооружениям (промышленная и бытовая канализация) и атмосферной воды в водоемы (ливневая канализация, дренаж). Напорные трубопроводы транспортируют под давлением жидкостные и газовые продукты.

Магистральные трубопроводы – это сооружения, предназначенные для транспортирования на дальние расстояния нефти, газа и воды. В их состав входят:

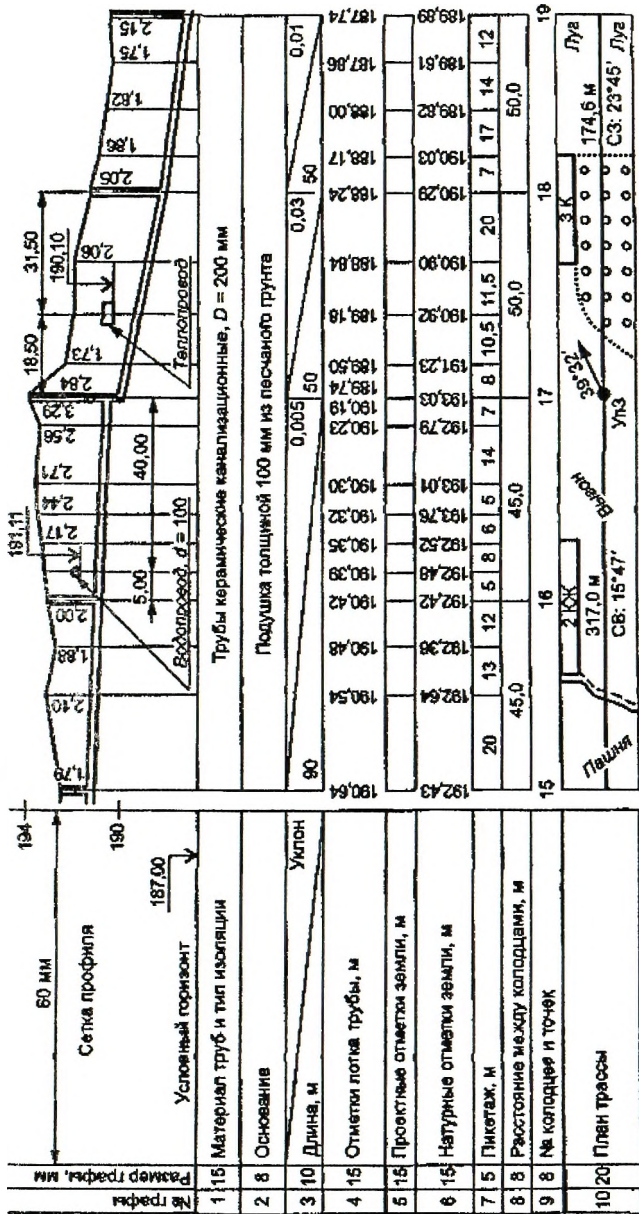
- 1) подводящие трубопроводы или ответвления местного значения;
- 2) головные сооружения (насосные и компрессорные станции);
- 3) промежуточные станции (по трассе через 80–100 км);
- 4) линейные сооружения – трубопроводы диаметром $d = 500–2000$ мм с колодцами через 5–10 км и переходами через водные препятствия, дороги и др.

Вдоль трассы трубопровода для удобства эксплуатации прокладывают телефонную линию и грунтовую дорогу.

Коллекторы представляют собой подземные сооружения круглого или прямоугольного сечения сравнительно большого размера (от 1,8 до 3,0 м²). В них прокладывают одновременно трубопроводы и кабели различного назначения.

Водопровод обеспечивает питьевые, хозяйственные, производственные и пожарные нужды и состоит из водопроводных станций и водоразводящих сетей, которые делятся на магистральные и распределительные. Магистральная сеть (диаметры труб 400–900 мм) обеспечивает водой целые районы, а отходящая от нее распределительная сеть подает воду к домам и промышленным предприятиям. Трубы этой сети имеют диаметр 200–400 мм. Водопровод укладывается ниже глубины промерзания грунта. Для регулирования работы водопроводных сетей на них устанавливают арматуру – задвижки, выпуски, краны и др. Для доступа к арматуре устраивают примерно через каждые 100 м смотровые колодцы.

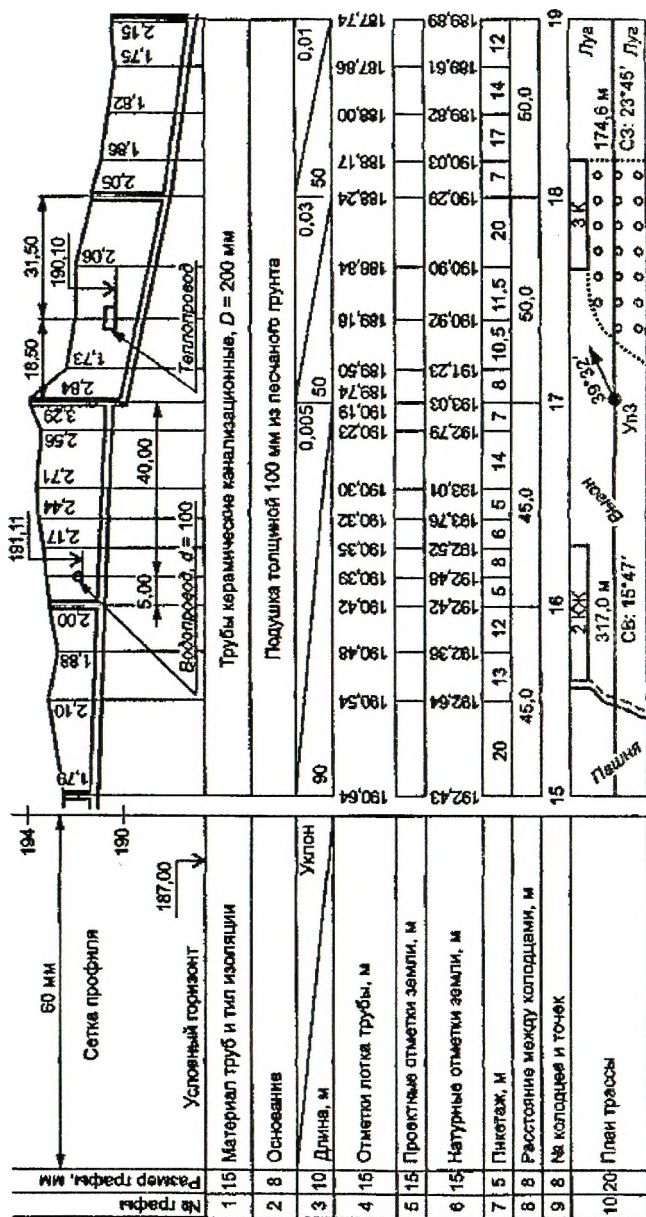
Продольный профиль канализации



Масштабы: горизонтальный 1:1000
вертикальный 1:100

Рисунок 3.10 – Пример проектного профиля канализации

Продольный профиль трассы трубопровода



Масштабы: горизонтальный 1:5000

вертикальный 1:200

Рисунок 3.11 – Пример проектного профиля трассы трубопровода критического уклона

Канализация обеспечивает удаление сточных и загрязненных вод на очистные сооружения и далее в ближайшие водоемы. Канализационная сеть состоит из чугунных и железобетонных труб, смотровых и перепадных колодцев, станций перекачки для пониженных частей застройки и других сооружений. Диаметры труб колеблются от 150 до 400 мм.

Водостоками отводят дождевые и талые воды, а также условно чистые воды (от мытья и поливки улиц). Водосточная сеть состоит из труб, дождеприемных и перепадных колодцев, выпусков в водоемы и овраги. К водосточным колодцам присоединяют водосточные трубы зданий. Для водосточной сети применяют асбестоцементные и железобетонные трубы диаметром до 3,5 м.

4.2. Особенности проектирования трубопроводов

Уклоны трубопровода малого диаметра проектируют приблизительно параллельно существующему рельефу местности, поэтому для правильного определения длины трубопровода пикетаж разбивают по наклонной местности. По наклонным расстояниям составляют и продольный профиль. План трассы строят по горизонтальному положению линий.

Трубопроводы большого диаметра проектируют в плане и в профиле по расчетным параметрам и уже не параллельно уклону местности. Поэтому пикетаж разбивается по горизонтальным проложениям.

Радиус горизонтальных кривых (круговых и переходных) назначают из условия $R(m) \geq 0,9 d_n$ (мм); где d_n – наружный диаметр трубопровода в миллиметрах.

Исходным этапом при изысканиях трубопровода является определение на местности местоположения начальных и конечных пунктов транспортировки.

После выбора начальных и конечных пунктов приступают к изысканиям кратчайшей трассы трубопровода, удовлетворяющей техническим требованиям и имеющей минимальные затраты на строительство.

Уклон труб самотечных сетей должен отвечать требованиям нормального пропуска сточных вод без засорения и закупорки труб: минимальные уклоны 0,005–0,008 в зависимости от диаметра трубы, скорости потока и расстояния между колодцами.

Глубина укладки труб водопровода рассчитывается до низа трубы (ниже глубины промерзания грунта на 0,2–0,5 м). На территории РБ глубина промерзания грунта может достигать 0,8–1 м. В местах под дорогами с интенсивным движением тяжелого транспорта трубы заглубляют не меньше чем на 1 м.

Глубина укладки труб канализации. Глубина закладки коллекторов выбирается на основе анализа рельефа территории будущей застройки и должна обеспечивать необходимые уклоны внутри дворовой и заводской канализационной сети. Глубину заложения лотка труб принимают не меньше глубины наибольшего промерзания грунта: при $d < 500$ – 0,3 м; для труб диаметром $d > 600$ – 0,5 м, но не меньше чем на 0,7 м от земной поверхности до верха керамической трубы. Почти на всей территории Беларуси канализация должна располагаться не ближе 0,7 м к земной поверхности.

При прокладке подземных коммуникаций необходимо руководствоваться нормативными расстояниями между ними.

Особенности трассирования. Первоначально варианты трассы намечают по топографической карте или плане, стремятся приблизить трассу к уже имеющимся железным и автомобильным дорогам. При камеральном трассировании *точность определения расстояний и координат* составляет в среднем 0,5 мм на плане, т.е. зависит от масштаба плана. *Погрешность определения высотного положения (отметки)* относительно горизонталей зависит от неровностей рельефа и величины углов наклона местности: составит $1/8 h$ при углах наклона до 2° и $1/6 h$ – свыше, где h – высота сечения рельефа.

Для проектирования магистральных трубопроводов применяют аэрофотосъемку масштаба 1:10000 – 1:2000, развивают геодезическое обоснование и выполняют плано-высотную привязку и дешифрирование снимков. Одновременно проводится инженерно-геологическая съемка, с целью выявления заболоченных, засоленных или загрязненных сточными водами участков. По фотопланам масштаба 1:5000 – 1:10000 и по материалам геодезической съемки намечают наиболее выгодную трассу.

На полевом этапе изысканий уточняют положение трассы на местности и закрепляют ее основные точки, выбирают место переходов и площадки станций. Трассу располагают вдоль участков со спокойным рельефом и грунтами, легко поддающимися разработке, учитывают коррозию грунтов и уровень грунтовых вод.

Лучше всего трубопровод располагать по пологому водоразделу параллельно проезжим дорогам с углами поворота до 30° .

Для составления рабочих чертежей проводится полевое трассирование с измерением и закреплением углов поворота, разбивкой и нивелированием пикетажа, съемкой пересечений и переходов.

Геодезическая основа для изысканий и строительства. Съемочные и разбивочные плановые сети могут быть созданы методами триангуляции, полигонометрии, теодолитными ходами, спутниковыми методами. Плановые геодезические знаки являются одновременно и реперами высотной сети, отметки которых определяют из геометрического нивелирования IV класса. Трассу трубопровода закрепляют на местности: на незастроенной местности – деревянными колышками, на асфальте – открасками или коваными гвоздями, на бетоне – метками, за пределами трассы створными знаками. В процессе строительства все пикетные точки трассы уничтожаются, поэтому положение оси трассы проверяется промерами от створных знаков.

Наземная *топографическая съемка* участков трубопровода, площадок головных и промежуточных станций выполняется в масштабах 1:500 – 1:1000 с $h=0,5$ м, в этих масштабах составляют и планы съемки. В основном, сегодня применяется тахеометрическая съемка.

4.3. Геодезическое обеспечение выноса на местность и закладки трубопроводов

В комплекс геодезических работ по прокладке трасс подземных коммуникаций входят:

- создание разбивочной сети;
- перенесение в натуру и закрепление соответствующими знаками осей трасс и отдельных сооружений на них;
- контроль при открытии траншей, укладке труб, устройстве колодцев и т. д.;
- исполнительная съемка трасс, вводов, колодцев, аварийных выпусков и т. д.

В комплекс геодезических работ при прокладке трасс подземных коммуникаций, выполняемых геодезической службой, входят: приемка в натуру и по акту от заказчика закрепленных соответствующими знаками трасс и отдельных сооружений на них (начальных, конечных и основных промежуточных точек, углов поворота и других характерных точек трассы); детальный вынос в натуру осей трасс; наблюдение за отметками при открытии траншей, укладке труб, устройстве колодцев и др.; исполнительная съемка трасс, вводов, колодцев, аварийных выпусков и артезианских колодцев.

Исходной проектной документацией для производства геодезических работ при прокладке подземных коммуникаций являются: генеральный план застройки участка; рабочие чертежи, на которых показаны красные линии и линии застройки; оси проектируемых зданий и сооружений; координаты углов поворота и пересечения трасс, координаты центров колодцев и других наружных частей сооружения; расстояния между отдельными элементами коммуникаций; привязки трасс к опорной сети, зданиям и сооружениям; уклоны между смежными колодцами; отметки дна лотков и верха колодцев; профиль трассы. В необходимых случаях привлекают дополнительные проектные материалы и исполнительные чертежи ранее проложенных коммуникаций.

Перенесению в натуру проекта должно предшествовать создание разбивочного обоснования. Плановое обоснование представляет собой сеть теодолитных ходов, проложенных между пунктами опорной сети. На площади до 2,5 км² теодолитные ходы могут образовывать самостоятельную опорную сеть. Требования к их точности зависят от масштаба съемки, сведения приведены в табл. 4.1.

Если условия местности затрудняют проведение линейных измерений, то при отсутствии соответствующей точности дальномеров теодолитные ходы могут быть заменены триангуляцией. Ее развивают в виде несложных систем треугольников, геодезических четырехугольников, центральных систем или цепочек треугольников между сторонами или пунктами сетей высшего класса. Стороны не должны превышать 150 м, базисные стороны определяют с относительной погрешностью не ниже 1/5000, углы измеряют с точностью 30'.

Таблица 4.1 – Точностные характеристики планового обоснования

Характеристика ходов	Масштаб съемки	
	1:500	1:1000
Предельная относительная погрешность ходов:		
1 разряд	1/2000	1/2000
2 разряд	1/1000	1/1000
Длина ходов между исходными пунктами, м:		
1 разряд	600	1200
2 разряд	300	500
Расстояние между узловыми точками или между узловой точкой и исходным пунктом в системе теодолитных ходов, м:		
1 разряд	400	800
2 разряд	100	200
Максимальная удаленность узловых точек от исходных пунктов, м	700	1000
Длина висячих ходов, м:		
на застроенной территории	100	150
на незастроенной территории	150	200
Длина линий в ходах, м		
максимальная	350	
минимальная на застроенной территории	20	
минимальная на незастроенной территории	40	
Максимальное число углов в ходах:		
1 разряд	15	
2 разряд	8	
висячих	3	
Средняя квадратическая погрешность изменения угла, угл. с	30	
Расхождение между результатами прямого и обратного измерений линии:		
1 разряд	1/2000	
2 разряд	1/1000	
Предельная угловая невязка хода (n — число углов), угл. мин	$f_{\beta} = 1 \sqrt{n}$	

Отдельные точки съемочного обоснования определяют засечками при условии, что точность их координат будет не ниже, чем точность координат, получаемых при приложении теодолитного хода. Для перенесения в натуру элементов подземных сетей на застроенной территории рационально создавать постоянное обоснование. Точками его могут служить углы капитальных зданий (выше цоколя здания) и центры крышек колодцев, расположенных как на тротуаре, так и в непосредственной близости от бортового камня, но так, чтобы между ними была взаимная видимость. Колодцы, используемые в качестве пунктов съемочного обоснования, выбирают на местах, удобных для производства съемок, но не реже чем через 300 м.

Координаты пунктов постоянного геодезического обоснования определяют проложением теодолитных ходов между пунктами опорной сети с точностью не ниже $1/2000$. Координаты углов зданий можно определять полярным способом.

Теодолитные ходы прокладывают вдоль трасс строящихся коммуникаций с учетом удобства выполнения разбивочных работ и обеспечения их максимальной сохранности. Если теодолитные ходы являются самостоятельной опорной сетью, то пятую часть пунктов закрепляют грунтовыми центрами. На застроенной территории закладывают стенные знаки. На заложенные центры и знаки составляют альбом привязок к местным предметам.

Высотной основой для перенесения в натуру проектов подземных коммуникаций являются грунтовые и стенные реперы государственного нивелирования II, III, IV классов. Высотное обоснование на участках закладки подземных коммуникаций создают путем проложения системы ходов (отдельных ходов, системы ходов и замкнутых полигонов), опирающихся на марки и реперы нивелирования II, III и IV классов.

Схема и точность создания высотного обоснования зависят от характера прокладываемых коммуникаций, наличия в районе работ пунктов государственной нивелирной сети, от имеющихся капитальных сооружений и других факторов. При отсутствии пунктов государственной сети прокладывают ходы нивелирования IV класса.

Точность создания высотного обоснования, как правило, зависит от величины уклона самотечных сетей на участке строительства. Если уклоны самотечных линий не меньше $0,001$, то создают нивелирную сеть IV класса, если меньше $0,001$, то создают нивелирную сеть III класса.

Расстояние между смежными реперами выбирают из расчета передачи отметок на точки трассы при одной установке нивелира. При недостаточной густоте пунктов геодезического обоснования вдоль трассы закладывают постоянные или временные реперы, отметки которых определяют нивелированием не ниже IV класса точности. Характеристики ходов и сетей нивелирования различных классов точности приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 – Точностные характеристики высотного обоснования

Характеристика ходов и сетей	Класс нивелирования		
	III	IV	техническое
Длина ходов нивелирования, км: между исходными пунктами (длина полигона) между исходными пунктами и узловой точкой между узловыми точками	15	5	2–8–16*
	7	3	1,5-6-12*
	5	3	1-4–8*
Средняя квадратическая погрешность на 1 км хода, мм	5	10	25
Максимальная длина визирного луча на станции, мм	75-100	100-150	150-200
Допустимое расхождение между превышениями на станции, мм	2	5	5(10)
Допустимая невязка хода, мм: по длине хода L , км по числу станций n .	$10\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$	$50\sqrt{L}$
	—	—	$10\sqrt{n}$

* Длина хода для съемки с высотой сечения рельефа 0,25, 0,5, 1 м и более.

Вынос на местность оси трубопровода осуществляется способами полярных координат, прямоугольных координат, линейных и угловых засечек с точек геодезической разбивочной сети или от существующей застройки. Вынесенные точки обязательно привязывают промерами расстояний до постоянных предметов местности и составляют чертежи привязок.

Перенесению в натуру подлежат: начальные, конечные и промежуточные точки трассы, углы поворота, характерные точки трассы, места подключений и присоединений, колодцы, камеры, а для совмещенных прокладок — дополнительно ось основной сети. Обязательному перенесению подлежат места пересечения с другими коммуникациями.

На прямолинейных участках трасс точки выносят и в натуре не реже чем через 100 м, т.е. разбивают и закрепляют на местности пикеты.

Перенесение в натуре проектов подземных коммуникаций заключается в определении на местности, относительно пунктов геодезической сети, проектного положения элементов коммуникаций в плане и по высоте.

Вынос в натуре проекта трасс подземных коммуникаций выполняют в такой последовательности:

- разбивка основных осей трассы;
- разбивка смотровых колодцев, центров опор, вводов в здания и других коммуникаций;
- контроль разбивочных работ в плане и по высоте.

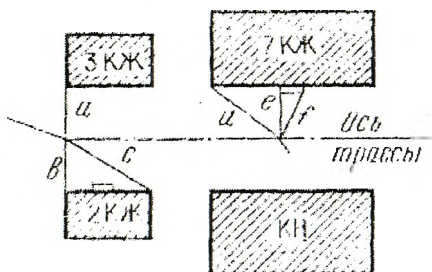
Для осуществления выноса в натуре составляют разбивочный чертеж, на котором показывают: оси и размеры проектных трасс, пункты опорной сети, элементы привязки трассы к существующей застройке, пунктам опорной сети.

Разбивочный чертеж для отдельной нити коммуникаций составляют на основе генерального плана и продольного профиля. На него наносят ближайшие пункты геодезического разбивочного обоснования, относительно которых указывают положение выносимого в натуре участка коммуникаций с углами поворота трассы, пикетами, колодцами. Около узловых колодцев на чертеже выписывают их координаты, а между колодцами – расстояния.

Для составления разбивочного чертежа необходимы: координаты и отметки точек опорной геодезической сети на район трассы; координаты точек начала и конца трассы, вершин ее углов поворота; длины прямых участков трассы; элементы привязки. Элементы привязки, т. е. углы, длины линий, превышения, подлежащие отложению на местности, получают на этапе подготовительных работ.

Выбор способа расчета элементов привязки для перенесения в натуру зависит от характера застройки, протяженности трассы, заданной точности и наличия точек опорной сети и геодезического обоснования.

Если трасса имеет большое число поворотных точек, то удобен графический способ. В этом способе в качестве данных для перенесения трасс в натуру используют угловые и линейные величины, непосредственно полученные с топографического плана, взятого для проектирования.



В качестве исходных контуров на застроенной территории используют углы и выступы капитальных зданий, точки вдоль фасадов зданий и др. (рис. 4.1). Линейные промеры берут только от контуров, снятых с помощью геодезических приборов.

Рисунок 4.1 – Схема разбивки трассы от четких контуров линейными засечками

Точность перенесения проекта трассы этим способом зависит от масштаба плана, точности нанесения самой трассы на план, определения на плане неизвестных элементов, деформации плана и составляет около 0,2–0,3 мм в масштабе плана.

При отсутствии четких контуров вблизи трассы прокладывают теодолитный ход таким образом, чтобы после его нанесения на план (по координатам) точки трассы могли быть перенесены в натуру с помощью угловых и линейных измерений.

Аналитический способ применяют тогда, когда на участке сохранилось недостаточное число геодезических пунктов и проектные точки удалены от них на большие расстояния. Но этот способ связан с большим объемом вычислительных работ, поэтому при достаточно плотной сети пунктов геодезического обоснования, когда расстояния до проектных точек не превышают 300 м, данные для перенесения проекта на местность можно определять графически по плану.

При аналитическом способе вынос в натуру осуществляют от опорных сетей, красных линий, точек теодолитных ходов, от оси проезда или строительной сетки. При наличии закрепленных в натуре осей проездов или красных линий перенесение производят непосредственно от них.

Необходимые данные для перенесения трассы — полярные расстояния и углы поворота вычисляют по координатам точек поворота трассы и геодезической основы. Промежуточные точки выносят как створные. Дирекционные углы и длины сторон между точками поворота вычисляют по координатам, полученным графически.

Перенесение отрезков линий в натуру должно быть осуществлено с относительной ошибкой не более 1/2000.

При построении на местности отрезков заданной длины, полученной по координатам или непосредственно взятой с плана, в нее вводят поправки за наклон Δh , температуру Δt и компарирование Δk .

Поправки за наклон линии и температуру определяют по формулам:

$$\Delta h = h^2/2l; \quad \Delta t = -\alpha t_0 (t-t_0),$$

где h – превышение между концами мерного прибора; l – длина мерного прибора; α – коэффициент линейного расширения; t_0 – длина мерного прибора при температуре компарирования.

При пользовании стальными мерными приборами используют формулу

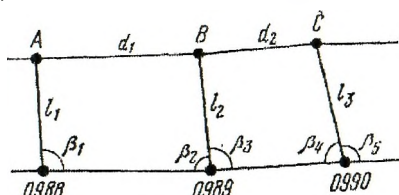
$$\Delta h = -0,0000125 l (t-t_0).$$

Значение Δk определяют по результатам компарирования. При построении проектного отрезка поправку за компарирование вводят с обратным знаком.

Геодезические работы по перенесению проекта подземных сетей на местность начинают с выноса точек поворота продольной оси прокладки.

Перенесение в натуру осуществляют полярным способом, способом линейных или створных засечек и способом перпендикуляров. Полярный способ применяют при разбивках на открытой местности, где возможно производство угловых и линейных измерений с одной точки стояния прибора (рис. 4.2), и наличии элементов привязки, полученных аналитическим способом.

При выносе точек трассы, близко расположенной к пунктам опорной сети, съемочному обоснованию или капитальной застройке, рекомендуют способ линейных засечек. При этом длина стороны засечки не должна быть более длины мерного прибора, число засечек — не менее трех, углы при вершине засечки — в пределах от 30 до 120°. При достаточном числе точек с известными координатами может быть применен способ створных засечек.



0988, 0990 – точки теодолитного хода; A, B, C – точки трассы коммуникации;
 l_i, β_i – откладываемые в натуру расстояния и углы; d_i – контрольные замеры

Рисунок 4.2 – Схема перенесения трассы в натуру полярным способом

Способ перпендикуляров применяют в случае, когда трасса проходит вдоль теодолитного хода съемочного обоснования или створной линии. Длина перпендикуляра не должна превышать 4 м, в противном случае вынос в натуру контролируют засечкой.

Створное закрепление трассы на местности и составление исполнительной схемы створных знаков.

Ось трассы, углы поворота и места пересечения их с существующими подземными сетями и сооружениями в натуру закрепляют штырями, кольями, а их положение фиксируют параллельными выносками или створными знаками.

Закрепление положения оси прокладок можно производить с использованием обноски, устраиваемой на прямолинейных участках трассы, на расстоянии 40—50 м друг от друга в местах будущих колодцев, а также в местах поворота.

Правильность выполнения разбивки трассы контролируют от красной линии, осей проездов, существующих твердых контуров точек и специально проложенных теодолитных ходов.

Точность планового положения трассы коммуникаций определяется точностью разбивки траншеи, а точность высотного положения – точностью подготовки основания (ложа) трубопровода или кабеля. Поэтому до укладки труб или кабелей проводят контрольное нивелирование дна траншеи. Отклонения фактических отметок от проектных не должны превышать ± 5 см, за исключением канализации с уклоном менее 0,01.

При задании точности нивелирования подземных прокладок для строительства и исполнительной съемки исходят из погрешности уклона, которая не должна превышать 10%. Погрешность отметки точки сооружения зависит от погрешности отметки репера m_R и погрешности превышения m_h . Как правило, принимают $m_R \leq 0,5 m_h$.

Точность нивелирования зависит от применяемой методики и длины визирного луча. Эта зависимость может быть выражена следующим образом соответственно для III, IV классов и технического нивелирования:

$$m_{h_{III}} = 0,3 + 0,008 S; \quad m_{h_{IV}} = 0,8 + 0,020 S; \quad m_{h_{т.н.}} = 1,5 + 0,040 S,$$

где S — длина визирного луча, м; m_h — погрешность превышения, мм.

Вычисленные по этим формулам значения m_h приведены в табл. 4.3, по данным которой можно подобрать класс нивелирования и соответствующую методику.

Таблица 4.3 – Выбор класса нивелирования

S, м	m_h , мм, для нивелирования			S, м	m_h , мм, для нивелирования		
	III класса	IV класса	технического		III класса	IV класса	технического
25	0,5	1,3	2,5	100	1,1	2,8	5,5
50	0,8	1,8	3,5	125	—	3,3	6,5
75	0,9	2,3	4,5	150	—	3,8	7,5

Например, при расстоянии между реперами 200 м, расстоянии между нивелируемыми точками 100 м, уклоне 0,0005 получаем $m_R = 1,58$ мм и $m_h = 3,16$ мм. Следовательно, в этом случае высотная основа должна быть по точности не ниже III класса, а высотная подготовка основания траншеи должна выполняться нивелированием IV класса.

Перенесение в натуру горизонтальных углов, линий и проектных отметок выполняют с использованием следующих приборов: теодолитов не ниже 30" точности (Т30, Т15, Т5 и др.); стальных рулеток, мерных лент, лазерных дальномеров, обеспечивающих измерение линий с точностью не ниже 1/2000; точных нивелиров либо электронным тахеометром.

После выноса и закрепления трассы на местности, но до открытия траншеи выполняют контрольные измерения, в том числе контрольное нивелирование трассы. По их результатам вычисляют координаты и отметки точек и сравнивают с их проектными значениями. Контролю подлежат все точки поворота, колодцы (существующие и проектируемые), характерные точки и точки пересечения коммуникаций.

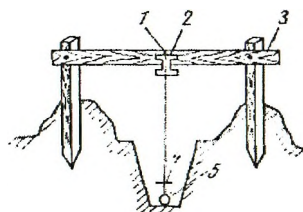
Разбивочные работы при разработке траншей. Траншеи для монтажа трубопроводов характеризуются большой протяженностью при малой ширине.

Разбивка котлована колодца включает закрепление центра колодца, установку обноски, закрепленной на расстоянии 0,6– 0,7 м от бровки траншеи, и передачу отметок и осей на обноску.

Ось прокладки затем проектируют в траншею теодолитом или отвесом от натянутой проволоки между створными точками оси или точками поворота. Проектная глубина и проектный уклон траншеи обеспечиваются нивелированием от ближайших рабочих реперов или с помощью постоянных и ходовых визирок, устанавливаемых на обноске.

Для определения местоположения колодцев и траншей осевые точки трассы и центры колодцев восстанавливают на местности промерами от створных знаков или в пересечении створов. Вынесенные точки закрепляют кольями. Верхнюю бровку котлованов под концевые и поворотные колодцы разбивают относительно центра колодца на расстоянии, равном половине проектной ширины котлована с учетом откоса и перпендикулярно к линии, соединяющей два соседних колодца по продольной оси траншеи. Продольную ось обозначают пикетными кольями через 5-10 м. От них по перпендикулярам, равным половине ширины траншеи, разбивают и закрепляют границы траншеи.

Затем, если необходимо, строят *обноску* в виде П-образных деревянных конструкций (рис.4.3), которые помещают на центрах колодцев и дополнительно через 20-100 м при больших расстояниях между колодцами. Опорные столбы обноска вкапывают в землю не ближе 1,5 м от края траншеи. Горизонтальная доска обноска прививается к столбам на высоте 0,4-0,6 м от поверхности земли. Во время рытья траншеи обноску снимают, а затем возвращают на место.



1 – ось траншеи; 2 – визирка; 3 – обноска;
4 – отвес; 5 – трубопровод

Рисунок 4.3 – Схема проектирования оси трубопровода на дно траншеи

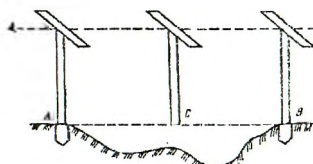


Рисунок 4.4 – Схема построения линии проектного уклона при помощи визирок

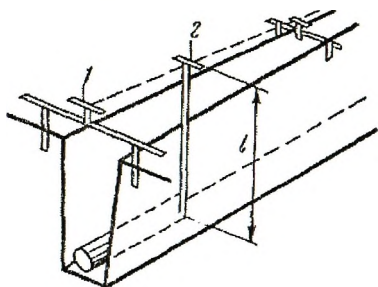
Продольную ось траншеи переносят на обноску теодолитом, установленным в траншее под осевым или створным знаком, и отмечают риску. На доске краской подписывают номер колодца, диаметр труб и наименование оси. Направление продольной оси трубы на участке между центрами соседних колодцев обозначают при помощи натянутой стальной проволоки, подвешенной в створе осевых рисок на обноске. Проекцию оси передают на дно траншеи при помощи нитяного отвеса или пользуясь визирками. Визирки используют для построения линии заданного уклона и для контроля зачистки дна траншеи на проектной глубине напорных трубопроводов. При зачистке дна траншеи под самотечный трубопровод проектный уклон контролируют нивелиром или теодолитом.

С невысокой точностью линию проектного уклона (например, точки А, В, С) можно вынести при помощи трех визирок одинаковой длины (рис. 4.4).

Две визирки задают опорную линию заданного уклона. В эту линию глазомерно вводят третью визирку, основание которой будет фиксировать точку линии проектного уклона.

Контроль уклона дна и глубины разрабатываемой траншеи и укладки труб производится по уровню, способом визирок, геометрическим нивелированием, а также способом автоматического регулирования глубины копания траншей.

Укладку по уровню осуществляют для каждой трубы в отдельности. При укладке труб с помощью визирок (рис. 4.5) точки трассы выносят на обноску, которая представляет собой обрезную доску, прикрепленную к двум столбам. Столбы зарывают в землю на глубину около 1 м по обеим сторонам траншеи. Доску прибивают на высоте около 1 м от земли. На обноску выносят ось прокладки и между смежными обносками натягивают проволоку. Трубы укладывают по отвесу, подвешиваемому к проволоке.



1 – постоянная визирка; 2 – ходовая визирка
Рисунок 4.5 – Способ разбивки траншей по высоте при помощи визирок

К бруску обноски наглухо прикрепляют Т-образную постоянную визирку. Высота ее зависит от длины ходовых визирок. Ходовая визирка при установке ее в траншею должна возвышаться над поверхностью земли не менее чем на 1 м. Длина определяется как разность отметок верха постоянной визирки и дна траншеи.

Отметки постоянных визирок выносят нивелиром. Разность отметок постоянных визирок определяется по формуле $\Delta h = i l$, где l – расстояние между визирками; i – проектный уклон траншеи.

Способ укладки труб с применением визирок довольно трудоемок, к тому же он не всегда обеспечивает необходимую точность задания уклона. Поэтому разбивка по высоте основания траншеи с малыми уклонами (меньше 0,001) должна производиться с помощью нивелира.

При контроле уклона дна способом геометрического нивелирования на расстоянии 1,5 м параллельно вынесенной оси забивают колья, которые нивелируют и на которых указывают глубину траншеи при ее разработке. Вслед за экскаватором производят контрольное нивелирование дна траншеи.

При укладке труб по маякам вынос отметок в траншею производят по верху маяков, которые устанавливают через 10-20 м. При этом отметки маяков должны определяться с учетом заданного уклона.

При рытье траншеи грунт не добирается на 5 см, так как укладка труб в траншею должна производиться на ненарушенный грунт. Зачистку дна до проектных отметок производят вручную непосредственно перед укладкой труб.

Детальную разбивку начинают с перенесения в траншеи и котлованы под соседние колодцы проектных отметок дна лотка. Перенесение отметок выполняют на штыри-маяки, верх которых совмещают с проектной поверхностью бетонной подготовки. Правильность установки штырей-маяков проверяют нивелированием. Наивысшая точность перенесения точек на проектную отметку необходима при укладке труб самотечной канализации: не более 5 мм при расстоянии между колодцами 45-50 м.

При укладке канализационных труб с проектным уклоном, большим минимально допустимого, пользуются способом визирок, причем ходовую визирку снабжают пяточным выступом, который присоединен под прямым углом к основанию визирки. При укладке трубы ходовую визирку пяточным выступом опирают на лоток переднего конца трубы и устанавливают вертикально. Если верхние планки двух постоянных и ходовой визирок находятся на одной прямой, то данный конец трубы совмещен с проектной отметкой.

Присоединяемый конец трубы совмещается с предыдущей уложенной трубой посредством подкладок или принудительно, и вся труба получает проектное положение по высоте. Прямолинейность в плане укладки труб проверяют относительно подвешенной осевой проволоки с помощью отвесов.

При укладке труб с минимальными уклонами не достаточно соблюдения уклона с допустимыми отклонениями до 10 мм, поэтому разбивочные работы выполняют с помощью зрительной трубы нивелира или лазерного визира. Трубы самотечной канализации укладывают на выровненную бетонную подготовку, имеющую проектную отметку поверхности, меньшую проектной отметки лотка трубы на толщину её стенки. Бетонная подготовка на проектную отметку выводится по штырям-маякам с помощью нивелира.

Трубы большого диаметра при уклоне 0,0005 укладывают с повышенной точностью, проектные отметки выносят с погрешностью 1-2 мм на 10 м трассы. Под каждое звено забивают устойчивые деревянные колышки и в их торцы ввинчивают шурупы-маяки. С помощью нивелира и рейки определяют отметки шурупов-маяков и выставляют их ввинчиванием или вывинчиванием на проектную отметку лотка с контролем по нивелиру. После этого бетонируют лоток труб.

В отдельных случаях выполняют совмещенную прокладку трубопроводов в общих коллекторах или в одной траншее. Подготовку данных и разбивку при этом осуществляют только для основной прокладки, которой считается прокладка большей длины независимо от ее вида.

В натуре переносят все повороты трассы и ответвления от основной трассы. Если трасса пересекает полотно железных дорог или другие препятствия, выполняют скрытую проходку.

При укладке труб эффективны **лазерные приборы**. Принцип работы с лазерными приборами будет рассмотрен далее в подразделе 5.5.

Способы прокладки подземных коммуникаций. В зависимости от конкретных условий прокладку осуществляют следующими способами: продавливанием с выемкой или без выемки грунта; горизонтальным бурением; вибровакuumным способом; щитовой проходкой. Во всех случаях, кроме последнего, определяют точки подхода и выхода трассы у препятствия. Между этими точками вычисляют расстояния и данные для задания направления и уклона механизму, осуществляющему проходку.

В точках подхода и выхода трассы проходят вертикальные шахты (их габариты зависят от способа проходки), в натуре выносят точки, определяющие направление трассы. Их закрепляют на стенах котлованов или шахты, а также по возможности на местных предметах (стенах домов и др.).

Обязательные требования при выполнении работ способом продавливания грунта:

- плоскость опорной плиты (опорной стенки) должна быть перпендикулярна к оси направления продавливания и иметь уклон, равный заданному уклону футляра;
- ориентирование первой трубы в плане производят от направления, закрепленного в котловане рисками или отвесами, путем задания створа теодолитом;
- ориентирование первой трубы по высоте осуществляют по двум точкам по верху футляра (на краю трубы) с известными отметками, переданными от рабочих реперов, с контролем уклона с помощью уровней или уклономеров;
- при установке первой трубы в исходное положение уклон должен отличаться от проектного не более чем на $\pm 0,002$, абсолютное отклонение в плане не должно превышать ± 100 мм, по высоте ± 50 мм.

Геодезический контроль в плане и по высоте производят через каждые 2 м проходки первой (головной) трубы и каждой последующей трубы (звена) футляра.

Определение положения футляра в промежутках между маркшейдерскими замерами проводит горный мастер или бригадир по уклономеру или уровню: при продавливании первой и второй труб через 1 м проходки; на последующих звеньях — через 2 м.

Контроль за положением стального футляра в плане заключается в следующем. В котловане на проектной оси футляра устанавливают теодолит и ориентируют его визирную ось в створе оси футляра по отмеченным в котловане рискам или отвесам. По рейке, приставляемой горизонтально к боковой стенке футляра в различных его частях на одинаковой высоте от пола, делают отсчеты по вертикальной нити сетки нитей. Полученные отсчеты сравнивают с проектными и определяют величины отклонений.

Для контроля за положением футляра в профиле помещают нивелир в котловане примерно на высоту оси футляра. По рейке, устанавливаемой в своде футляра, производят отсчеты и вычисляют фактические отметки и уклоны. По полученным данным определяют фактическое положение футляра в плане и по высоте и составляют исполнительные чертежи. При недопустимых отклонениях футляра от проектного положения принимают меры по его исправлению.

Допустимые отклонения планового положения осей подземных сетей одинаковы для всех типов прокладок и зависят от способа определения элементов привязки. При аналитическом способе точность перенесения планового положения в натуру не должна превышать 0,1 м, при графическом — 0,2 м.

Точность укладки коммуникаций по высоте лимитируется следующими величинами:

- для самотечных трубопроводов (канализация, водосток, дренаж) 5 мм;
- для других напорных трубопроводов 2 см;
- для кабельных и телефонных сетей, а также блочной канализации 5 см.

Укладка трубопроводов «змейкой» в вертикальной и горизонтальной плоскостях не допускается.

Для трубопроводов диаметром 1000 мм и более в зависимости от рельефа местности предусматривают предварительную планировку строительной полосы.

По трассе магистральных трубопроводов закладывают постоянные реперы на расстоянии не более 5 км друг от друга. В местах поворота трассы при проектировании трубопроводов диаметром 700 мм и более предусматривают установку соответствующих знаков. При этом в проекте следует приводить основные данные, необходимые для разбивки кривых, включая отметки, указанные на расстояниях, обеспечивающих выполнение земляных работ.

При надземной прокладке трубопроводов через препятствия, в том числе через овраги и балки, расстояния от низа трубы или пролетного строения принимают следующими:

- при пересечении оврагов и балок — не менее 0,5 м до уровня воды при 5-процентной обеспеченности;
- при пересечении несудоходных, неславных рек и больших оврагов, где возможен ледоход, — не менее 0,2 м до уровня воды при 1% обеспеченности и от наивысшего горизонта ледохода;
- при пересечении судоходных и сплавных рек — не менее величины, установленной нормами проектирования подмостовых габаритов.

Таблица 4.4 – Значения наименьших уклонов

Трубопроводы сетей канализации	Открытая дождевая сеть
При трубах диаметром, мм:	Лотки проезжей части:
150 0,008	– при асфальтированном покрытии 0,003
200 0,005	– при брусчатом или щебеночном покрытии 0,004
1250 и более 0,0005	– при булыжной мостовой 0,005
	Отдельные лотки и юветы 0,005
	Водоотводные каналы 0,003

Верх решетки дождеприемного колодца должен располагаться на 20 мм ниже отметки верха проезжей части. Уклон присоединения от дождеприемников принимается равным 0,02. Угол между присоединяемой и отводящей трубами должен быть не менее 90°.

Повороты коллекторов предусматривают в колодцах. Радиус кривой поворота лотка принимают не менее диаметра трубы, а на коллекторах диаметром 1200 мм и более – не менее пяти диаметров. В начале и конце кривой располагают колодцы.

Уклон напорных трубопроводов по направлению к выпуску принимают не менее 0,001. Минимальные уклоны отводных трубопроводов внутреннего водостока для подвесных трубопроводов составляют 0,005.

Смотровые колодцы или камеры на канализационных сетях всех систем устраивают в местах присоединений, в местах изменения направления уклонов и диаметров трубопроводов. Расстояния между смотровыми колодцами на прямых участках зависят от диаметра труб (табл. 4.5).

Таблица 4.5 – Расстояния между смотровыми колодцами

Диаметр труб, мм	Расстояния, м
150	35
200-150	50
500-600	75
700-900	100
1000-1400	150
1500-2000	200

При приемке напорных трубопроводов производят проверку продольного профиля. Приемка безнапорных трубопроводов и коллекторов сопровождается проверкой прямолинейности с соблюдением проектного положения в горизонтальной и вертикальной плоскостях и проверкой отметок лотков в колодцах. Отклонение отметок лотков от проектных не должно превышать ± 5 мм.

При прокладке сетей газопровода правильность укладки труб проверяют нивелированием всех узловых точек и мест пересечения газопровода с подземными сооружениями.

В непроезжей части допускаются выступающие над поверхностью земли перекрытия камер и вентиляционных шахт на высоту не менее 0,4 м.

Уклон тепловых сетей независимо от направления движения теплоносителя и способа прокладки должен быть не менее 0,002.

Уклон трубопроводов тепловых сетей при катковых и шариковых спорах труб должен приниматься не более $0,05/r$, где r – радиус катка или шарика, см.

Прокладку трубопроводов систем горячего водоснабжения предусматривают с уклоном не менее 0,002.

При прокладке тепловых сетей ниже максимального уровня стояния грунтовых вод предусматривается попутный дренаж. Дренажные трубы прокладывают сбоку от канала (тоннеля). Расположение оси дренажной трубы должно быть ниже дна канала или тоннеля не менее чем на 0,2 м.

На углах поворота и прямых участках попутных дренажей не реже чем через 50 м устраивают смотровые колодцы диаметром не менее 1000 мм. Дно колодца делают на 0,3 м ниже заложения примыкающей дренажной трубы. Уклон труб попутного дренажа не должен приниматься менее 0,003. Он может не совпадать по величине и направлению с уклоном тепловых сетей.

В камерах и тоннелях предусматривают водосборные приемки размером не менее 400X400 мм и глубиной не менее 300 мм, перекрытые съемными решетками. Дно камеры делают с уклоном не менее 0,02 в направлении к приемку.

Контроль правильности укладки тепловых сетей осуществляют проверкой расположения трубопровода в плане, а также нивелированием всех узловых точек уложенного трубопровода и мест его пересечения с подземными сооружениями.

При закладке электрокабеля смотровые колодцы устраивают на всех поворотах и перекрестках улиц, на прямолинейных участках трасс их располагают не реже чем через 100–150 м. Электрокабели напряжением до 1000 В прокладывают на глубине 0,7–0,8 м, напряжением выше 1000 В – 1 м.

При строительстве кабельной канализации (телеграфные и телефонные сети) расстояние от поверхности грунта или усовершенствованного покрытия до верхнего ряда труб на вводах в колодцы должно быть не менее: 0,7 м – под пешеходной частью улиц; 0,8 м – под проезжей частью улиц.

Трубопроводы кабельной канализации между смотровыми устройствами должны быть прямолинейными. В обоснованных случаях допускается отклонение от прямой линии по плавной кривой на каждый метр трубы не более 1 см. Уклон к смотровым колодцам на каждом участке составляет не менее 3–4 мм на 1 м.

В процессе строительства сооружений кабельной канализации осуществляют пооперационный контроль за укладкой трубопроводов и установкой смотровых устройств, заключающийся в проверке глубины заложения и качества стыков труб, прямолинейности трубопровода, горизонтальности и вертикальности установки смотровых устройств.

На трассах подземных кабельных линий связи вне городской черты устанавливают замерные столбы, фиксирующие положение трассы на местности: против каждой соединительной муфты, на концах труб при переходах через шоссе и железные дороги, у выходов кабелей из воды на речных переходах, на поворотах трассы, а также на прямых участках, если расстояние между соединительными муфтами превышает 250–300 м.

При прокладке кабеля глубина прокладок не должна отклоняться более чем на ± 10 см от принятой в проекте; кабели, проложенные в траншее, не должны перекрещиваться; радиус изгиба кабеля должен быть не менее допустимого по ГОСТ на данный тип кабеля.

4.4. Исполнительные съемки

Назначение исполнительных съемок – установить точность вынесения проекта сооружения в натуру и выявить все отклонения от проекта, допущенные в процессе строительства.

В результате исполнительной съемки определяют фактические координаты характерных точек построенных сооружений, размеров их отдельных элементов и частей, расстояний между ними, отклонения по высоте.

Исполнительные съемки ведутся в процессе строительства по мере окончания его отдельных этапов и завершаются окончательной съемкой готового сооружения.

В отличие от топографо-геодезических работ, которые обычно предшествуют проектным, строительным и другим работам, исполнительная съемка завершает определенные этапы строительства и включает следующие работы:

- 1) составление строительных чертежей вновь строящихся, построенных и реконструируемых подземных и надземных трубопроводов и сооружений на них;
- 2) осуществление геодезического контроля в процессе и по окончании строительных работ;
- 3) фиксация возможных отступлений от проекта.

Исполнительную съемку инженерных коммуникаций производят от плано-высотного обоснования — сети триангуляции или полигонометрии, теодолитных ходов, а также нивелирных реперов IV класса и выше.

При наличии четко выраженных контуров капитальных зданий, каменных фундаментов, железобетонных заборов на застроенной территории последние могут использоваться в качестве обоснования.

От твердых точек капитальной застройки горизонтальную съемку выполняют линейными засечками, способом перпендикуляров и способом створов. От точек съемочного обоснования и пунктов опорной сети определения производят линейными засечками, перпендикулярами, полярными расстояниями и комбинированным способом.

Исполнительные чертежи, составляемые на основе результатов съемки законченных строительством объектов, являются составной частью обязательной документации, предъявляемой строительной организацией при сдаче — приемке построенного трубопровода и сооружений на нем в эксплуатацию. Поэтому исполнительный чертеж должен отражать фактическое состояние и те изменения, которые произошли на определенном этапе в строительстве подземных трубопроводов и сооружений на них (колодцы, коверы, дюкеры, газорегуляторные пункты и установки, насосные станции, водонапорные башни и т.п.).

Исполнительную съемку производят в процессе строительства трубопровода, начиная с момента зачистки дна котлована и траншеи, закладки фундаментов, прокладки труб в траншеях и заканчивая съемкой элементов благоустройства.

Плановую съемку подземных коммуникаций ведут от пунктов опорной сети или от углов зданий капитальной застройки, применяя схемы полярных или прямоугольных координат, линейных и угловых засечек. По восстановленной оси линейных сооружений разбивают эксплуатационный пикетаж. Как правило, он не соответствует разбитому ранее. Выполняют съемку круговых кривых или измеряют горизонтальные углы поворота трассы. Для промеров используют мерные приборы и лазерные рулетки, относительная погрешность измерений не должна превышать 1:2000.

Высотное положение элементов коммуникаций определяют техническим нивелированием.

Точность результатов исполнительных съемок должна удовлетворять требованиям нормативных документов, а также отвечать техническим условиям эксплуатационных служб. По результатам геодезической проверки составляют акт установленной формы на правильность: зачистки и подготовки дна котлована или траншеи; закладки фундаментов отдельных сооружений; укладки труб трубопровода на отдельных участках и др. Этот акт входит в состав обязательной документации, предъявляемой строительной организацией при сдаче — приемке построенного объекта в эксплуатацию.

Исполнительная съемка подземных инженерных коммуникаций производится по мере их готовности, но до засыпки траншей. Исключение составляет самотечная канализация,

исполнительную съемку которой выполняют после засыпки траншей и гидравлических испытаний труб. Снимают углы поворота; точки на прямолинейных участках не реже, чем через 50 метров; точки начала, середины и конца кривых: места пересечения трасс, места присоединений и ответвлений, люки, колодцы, камеры, компенсаторы и т. д. Собирают данные о числе прокладок, диаметре труб, давлении в газовых и напряжении в кабельных сетях, материалах, из которых изготовлены трубы. Производят обмеры колодцев и фасонных частей к отвесной линии, проходящей через центр крышки люка.

При расположении подземных сетей в блоках и тоннелях снимают только одну сторону, другую наносят по данным промеров. Выходы подземных сетей и элементы их конструкций должны быть связаны между собой или привязаны к твердым контурам, капитальным строениям контрольными промерами. При съемке кабелей в пучках замеры производят до крайних кабелей с той или другой стороны. Съемкой охватывают полосу не менее 20 м в обе стороны от оси трассы. При производстве работ обычно дают единую нумерацию колодцев, камер и др. У круглых колодцев снимают центр крышки решеток, у люков прямоугольной формы — два угла. Внецентренность колодцев определяют, как правило, с помощью отвесов или рейки.

При глубине снимаемых элементов свыше 1 м точки их выносят на поверхность земли при помощи отвеса или рейки с круглым уровнем. Закругленные части снимают так, чтобы они сохранили подобие при вычерчивании на плане.

При съемке колодцев и камер производят обмер внутреннего и внешнего габаритов сооружения, его конструктивных элементов, расположения труб и фасонных частей с привязкой к отвесной линии, проходящей через центр крышки колодца. При этом устанавливают: назначение, конструкцию колодцев, камер, распределительных шкафов и киосков, характеристику имеющейся в них арматуры.

Для газовых и тепловых сетей фиксируют расположение стыков трубопроводов относительно люков колодцев или камер с указанием типа стыка.

Результаты измерений заносят в абрис, где зарисовывают элементы ситуации и схему прокладываемого теодолитного хода, показывают привязки к опорной застройке, линейные размеры сооружения, сечения и т. д.

Высотную исполнительную съемку положения конструкций выполняют методом геометрического нивелирования технической точности от знаков высотного рабочего обоснования. При наличии густой сети реперов положение нивелирного хода не обязательно. В этом случае нивелирование элементов сетей (для контроля) производят отдельными станциями с привязкой к двум реперам.

Нивелируют люки колодцев, лотки канализационных, водосточных и дренажных колодцев, верх труб и пол каналов (в непроходных— низ щебеночной подготовки) теплофикации, телефонной и электрокабельной канализации, в безколодезных прокладках— углы поворота трассы и точки излома профиля.

Для трубопроводов определяют отметки верха труб во всех колодцах и камерах. Бронированные кабели нивелируют во всех точках изменения глубины заложения (в изломе профиля), на поворотах и вводах.

На прямоугольных участках по оси прокладки через 50 м снимают створные точки, в которых определяют отметки заложения сетей. На спланированной территории вдоль трассы определяют отметки бровки траншей.

По окончании обработки материалов исполнительных съемок инженерных сетей составляют исполнительный чертеж (рис. 4.6). Основой для его составления является копия согласованного проекта в масштабе 1:500 или план масштаба 1:500, составленный по результатам исполнительных съемок.

При вычерчивании исполнительного чертежа в полосе не менее 20 м в каждую сторону от оси трассы показывают: здания, их характеристику, покрытие улиц, деревья, опоры ЛЭП, ограды, предусмотренные Инструкцией по топографической съемке в масштабе 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

Исполнительная документация, передаваемая эксплуатирующей организации, включает:

- ситуационный план участка в масштабе 1:2000 с указанием места работ и наименований близлежащих улиц и проездов для всех коммуникаций;
- исполнительный план трассы коммуникации в масштабе 1:500 или 1:200;
- исполнительный продольный профиль по оси сооружения;
- рабочие чертежи с планами и размерами колодцев, камер, труб и других устройств, исправленные по результатам обмера, произведенного в процессе исполнительной съемки.

После завершения всего строительства и благоустройства территории производят исполнительную съемку контуров и спланированного рельефа, на основе которой окончательно корректируют отметки поверхности земли исполнительного профиля.

Если исполнительная съемка не была сделана до засыпки траншей или утери материалов съемки, прибегают к другим способам поиска подземных коммуникаций, например с помощью приборов индуктивного поиска.

Подземные трубопроводы различного назначения и сооружения на них изображают на крупномасштабных планах (1:500 и 1:2000) исполнительных съемок в принятых условных обозначениях, с указанием технических характеристик, пояснительных надписей и других необходимых сведений согласно СНБ 1.02.01 - 96 «Инженерные изыскания для строительства».

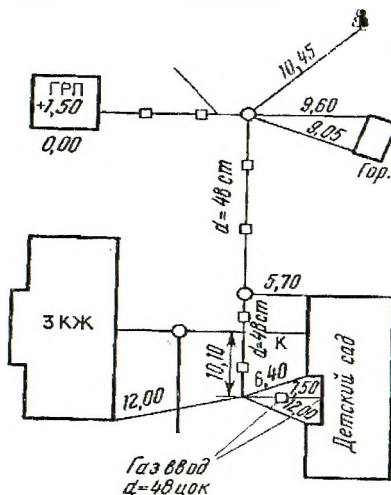


Рисунок 4.6 – Исполнительная схема газопровода

Для газопроводных сетей указывают:

- а) число труб и их диаметры; абсолютные отметки колодцев (кольца крышки люка и земли у колодца, верха трубы, дна колодца);
- б) абсолютные отметки верха трубы и земли на вводах в здание (не ближе 5 м) и углах поворота трассы, а также отметки коверов (мест устройства контрольных нюхательных трубок), гидрозатворов, концов футляров при пересечении искусственных сооружений на прямых участках с выпиской расстояний между ними;

в) абсолютные отметки верха или низа трубопроводов различного назначения, абсолютные отметки элементов смотровых колодцев пересекаемых трубопроводов и кабелей, проложенных ниже глубины заложения газопровода и не имеющих отметки в точках пересечения;

г) расстояние в метрах между стенкой трубы газопровода и стенкой смотровых колодцев или стенкой трубы параллельно идущих подземных прокладок, если оно не превышает двух метров;

д) перпендикулярные привязки смотровых колодцев, конденсационных горшков, гидрозатворов, углов поворота трассы и промежуточных точек на прямых участках газопровода к твердым контурам элементов застройки.

Для водопроводных сетей указывают:

а) диаметры труб и их материалы;

б) абсолютные отметки элементов смотровых колодцев (кольца крышки люка и земли у колодца, верха трубы, гидранта) с выпиской глубины заложения труб;

в) абсолютные отметки верха трубы и земли на поворотах трассы без колодцев, в местах излома и на прямых участках;

г) абсолютные отметки верха или низа различных трубопроводов, оболочек силовых кабелей связи, конструкций тепловых сетей в точках пересечения;

д) абсолютные отметки элементов смотровых колодцев пересекаемых трубопроводов и кабелей различного назначения (по одному ближайшему колодцу с каждой стороны), проложенных ниже глубины заложения водопровода и не имеющих отметки в точке пересечения;

е) расстояния между колодцами, углами поворотов и точками на прямых участках, на которых определялись абсолютные отметки;

ж) линейные привязки (перпендикуляры) смотровых колодцев и углов поворота (упоры) к твердым контурам элементов застройки.

Для самотечных канализационных сетей и водостоков указывают:

а) диаметры труб и их материалы;

б) расстояния и уклоны между колодцами;

в) абсолютные отметки элементов смотровых колодцев (кольца крышки люка и земли у колодца, основных, узловых и перепадных лотков) с выпиской глубины заложения труб;

г) абсолютные отметки верха трубы и земли в характерных местах рельефа по трассе;

д) абсолютные отметки верха или низа различных трубопроводов, оболочки силовых кабелей и кабелей связи, конструкции сетей в точке пересечения;

е) линейные привязки центров смотровых колодцев к твердым контурам элементов застройки.

Исполнительные съемки подземных трубопроводов и сооружений на них, выполняемые в масштабах 1:500, являются сложными инженерно – геодезическими работами на территории города и промышленной площадке. Разрытые траншеи и котлованы, землеройные и строительные машины, агрегаты и другие предметы, расположенные на площадке, чрезвычайно затрудняют производство угловых и линейных измерений. Исполнительной съемке подлежат все законченные строительством или реконструкцией подземные трубопроводы и коллекторы.

При этом по каждому виду подземных трубопроводов должны быть сняты следующие элементы:

1) по газовым сетям – магистральные трассы и распределительные сети, углы поворота, смотровые колодцы, коверы, защитные трубы, места подключений, вводы в дома, места пересечений с другими коммуникациями, газораспределительные станции и пункты;

2) по водопроводной сети – магистральные трассы, дворовые и распределительные сети, места присоединения и вводы в дома, смотровые колодцы, гидранты, выпуски, водозаборные колонки, места пересечений с другими коммуникациями;

3) по канализации, водостоку и дренажам – магистральные трассы, коллекторы, уличные и дворовые сети, смотровые колодцы, углы поворота (напорной канализации), места присоединений, врезки и выпуски, места пересечений с другими коммуникациями.

Для определения глубины заложения коммуникаций и уклонов самотечных трубопроводов высотную съемку производят техническим нивелированием от реперов разбивочной основы. При нивелировании определяют отметки кольца (обечайки) крышки люка и дна колодца, лотков и перепадов канализационных труб в колодцах, верха труб в колодцах газовых сетей, водопроводов и напорной канализации. На магистральных водоводах дополнительно определяют отметки земли, бровок траншей, верха трубы на прямых участках трассы не реже чем через 100 м, а также в точках излома профиля.

Отметки элементов смотровых колодцев определяют непосредственно нивелированием или при помощи глубинной составной (4-метровой) нивелирной рейки, начиная с верхнего торца кольца крышки люка, на который ранее была передана отметка. По рейке определяют разность отметок кольца и верха трубы, лотка или дна колодца. Отметку земли или покрытия рядом с колодцем определяют после засыпки траншеи и пазух землей и окончания работ по благоустройству. Если в процессе инженерно – геодезических работ обнаружены нарушения технических норм и правил на прокладку внутриквартальных подземных коммуникаций, исполнительные съемки прекращают, о чем немедленно ставят в известность строительную организацию и возобновляют съемку лишь после исправления допущенных нарушений.

Выполняя съемку отдельных завершенных строительством этапов, необходимо вести подробные и четкие зарисовки с пояснительными надписями в абрисе всех контуров и элементов ситуации, подлежащих съемке, а также обмеров всех сооружений. К абрису должны быть приложены отдельные схемы на сложные узлы пересечений подземных коммуникаций. На основании полевых данных абриса в камеральных условиях составляются исполнительные чертежи на планшетах в масштабе 1:500.

4.5. Съемка подземных коммуникаций

Съемка подземных коммуникаций производится для составления специализированных планов, отражающих состояние подземного хозяйства данной территории. Эти планы необходимы для технической инвентаризации коммуникаций при их эксплуатации, а также для решения проектных задач при строительстве и реконструкции сооружений.

Съемка в зависимости от назначения создаваемых планов, характера снимаемой территории и плотности размещения сетей может выполняться в масштабах 1:5000 – 1:500, а в отдельных случаях для сложных мест промышленных площадок – 1:200. На промышленных и городских территориях подземные сети снимают, как правило, в масштабе 1:500.

Требования к точности плановой съемки всех видов коммуникаций примерно одинаковы. На застроенных территориях средняя квадратическая погрешность в положении отдельных линий между собой и по отношению к контуру сооружений составляет 0,10–0,15 м. На незастроенных территориях с редкой сетью коммуникаций эта погрешность может доходить до 0,5 м. Точность высотной съемки коммуникаций зависит от требований к соблюдению проектных отметок и уклонов. Для самотечных трубопроводов погрешность в отметках лотков соседних колодцев допускают не более 5–10 мм, а отклонение от проектных уклонов – до 10-20% от величины самого уклона.

В подготовительный период производят рекогносцировку сетей на местности, собирают данные о числе прокладок, колодцев, о размерах диаметров и материале труб, давлении в газовых и напряжении в кабельных сетях и другие инженерные сведения, которые должны быть отражены на плане подземных коммуникаций. В этот же период на участке съемки создают планово-высотное геодезическое обоснование, если оно отсутствует или недостаточно по частоте расположения имеющихся пунктов.

Известны следующие **методы съемки**: исполнительная съемка коммуникации до засыпки траншей; шурфование; аэрофотосъемка для магистральных нефте- и газопроводов; индуктивный метод.

Исполнительная съемка уложенной подземной коммуникации производится в незасыпанной траншее сразу после окончания строительства, реконструкции, ремонта. Этот метод дает наибольшую точность.

В последнее время для выявления местоположения подземных коммуникаций применяют специальные индуктивные приборы – трубокабелеискатели, которые позволяют определить местоположение и глубину заложения подземной коммуникации. Их используют в период эксплуатации, т. е. когда коммуникации скрыты и на поверхности земли существуют лишь смотровые и регулировочные сооружения.

Принцип действия приборов поиска подземных коммуникаций основан на законе электромагнитной индукции и заключается в обнаружении переменного магнитного поля, существующего вокруг токонесущих кабелей или искусственно создаваемого вокруг отыскиваемых металлических трубопроводов.

Все применяемые приборы поиска построены по одному и тому же принципу и различаются лишь схемами и техническими характеристиками. Они состоят из двух отдельных блоков: передающего и приемного. Передающий блок состоит из генератора звуковой частоты и источника электропитания. Приемный блок включает усилитель с электропитанием, ферритовую антенну и воспроизводящее устройство (головные телефоны, микроамперметр или электронное табло).

Определение положения подземной коммуникации при помощи приборов поиска может быть выполнено контактным и бесконтактным способами.

Контактный способ является наиболее точным. В этом способе генератор в удобном месте подключается непосредственно к искомой коммуникации. На расстоянии 8–10 м по направлению, перпендикулярному коммуникации, генератор заземляют. После соответствующей настройки генератора и включения приемного устройства начинают поиск. Для определения направления трассы антенну разворачивают в горизонтальной плоскости до получения минимального сигнала (наименьшей громкости звучания), тогда направление оси антенны укажет на направление трассы.

Местоположение коммуникации определяют на двух режимах: по «максимуму» и «минимуму» сигнала. В режиме «максимум» ось антенны располагают перпендикулярно к предполагаемой оси коммуникации (рис. 4.7, а) и плавно перемещают ее вправо и влево в поперечном к трассе направлении до наибольшей громкости звучания сигнала. Это и будет проекция оси коммуникации на земную поверхность. Ширина зоны звучания сигнала может быть до 1 м и более. Положение проекции коммуникации уточняют на режиме «минимум». Для этого, расположив антенну вертикально (рис. 4.7, б), перемещают ее как и ранее, добиваясь наименьшего звучания сигнала.

Глубину заложения коммуникации определяют, зафиксировав на местности уточненное положение ее оси. Для определения глубины заложения ось антенны располагают под углом 45° к поверхности земли (рис. 4.8) и перемещают ее перпендикулярно к направлению коммуникации до минимальной слышимости сигнала. Расстояние от этой точки до оси и будет равно глубине залегания коммуникации. Определение повторяют в противоположную от оси сторону и берут среднее из двух значений полученных расстояний.

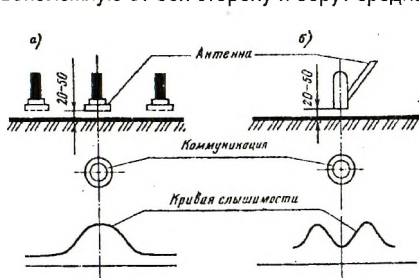


Рисунок 4.7 – Схемы определения планового положения



Рисунок 4.8 – Схема определения высотного положения

Бесконтактный способ применяют, когда подключение генератора к трубопроводам и кабелям невозможно или нежелательно. В этом способе работающий генератор заземляется в двух или более точках, создавая тем самым вокруг коммуникации электромагнитное поле. Для поиска коммуникации используется «отраженная величина» этого поля. Методика поиска аналогична контактному способу.

Универсальный трассопоисковый комплекс "Абрис-про" – Производитель: АКА-ГЕО (Россия). Трассопоисковый комплекс (рис. 4.9) состоит из мощного генератора ТГ 24 с автоматической установкой рабочих параметров и приёмника ТМ 5 с расширенными возможностями (измерение силы и направления поискового тока, вывод измеренной глубины залегания на светодиодный дисплей, определение типа коммуникации в автономных режимах, определение отклонения от оси трассы). Приёмник выпускается в двух вариантах ТМ-5 - со светодиодным дисплеем и ТМ-6 - с жидкокристаллическим дисплеем.

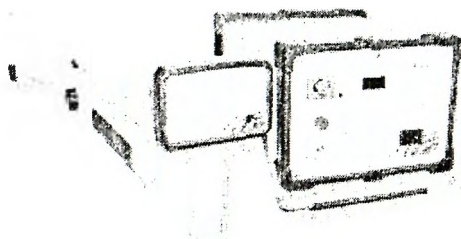


Рисунок 4.9 – Трассоискатель "Абрис-про"

Трассоискатель Metrotech FM 9800 XT (рис. 4.10). Приборы серии FM 9800 XT предназначены для простой и точной локализации трассы и определения глубины залегания кабелей и металлических трубопроводов. Универсальность трассопоискового прибора

FM 9800 XT заключается в наличии двух пассивных и максимум трех активных поисковых частот. Водонепроницаемый генератор 3 Вт по желанию автоматически выбирает оптимальную поисковую частоту. Благодаря одновременной наводке всех активных частот можно сразу же проверить результат локализации. Встроенный омметр автоматически измеряет сопротивление шлейфа.

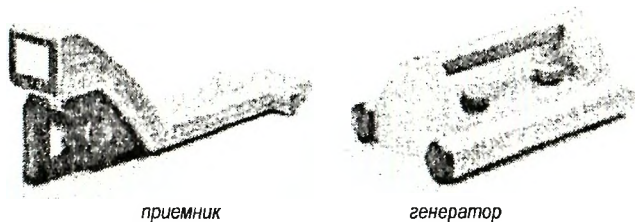


Рисунок 4.10 – Трассоискатель Metrotech FM 9800 XT

Точность индуктивного метода поиска подземных коммуникаций зависит от разрешающей способности применяемого прибора, установки антенны приемного устройства в заданное положение, влияния внешних помех. Установлено, что в зоне уверенного прослушивания сигналов средние квадратические погрешности определения положения подземной коммуникации (в см) характеризуются величинами: в плане – $m_{np}=7,5 h$, по высоте – $m_h=13 h$, где h – глубина залегания коммуникации в метрах.

5. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ МЕЛИОРАЦИИ

5.1. Основные сведения о мелиоративных системах, их проектировании и строительстве

Мелиорацией земель называют комплекс организационно-хозяйственных и технических мероприятий, направленных на коренное улучшение природных условий эксплуатируемых участков земли и установление оптимальных методов их эксплуатации. Мелиоративные мероприятия разделяют на гидромелиоративные и агромелиоративные. К гидромелиоративным относят те виды работ, которые связаны с отводом воды (осушение, обвалование) или подачей воды (орошение, водоснабжение) для: целей сельского хозяйства, а к агромелиоративным относят работы, выполняемые для усиления водопроницаемости, влагоемкости пахотного слоя и ускорения поверхностного стока.

Основные положения по изысканиям, устройству и проектированию мелиоративных систем изложены в нормативном документе ТКП 45-3.04-8-2005 «Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования» [13]. Классы сооружений мелиоративных систем установлены в п. 4.7 ТКП 45-3.04-8-2005 в зависимости от площади мелиорации:

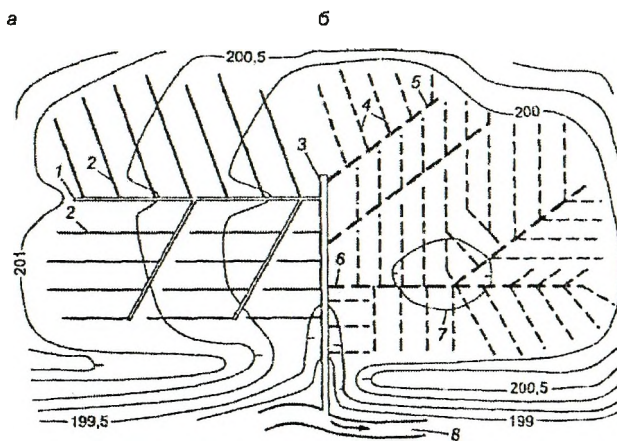
- I класс - свыше 300 га;
- II класс - 101-300 га;
- III класс - 51-100 га;
- IV класс - 50 га и менее.

Объекты сельскохозяйственного мелиоративного строительства - это осушительные, обводнительные, оросительные и осушительно-увлажнительные системы, предназначенные для создания в почве влажностно-воздушного и теплового режимов, благоприятных для выращивания высоких урожаев соответствующих культур.

Осушительные системы могут быть открытыми, закрытыми и смешанными. Первые состоят из открытых каналов и канав, вторые - из зарытых в землю водоотводящих (дренажных) труб, сквозь перфорированные стенки которых избыток воды стекает из почвы. Смешанные системы включают открытые и закрытые элементы. По способу отвода избыточных вод осушительные системы устраивают как полностью самотечные или с машинным водоподъемом в приемный коллектор.

Открытая гидромелиоративная система самотечного водоотвода (рис. 5.1, а) включает водоприемные каналы (осушители или собиратели) 1, нагорные каналы 2, через которые вода транспортируется в магистральный канал 3 и далее в водоприемник 8. В закрытой гидромелиоративной системе (рис. 5.1, б) вода собирается в дренах 4, из них перетекает в дренах большего диаметра - коллекторы 5 и 6, через них в закрытый магистральный канал 3 или же в закрытый коллектор большого диаметра. На участке местности 7 (рис. 5.1, б) показано понижение рельефа (западина), уклон дрен и коллектора должен выдерживаться в сторону водоотвода. Для слежения за состоянием дренажной системы в местах присоединения дрен к коллекторам и вдоль последних устраивают смотровые колодцы.

Трассу магистрального канала располагают по самым низким точкам осушаемой территории. Магистральный канал проектируют по возможности прямолинейным с уклоном дна в пределах 0,0005—0,002



а - открытая; б - закрытая; 1- водоприемные каналы; 2- нагорные каналы; 3- магистральный канал; 4- дренажи; 5,6-коллекторы; 7-участок понижения рельефа (западина); 8- водоприемник

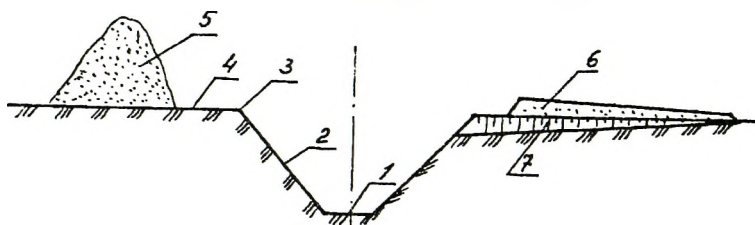
Рисунок 5.1 – Мелиоративные осушительные системы

Оптимальное расстояние между дренами и их глубину определяют исходя из природных условий и проектируемого хозяйственного использования осушаемой площади и так, чтобы система устойчиво понижала грунтовые воды до требуемой нормы осушения. Уклоны дрен чаще всего соответствуют естественному уклону поверхности дренируемого участка, но если уклон местности менее 0,002, то дренам придают искусственные уклоны путем заглубления устья по сравнению с вершиной.

Открытую осушительную сеть применяют при всех типах водного питания. Это наиболее простой и дешевый способ осушения болотных и избыточно - увлажненных мин.

ральных почв. Длина открытых осушителей и собирателей принимается в пределах 700...1500 м. При осушении участков неправильной (сложной) конфигурации в виде исключения допускается длина каналов менее 700 м.

Глубина каналов назначается из условий обеспечения необходимой нормы осушения (минимальная для минеральных почв – 1 м, для торфяных – 1,2 м; максимальная для мелких каналов-осушителей – до 1,4...1,5 м). Минимальный уклон для каналов должен быть не менее 0,0003 (при плоском рельефе – 0,0002). Оптимальным считается уклон 0,0005...0,0008, максимальное значение уклона обосновывается результатами гидравлических расчетов. Поперечное сечение открытых осушителей и собирателей, принимается трапециевидальной формы (рис.5.2). Коэффициенты заложения откосов для торфа, глин, суглинков тяжелых – 1,0...1,25; суглинков легких, супесей – 1,25...1,5; песков крупно- и мелкозернистых, пылеватых – 1,5...2,0. Ширина по дну – 0,4...0,6 м (рис. 5.2).



1 – дно; 2 – откос; 3 – бровка; 5 – неразработанный кавальер; 6 – разравненный кавальер; 7 – воронка
Рисунок 5.2 – Поперечное сечение канала

Оросительные системы разделяют на открытые, закрытые и комбинированные (представляют сочетание открытых и закрытых). Для функционирования таких систем на неровной местности необходима вертикальная планировка орошаемой территории, обеспечивающая создание благоприятных условий для равномерного увлажнения почвы и работы сельскохозяйственной техники. Выбор открытой или закрытой системы обосновывается материалами соответствующих комплексных инженерных изысканий (топографо-геодезических, инженерно-геологических, гидрологических, почвенно-химических, ботанических, агрономических, экологических, экономических и др.), т.е. увязывается с мерами по улучшению плодородия сельскохозяйственных земель и сохранению положительного экологического состояния прилегающих земель.

В открытой оросительной системе проводящая сеть состоит из магистрального канала, межхозяйственных, хозяйственных и внутрихозяйственных распределителей различных порядков. По магистральному каналу (рис. 5.3) вода подается из источника орошения в межхозяйственные распределители, которые подводят воду к отдельным землепользованиям или севооборотным массивам, а внутрихозяйственные – к полям или поливным участкам.

Трассы каналов проектируют по границам хозяйств, севооборотных массивов, полей и т. п., чтобы сохранить целостность орошаемой площади. При этом магистральный канал проектируют по возможности прямолинейным, с наименьшим уклоном, по водораздельным точкам территории, чтобы обеспечить обслуживание возможно большей площади орошения. Высота уровня зеркала воды в канале старшего порядка проектируется на 5–10 см больше, чем в канале младшего порядка.

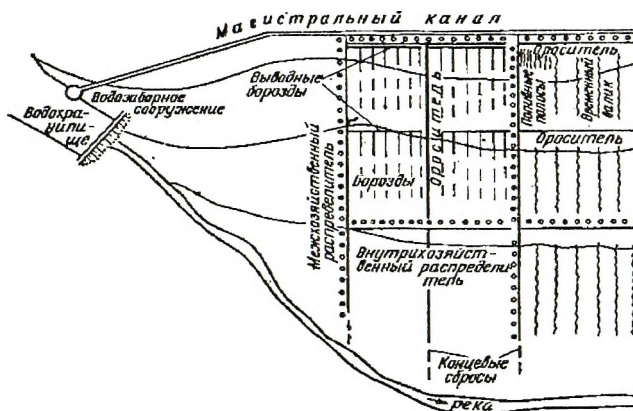


Рисунок 5.3 – Схема оросительной сети

Для распределения воды по полям; поливным участкам в пределах их границ размещают регулирующую сеть, которая состоит из временных оросителей, выводных и поливных борозд. Временные оросители нарезают параллельно границам полей севооборотов и поливных участков. Орошение может осуществляться посредством самоходных широкозахватных дождевальных машин с фронтальным перемещением, которые движутся по специальному дорогам и снабжаются водой из оросительной системы через лотки (рис. 5.3). Применяются также самоходные дождевальные машины кругового распыления, позиционные дальнеструйные дождевальные машины, различные дождевальные установки.

В последние годы все более широкое распространение получают закрытые оросительные системы с поливом дождеванием. В закрытой оросительной системе воду подают по трубопроводам от источника орошения на орошаемую площадь для полива сельскохозяйственных культур. Необходимый напор воды создается уклоном местности или насосом. Водопроводящая сеть состоит из постоянных трубопроводов, проложенных в земле. Регулирующую (распределительную) сеть образуют подземные трубопроводы, переносные поливные шланги с водовыпусками в каждую борозду или разборные трубопроводы с гидрантами для забора воды дождевальными машинами или поливальными устройствами.

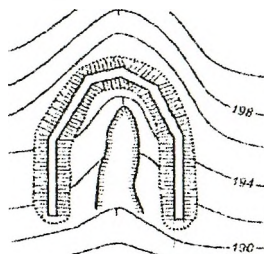


Рисунок 5.4.– Водозадерживающий вал у оврага

Комбинированная оросительная система состоит из постоянных каналов и передвижных (реже стационарных) трубопроводов, подающих воду в дождевальные машины. В проектах гидромелиорации при необходимости предусматривается строительство ряда сооружений, к которым относятся плотины и каналы для регулирования стока паводковых вод, шлюзы, водозащитные дамбы и валы (рис. 5.4), перепалы акведуки и дюкеры, оросительные лотки, а также дороги и переезды [7].

5.2. Стадии проектирования объектов мелиорации и состав топографо-геодезических работ

Разработка проекта мелиоративных систем в зависимости от размеров площади, подлежащей мелиорации, стоимости проводимых работ, сложности и новизны решений технических задач при строительстве выполняется в одну или две стадии.

При реконструкции мелиоративных систем и новом осушении на площади более 200 га, строительстве прудов более 10 га, водохранилищ и др. выполняют проектирование в две стадии: технический проект со сводными сметным расчетом стоимости и рабочая документация со сметами.

При составлении схемы или технико-экономического обоснования используются топографические карты масштабов 1:100 000 и 1:200 000. При схематическом проектировании отдельных крупных сооружений (каналов, плотин, водохранилищ, участков лиманного орошения) используется топографическая основа масштабов 1:10 000—1:50 000. Сборный планово-картографический и геодезический материал анализируется, и делается заключение о пригодности этих материалов для дальнейшего использования при проектировании либо о необходимости проведения дополнительных топографо-геодезических работ. Следует отметить, что мелиоративные системы проектируют комплексно во взаимной увязке с организацией сельскохозяйственного производства.

Двухстадийное проектирование. На первой стадии выполняется комплекс изысканий, составляется технический проект на весь объект. На этой стадии уточняют расположение каналов, коллекторов, трубопроводов, дамб обвалования, дорог, размещение инженерных сооружений и т. д. Для обоснования технического проекта в соответствии с [3] выполняются топографические съемки массивов орошения и осушения, площадок под плотины и гидротехнические сооружения, рек и водохранилищ и др. Проекты осушительной и оросительной мелиорации можно составлять по материалам крупномасштабной цифровой аэрофотосъемки, которые должны быть дополнены материалами наземных геодезических изысканий водных объектов, инженерно-геологических, почвенных и других изысканий.

После рассмотрения технического проекта и утверждения оптимального варианта приступают к второй стадии - рабочие чертежи. На данной стадии выполняется проектирование объекта с большей детальностью, выполняют топографические съемки массивов осушения (орошения), площадок под гидротехнические сооружения, производственные и жилые здания, для которых на стадии технического проекта не было необходимости в съемке, составляется проект производства геодезических работ, необходимых при реализации проекта.

В табл. 5.1 приведены данные о масштабах топографических съемок и высоте сечения рельефа для составления проекта мелиоративных систем, рабочего проекта (РП) и рабочей документации (РД) [3].

По результатам полевых изысканий на стадии технического проекта группе проектировщиков представляются:

а) крупномасштабный топографический план с нанесенной мелиоративной системой (трассы каналов, коллекторов и др.);

б) продольные и поперечные профили трассируемых каналов, коллекторов, водоприемников, напорных трубопроводов, водоводов, дамб обвалования;

в) копии крупномасштабных планов (1:500— 1:2000) площадок под плотины, гидротехнические сооружения (акведуки, дюкеры, насосные станции и др.), напорные трубопроводы на бетонных фундаментах;

г) копии планов чаши водохранилищ в масштабах 1:2000—1:25 000 в зависимости от площади зеркала воды;

д) продольные и поперечные профили по створу плотины и смежных створов (каналов, коллекторов, трубопроводов, дамб обвалования, нагорных каналов, дрена и др.) с закреплением углов поворота, створных знаков, главных точек кривых деревянными столбами, трубами или уголковым железом на бетоне.

Таблица 5.1 - Топографические съемки для проектирования систем осушения и орошения

Вид мероприятия, тип гидромелиоративной системы	Топографическая съемка (масштаб; сечение рельефа)			Вид съемки
	Проект		Рабочая документация, рабочий проект	
	Объект в целом	Типовой участок	Объект в целом	
Орошение				
Поверхностный полив	1:10 000; 1,0	1:2000; 0,25	1:2000; 0,25	Нивелирование по квадратам 20x20 м для РД и РП
Дождевание, открытая и закрытая оросительная сеть	1:10 000; 1,0	—	1:10 000; 0,25	Полевое трассирование линейных сооружений для РД и РП
Осушение				
Открытая осушительная сеть	1:10 000; 1,0	—	1:10 000; 1,0	Полевое трассирование линейных сооружений для РД и РП
Закрытая осушительная сеть, местность равнинная, заболоченная	1:10 000; 1,0	1:2000; 0,5	1:2000; 1,0	
Закрытая осушительная сеть, местность с микро-рельефом, заболоченная	1:10 000; 1,0	1:2000; 0,25	1:2000; 0,25	Нивелирование по квадратам 20x20 м для РД и РП, съемка типовых участков

По результатам полевых изысканий для мелиоративного строительства в стадии рабочих чертежей группе проектировщиков передают:

а) топографический план массива, на котором показаны трассы регулируемых водоприемников, каналов, коллекторов, напорных трубопроводов, водоводов, дорог и сооружений на мелиоративной сети с разбивкой пикетажа и указанием закрепительных знаков;

б) топографические планы участков или профили, составленные по результатам нивелирования по квадратам;

в) копии планов крупномасштабных съемок площадок под плотины, гидротехнические сооружения, полос шириной до 300 м вдоль трасс каналов и напорных трубопроводов при сложных топографических условиях;

г) продольные и поперечные профили регулируемых водоприемников, каналов, коллекторов, водопроводов и др. в масштабах: горизонтальный 1:5000-1:10 000, вертикальный 1:100, поперечные профили при их длине до 50 м - 1:100, при большей длине — 1:200, а вертикальный 1:100.

Одностадийное проектирование. Для капитального ремонта внутрихозяйственной сети площадью 30 га и более, строительстве оросительных систем площадью до 100 га, прудов площадью до 10 га и др. объектов проектирование объектов выполняется в одну

стадию - технический проект со сводными сметами и расчетами. При этом к топографо-геодезическим материалам предъявляют те же требования, что и для стадий технического проекта и рабочих чертежей [3].

5. 3. Геодезическое обоснование инженерных изысканий объектов мелиорации

Плановое геодезическое обоснование на объекте мелиорации должно создаваться для обеспечения всех видов съемок и трассировочных работ, выполняемых в целях проектирования мелиоративных систем и обеспечения разбивочных работ при строительстве.

Геодезическое обоснование трассы канала. Плановое обоснование развивается преимущественно методом светодальномерной полигонометрии. В зависимости от плотности пунктов государственной триангуляции в районе строительства канала прокладывают полигонометрию 4 класса с предельной длиной ходов до 30 км или полигонометрию 1 разряда с длиной ходов до 15 км. Для геодезического обеспечения строительства шлюзов и других сложных сооружений на канале создаются локальные линейно-угловые сети с длинами сторон 150–200 м и погрешностью взаимного положения пунктов 2–3 мм.

Высотное обоснование по своей точности и густоте расположения пунктов создается для обеспечения топографических съемок, вынесения проекта канала в натуру (проектного уклона дна и поперечных сечений) и обслуживания строительных работ. В качестве высотной основы служат ходы нивелирования III класса, прокладываемые вдоль магистральных каналов, сгущаемые нивелирными полигонами IV класса и техническим нивелированием. Выбор класса нивелирования зависит от расстояния между исходными реперами, от запроектированных уклонов водотоков (рек, каналов) и длины магистральных ходов. При уклонах менее 0,00005 необходимо прокладывать нивелирные ходы III класса, при уклонах от 0,00005 до 0,0005 - IV класса, при уклонах более 0,0005 - ходы технического нивелирования [6].

Топографические съемки могут выполняться на самостоятельных сетях сгущения и геодезическом съемочном обосновании, если на участке или вблизи него (до 5 км) отсутствуют пункты геодезической основы. Площадь таких съемок не должна превышать: для масштаба 1:5000–20 км²; для масштаба 1:2000 и крупнее - 10 км². Самостоятельные съемочные сети ориентируют по истинному азимуту со средней квадратической погрешностью не более 1'. На участках площадью до 5 км² разрешается ориентировать съемочные сети по магнитному азимуту.

5.4. Разбивочные работы

Непосредственно строительству мелиоративных систем предшествуют геодезические разбивочные работы, т. е. вынос в натуру основных осей мелиоративной сети и гидротехнических сооружений и закрепление их на местности соответствующими знаками. В процессе строительства выполняют контрольные измерения, которые вместе с разбивочными работами обеспечивают сохранение размеров, форм и положения в пространстве запроектированных объектов.

Нормативные требования к геометрической точности перенесения на местность проекта мелиоративных систем, запроектированных на плане масштаба 1:М, приведены в табл. 5.2, где $\delta_{гр}$ - допустимая графическая погрешность проектного положения точки на плане [3].

Разбивочные работы начинают с перенесения в натуру основных осей сооружений. Так, вначале выносят оси головных сооружений, а затем уже от этих осей производится разбивка сооружений на порядок ниже и т. д. При строительстве оросительных систем

разбивочные работы начинают с вынесения и закрепления на местности осей магистральных трубопроводов, а затем уже, используя эти оси, выполняют разбивку осей распределительных каналов или распределительных трубопроводов.

Таблица 5.2 – Допустимые погрешности выноса в натуру осей мелиоративных сооружений

№ п.п.	Вид сооружения	Допустимая погрешность выноса в натуру оси сооружения $\delta_{вын}$ м, запроектированного на плане масштаба 1:М		
		$\delta_{вын}/M$	1:2000	1:5000
1	Плотины бетонные, дамбы, каналы, шлюзы, насосные станции, мосты, дренажные коллекторы, дрены, трубопроводы, границы контуров планировки	0,0005M	± 1	$\pm 2,5$
2	Плотины земляные	0,001M	± 2	15
3	Дороги, линии электропередачи и связи	0,0004M	$\pm 0,8$	± 2

В процессе строительства канала осевые точки и поперечные профили приходится часто восстанавливать, используя боковые крепления точек или знаки, закрепляющие продольные оси.

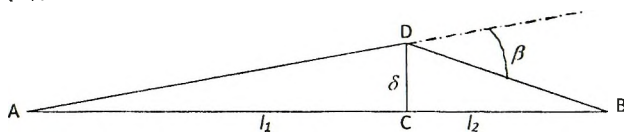


Рисунок 5.5. – Определение нестворности точек

В последнем случае теодолит необходимо установить в створе оси АВ (рис. 5.5), измерив на местности в некоторой точке D угол β . Зная по пикетажу

расстояния l_1 и l_2 , нестворность теодолита $DC = \delta$ определяют по формуле [6]

$$\delta = \frac{(180 - \beta)'}{\rho''} \cdot \frac{l_1 l_2}{l_1 + l_2} \quad (5.1)$$

При близком расположении точки D от створа можно принять, что сторона $AB = l_1 + l_2$, тогда

$$\delta = \frac{[l_1 l_2 \sin \beta]}{l_1 + l_2} \quad (5.2)$$

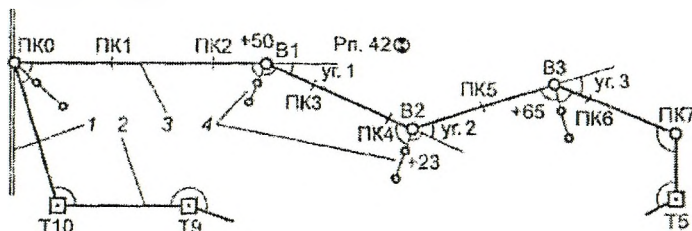
Так как $\sin \beta = \sin(180 - \beta)$, а угол β близок к 180° , то, выражая величину синуса малого угла в радианах, получаем погрешность определения нестворности:

$$m_\delta = \frac{m_\beta''}{\rho''} l_2 \cdot \frac{K}{K+1} \quad (5.3)$$

где K – отношение l_1 / l_2 .

Вынос в натуру проекта трассы мелиоративного канала производится по данным его камерального трассирования. По плану определяют координаты ПКО и вершин углов поворота проектной трассы В1, В2, ... (рис. 5.6) и, решая обратные геодезические задачи, находят значения длины ее сторон, их дирекционных углов и углов уг.1, уг. 2, ... между сторонами. Для небольших по площади объектов длины сторон и углы проектного хода допускается определять графическим способом с помощью масштабной линейки и геодезического транспортира.

Вынос трассы начинают от устья канала (ПКО), определяют направления ее прямых отрезков, измеряют углы поворота, разбивают пикетаж. Получают линейно-угловой ход, абсолютная погрешность которого допускается до 1: 1000- 1:2000 (такая точность достигается при использовании теодолита и мерных лент). С применением электронного тахеометра производительность труда намного возрастает и точность результатов полевых измерений повышается.



1 - водоприемник; 2 - привязочный теодолитный ход; 3 - трасса;
4 - выносные точки створного закрепления вершин углов поворота трассы

Рисунок 5.6. – Полевое трассирование мелиоративного канала

Вершины углов поворота трассы В1, В2, ... и основные точки круговых кривых обозначают кольшками и дополнительно закрепляют створными выносными знаками. Прямые отрезки трассы не реже чем через 500 м обозначают створными точками и закрепляют выносными знаками. Выносные знаки следует располагать с одной стороны оси, и, как исключение, с другой стороны от сооружения (рис.5.7). Перенесенные на местность основные оси сооружений осушительных систем, кроме дрен, закрепляют деревянными,



Рисунок 5.7. – Закрепление оси трассы выносными знаками

бетонными столбами или трубками на бетоне, устанавливаемыми на глубину не менее 0,8 м. Оси дрен закрепляют деревянными кольшками в начале, в конце. В плане трасса должна быть привязана к ближайшим пунктам геодезической сети, например, теодолитным ходом (рис. 5.6). Вынос опорных точек трассы и ее плановая привязка с помощью спутниковых приборов существенно умень-

шает затраты времени и труда. Вблизи трассы закладывают дополнительные реперы, количество которых определяется проектом. Высотная сеть трассы создается замкнутыми ходами технического нивелирования относительно не менее трех реперов государственной геодезической сети. Определяются отметки пикетов и выносных точек трассы, а также поперечников на косогорах.

Составление проекта выноса в натуру мелиоративной системы. Составление проекта производится по данным генерального плана системы, нанесенного на топографическую подоснову. В проекте выноса в натуру системы выделяются осевые опорные разбивочные точки системы с указанием их координат, указываются длины линейных элементов, величины углов поворота. Вынос в натуру в плане опорных осевых точек системы производится от сохранившихся пунктов съемочного обоснования. Но если таких пунктов недостаточно, то по плану системы проектируют разбивочный теодолитный или электронно-тахеометрический ход, вершины которого намечают вблизи опорных осевых точек объекта. Перенесение проектного разбивочного хода на местность состоит в последовательном построении проектных

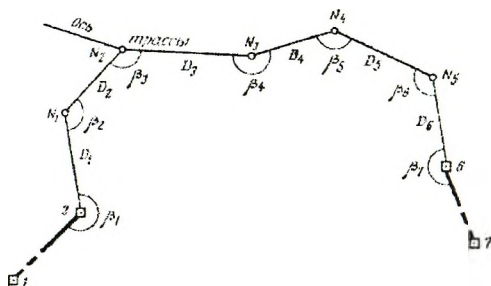


Рисунок 5.8. – Проектный теодолитный ход

горизонтальных углов и сторон (рис.5.8) (наиболее эффективно эта задача решается с помощью электронного тахеометра).

После закрепления вершин допускаются погрешности полученных углов до 0,5-1', а длины сторон - 1:2000. Угловая и линейная невязки разбивочного хода должны отвечать соответствующим допустимым невязкам теодолитного хода.

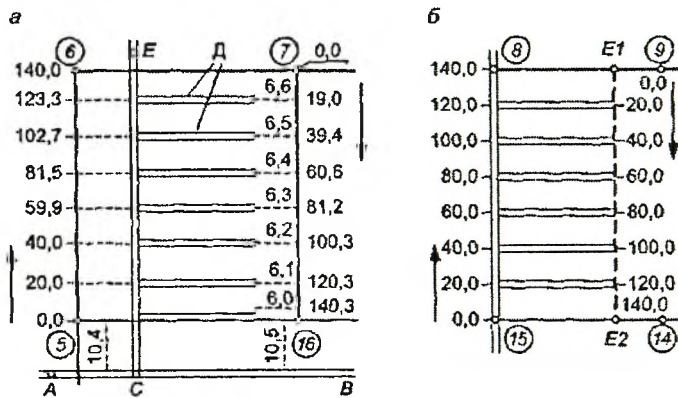
Вынос в натуру осевых точек относительно разбивочного хода производится различными способами, в том числе рассмотренными в п. 4.3 и на фрагменте разбивочного чертежа (рис. 5.9).

На рисунке показаны вершины 5, 6, 7, 16 разбивочного хода, осевые точки А и В, С и Е, которыми на местности после их выноса обозначаются оси коллекторов АВ и СЕ гидромелиоративной системы. Для выноса дрен Д способом перпендикуляров (см. рис. 5.8, а) относительно стороны 5-6 хода и створной линии 7-16 разбивочные расстояния d определяют графически по плану-проекту системы или рассчитывают аналитически.

Если на местности по створам 0-6 и 7-16 уклоны линий получают значительными ($i \geq 0,026$; углы наклона $\nu \geq 1,5^\circ$), из начальных точек 5 и 7 откладывают наклонные расстояния, вычисляемые по формуле

$$D = \frac{d}{\cos \nu}$$

Каждый створ на местности обозначается вехами, точки в створе закрепляются кольешками, обозначающими основание разбивочных перпендикуляров. На перпендикулярах находят и закрепляют точки начала и конца каждой дрены. На рис. 5.8, б показано, что вынос дрен по их концевым точкам, лежащим в створах 15-8 и Е1-Е2, производится с минимальным объемом линейных измерений.



а – способ перпендикуляров; б – способ створов
Рисунок 5.9. – Фрагмент разбивочных чертежей

После выноса в натуру осевых опорных точек системы разбивают пикетаж вдоль осей каналов, коллекторов с обозначением мест примыкания к ним других элементов, например, каждой дрены. Вдоль каналов, дрен и канав разбивают пикетаж через 20 м. При этом одновременно необходимо закреплять деревянными кольями места изменения уклонов коллекторов и дрен и местоположение смотровых колодцев. Затем производят техническое нивелирование по пикетажу замкнутыми ходами с привязкой к ближайшим реперам геодезической сети (не менее трех реперов). Между исходными реперами допустимая невязка в мм не должна превышать $\pm 30 \text{ мм} \sqrt{L}$, где L - длина хода в км.

Полученные уточненные отметки пикетных точек наносят на предварительные проектные профили магистрального канала и коллекторов. При допустимых отклонениях уточненных отметок от проектных предварительный профиль принимают как проектный с сохранением проектных отметок и уклонов дна канала и коллекторов. В случае значительных расхождений между указанными отметками (свыше 20-30 см) корректируют проектные отметки и уклоны дна канала и коллекторов. Затем с ними увязывают отметки устьев дрен.

Перенесение на местность высотного положения гидромелиоративных систем. Перенесение в натуру в проектное положение по высоте характерных точек сооружаемой гидромелиоративной системы (в первую очередь дна самотечных каналов, коллекторов, дрен и др.) должно выполняться с обоснованной точностью, обеспечивающей высокое качество строительства и соответствующее функционирование системы. Оптимальные и допустимые уклоны водопроводящих сооружений указаны в нормативном документе ТКП 45-3.04-8-2005 [13].

В процессе строительства высотная разбивка системы производится относительно реперов нивелирной сети IV класса и технического нивелирования, при этом повышенное внимание уделяется прямолинейности профиля дна каналов и лотка труб. В случаях минимального (критического) уклона $i_{кр}$ допустимые погрешности превышений между точками открытого канала оцениваются по формуле:

$$\Delta h_{дон} = \frac{i_{кр} l}{3} \quad (5.4)$$

При уклоне $i_{кр} = 0,0002$ для длины $l = 100$ м найдем проектное превышение $\Delta H = h = i_{кр} l = 20 \text{ мм}$ и теоретически допустимую погрешность высотной укладки лотков водотока в расчете на 100 м: $\Delta h_{дон} = \pm 7 \text{ мм}$

Промежуточные точки лотка не должны отклоняться от проектной высоты свыше 5-7 мм. На практике принято, что при уклонах $i > 0,001$ отклонения фактических отметок концов дренажных труб от проектных не должны превышать $\pm 15 \text{ мм}$ для дрен и $\pm 30 \text{ мм}$ для коллекторов.

Перенесение в натуру проекта вертикальной планировки орошаемых площадей. Проекты вертикальной планировки составляют на планах, отображающих отметки фактической и проектной поверхностей в вершинах сетки квадратов. Вертикальную планировку рассчитывают исходя из рельефа местности с учетом намеченного направления каналов и оросителей по возможности с условием нулевого баланса земляных работ. После выноса сетки квадратов в натуру с указанием для каждой вершины рабо-

чей отметки выполняют планировочные работы землеройными машинами (бульдозерами). Контроль земляных работ и качества вертикальной планировки производится либо геометрическим нивелированием поверхности, либо ее тахеометрической съемкой электронными тахеометрами, либо промерами расстояний до поверхности земли относительно вращающегося в заданной плоскости лазерного луча.

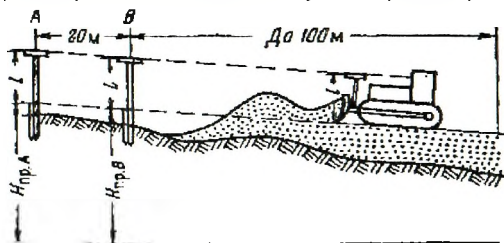
После вертикальной планировки площади под орошение на местность выносят трассы распределителей и временных оросителей, вдоль них разбивают пикетаж через 20 м. Отметки стометровых пикетных точек определяют нивелированием IV класса, отметки остальных - техническим нивелированием. Составляют профили трасс в масштабах: горизонтальном 1:2000, вертикальном 1:100 или 1:200. Проектные линии дна оросителей наносят с условием допустимых их уклонов при минимуме земляных работ и их нулевом балансе.

5.5. Контроль производства земляных работ

Геодезические работы в период производства земляных работ проводят с целью обеспечения своевременного контроля за соответствием параметров сооружаемого объекта его проектным параметрам. Методы геодезического контроля зависят от применяемой технологии работы землеройных механизмов и их состава. В процессе работы механизмов контролируют глубину выемки, высоту насыпи, соответствие уклона проектному значению. Оперативный геодезический контроль осуществляется от знаков закрепления детальной разбивочных работ. Во время производства земляных работ следят за сохранностью знаков закрепления и в случае их повреждения немедленно восстанавливают. Отклонения фактических параметров возводимых сооружений от проектных не должны превышать величин, указанных в табл. 5.2.

Контроль параметров сооружаемого объекта ведут используя ведомость закрепления знаков детальной разбивки. Проверяют расположение сооружения в плане и профиле, геометрические параметры сооружения, отметки бровок и дна, продольный уклон и заложение откосов. Особенностью работ является необходимость обеспечения геодезической информацией машинистов землеройных машин. При разработке глубоких выемок и отсыпке высоких насыпей на первом этапе достаточными являются знаки детальной разбивки, дополняемые кольями, устанавливаемыми по оси сооружения с указанием рабочей отметки. По мере приближения к проектным отметкам, а также при небольших рабочих отметках контроль работы землеройных машин ведется по визиркам (рис. 5.10). Периодически проводят восстановление оси сооружения и разбивку на местности его габаритов.

При контроле отсыпки насыпи бульдозером опорные визирки устанавливают в точках А и В после вынесения проектных



отметок $H_{пр.А}$ и $H_{пр.В}$. Высоту H верхних срезов постоянных визирок устанавливают из расчета $H = H_{пр} + l$, где l — высота верхнего среза ходовой визирки от поверхности насыпи, когда бульдозер находится на проектной отметке.

Рисунок 5.10. - Контроль отсыпки насыпи по визиркам

При разработке каналов экскаваторами-драглайнами контроль работы также осуществляется с помощью визирок (рис. 5.11). Вначале от знаков закрепления восстанавливают ось канала, а от нее — бровки откосов, где устанавливают откосники. По мере приближения к проектной отметке выносят проектные отметки в двух точках, где устанавливают опорные визирки. Последние устанавливают в начале разрабатываемого участка на расстоянии 20—50 м одна от другой. Верх-

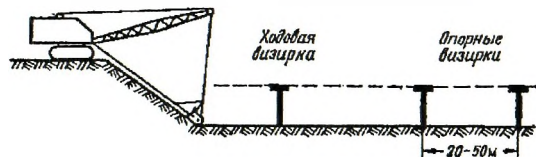


Рисунок 5.11. Контроль разработки канала с помощью визирок

няя грань планок визирок должна располагаться на одинаковой высоте $l = 1,5$ м. Контроль осуществляется с помощью ходовой визирки визированием на себя. Высота ходовой визирки также должна быть равна l .

При разработке траншеи экскаватором с обратной лопатой (рис. 5.12) контроль осуществляется по визиркам 1, устанавливаемым через 20—50 м параллельно оси траншеи на расстоянии, равном половине расстояния между внутренними гранями гусениц экскаватора. Линия визирования 3, соединяющая верхние грани опорных визирок, должна проходить

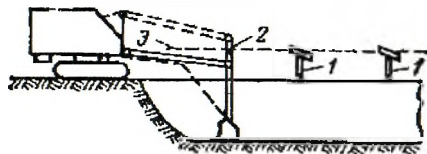


Рисунок 5.12. - Контроль разработки траншеи

через черту на рукояти. Поэтому верхний срез визирки должен находиться на отметке

$$H = H_{np} + l_1,$$

где H_{np} - проектная отметка дна траншеи в точке установки визирки; l_1 - высота от нижней поверхности ковша экскаватора до метки на рукояти.

Перед укладкой труб планировку дна траншеи проверяют нивелированием или с помощью визирок. После укладки труб проводят контрольное нивелирование по верху труб и только после этого траншею засыпают грунтом с помощью бульдозера.

Лазерные системы вертикальной планировки используются в устройствах целевой автоматизации управления землеройными и планировочными машинами. Принцип работы

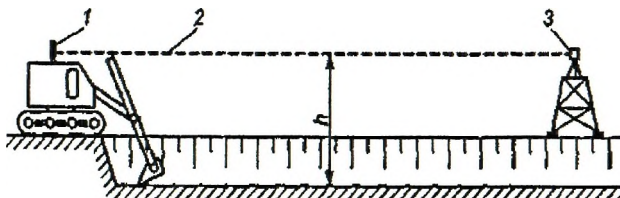


Рисунок 5.13 – Применение построителя лазерной плоскости при рытье траншеи: 1 - фотоприемник; 2 – лазерная плоскость; 3 - лазерный излучатель

одной из лазерных систем вертикальной планировки применительно к рытью траншеи показан на рис. 5.13.

Принцип работы. Передатчик создает опорную световую горизонтальную плоскость, высота которой (горизонт инструмента) определяется от ближайших рабочих реперов.

Приемное устройство, устанавливаемое на машинах, состоит из фотоэлементов, вычислительного устройства и индикатора и позволяет определить положение рабочего органа машины относительно опорной плоскости, которая создается вращающейся призмой с точностью 8". Во время работы в зависимости от того, какой элемент фотоприемника засвечивается лучом лазера, на панели индикатора перед оператором машины включается одна из семи ламп, показывающая, выше или ниже проектного уровня (средней лампы). При определенной автоматизации рытья траншеи процессор устройства выдает команды на привод ковша для удержания его в нужном высотном положении относительно лазерной плоскости при разработке дна траншеи.

Одним из передовых производителей систем автоматического управления строительной техникой (САУ) является компания Trimble (США), производящая различного вида САУ уже более 20 лет. Системы управления разделяют на три основные группы: индикаторные лазерные системы; двухмерные (2D) автоматические системы; трехмерные (3D) автоматические системы. Двухмерные автоматические системы позволяют в автоматическом режиме выдерживать поперечный уклон и глубину резанья отвала. В качестве датчиков положения отвала наряду с лазерным приемником используются датчик уклона и ультразвуковые датчики высоты.

Самой популярной технологией группы 2D для автогрейдеров и бульдозеров является Trimble BladePro. Эта система, используя ультразвуковую и лазерную технологии, автоматически регулирует заданный поперечный уклон и глубину резанья отвала. 3D системы автоматического управления позволяют формировать не только плоскости с заданными уклонами и отметками, но и поверхности практически любой конфигурации, (например вогнутые и выпуклые кривые любых радиусов и т.д.) без какой-либо предварительной разбивки. Работа трехмерных автоматических систем основана на использовании цифровой модели местности в качестве проектных данных. Система состоит из следующих основных компонентов: бортовой компьютер, управляющий работой системы (рис.5.14); электронной системы слежения за перемещением машины (роботизированный тахеометр и активный отражатель), датчика уклона и поворота отвала; электрогидроклапана для управления цилиндрами отвала, программного обеспечения Terramodel для проектирования и преобразования данных.

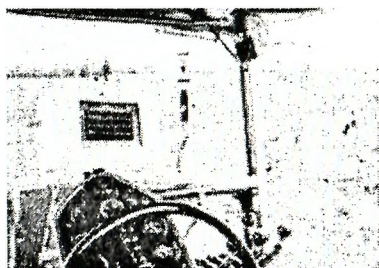


Рисунок 5.14. - Система BladePro 3D установленная на автогрейдер.



Рисунок 5.15.- Основной принцип работы BladePro 3D.

Роботизированный тахеометр может быть установлен в любом удобном месте (координаты в этом случае определяются относительно 2-3 ближайших исходных пунктов геодезической сети обратной линейно-угловой засечкой, высота – тригонометрическим нивелированием). После включения системы тахеометр автоматически находит активный отражатель, установленный на отвале машины, и постоянно отслеживает его перемещение с максимальной угловой скорости 6 раз в секунду (рис.5.15). Координаты передаются в бортовой компьютер по радиомодему. Используя данные от тахеометра, датчика наклона и поворота отвала бортовой компьютер вычисляет положение и текущий уклон лезвия. Изменение положения цилиндров отвала происходит автоматически. При использовании системы BladePro 3D на основе роботизированного тахеометра Trimble ATS (аналог Trimble 5600 Robotic) точность выполнения земляных работ составляет +/- 5 – 10 мм.

Список использованной литературы

1. Геодезическое обеспечение жилищно-гражданского и промышленного строительства / Ф.В.Андреева, Б.Г.Борисенков, В.Г.Бузятков, В.С. Сытник – М.: Недра, 1988.
2. Инженерно-геодезические изыскания для мелиоративного и водохозяйственного строительства: ВСН 33-2.1.07-87. – М.,1987.
3. Перенос на местность основных осей сооружений мелиоративных систем и водохозяйственных объектов: ВСН 33-2.3.02-87. – М.,1987
4. Зуева, Л.Ф. Учебно-методический комплекс «Основы инженерных изысканий» для студентов спец. 1-56 02 01 «Геодезия». – Новополоцк: УО «ПГУ», 2004.
5. Климов, О.Д. Практикум по прикладной геодезии. Изыскания, проектирование и возведение инженерных сооружений: учеб. пособие для вузов / О.Д. Климов, В.В. Калугин, В.К. Писаренко. – М.: Недра, 1991.
6. Левчук, Г.П. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений / Г.П. Левчук, В.Е. Новак, Н.Н. Лебедев. – М.: Недра, 1983.
7. Подшивалов, В.П. Инженерная геодезия / В.П. Подшивалов, М.С. Нестеренок. – Минск: Выш. шк., 2011.
8. Справочник по геодезическим работам в строительном-монтажном производстве / Под ред. Ю.В.Полищука. – М.: Недра, 1990.
9. Инженерные изыскания для строительства: СНБ 1.02.01–96. – Мн., 1996.
10. Газоснабжение: СНБ 4.03.01-98. – Мн., 1998.
11. Канализация. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.03-85. – М., 1985.
12. Тепловые сети. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.02-182-2009. – Введен в 2010. – Минск, 2010.
13. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования: ТКП 45-3.04-8-2005(02250). Введен в 2006. – Минск,2006.
14. Гидротехнические сооружения. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.04-169-2009 (02050). Введен в 2010. – Минск, 2010.

Учебное издание

*Зуева Людмила Фёдоровна
Кандыбо Светлана Николаевна*

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРУБОПРОВОДОВ И СИСТЕМ МЕЛИОРАЦИИ

Методическое пособие для студентов
факультета водоснабжения и гидромелиорации
дневной и заочной форм обучения

Ответственный за выпуск: Зуева Л.Ф.
Редактор: Строчак Т.В.
Компьютерная верстка: Боровикова Е.А.
Корректор: Никитчик Е.В.

ISBN 978-985-493-211-8



9 789854 932118

Лицензия № 02330/0549435 от 8.04.2009 г.

Подписано к печати 24.01.2012. Формат 60x84 1/16.
Бумага «Снегурочка». Усл. п. л. 4.2. Уч.-изд. л. 4.5
Тираж 100 экз. Заказ № 76.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, Брест, ул. Московская, 267.