

ЛЕКЦИИ

Тема 1. Предмет топографии и геодезии. История развития, выдающиеся ученые.

Топография - научная дисциплина, изучающая земную поверхность (т. е. элементы ее физической поверхности и расположенные на ней объекты деятельности человека) в геометрическом отношении.

Целью этого изучения является создание топографических карт - подробного изображения местности (т. е. участков земной поверхности) на плоскости.

К числу основных научных и практических задач, решаемых топографией, следует отнести разработку и совершенствование методов создания топографических карт, способов изображения на них земной поверхности, способов и правил использования карт в решении научных и практических задач.

Геодезия (от гео.. и греч. daio — разделяю), система наук об определении формы и размеров Земли и об измерениях на земной поверхности для отображения ее на планах и картах.

Подразделяется на астрономогеодезию (высшую геодезию), изучающую фигуру и гравитационное поле Земли, а также теорию и методы построения опорной геодезической сети, топографию, прикладную геодезию и др.

Измерения на земной поверхности, необходимы для наблюдений за движениями и деформациями земной коры, изменениями береговой линии океанов и морей, для установления высоты уровня морей и их разностей, изучения движения земных полюсов, а также для решения разнообразных инженерных задач гражданского, промышленного, сельскохозяйственного, транспортного строительства и др.

Основной метод изучения земной поверхности – топографическая съемка, которая включает комплекс измерительных, вычислительных и графических работ.

Координатные системы, используемые для указания взаимного расположения элементов (точек) земной поверхности, позволяют определить их плановое (т. е. местонахождение на какой-либо поверхности) и высотное (т. е. расположение над исходной поверхностью) положение.

Топография и геодезия тесно связаны с картографией – наукой об отображении и исследовании явлений природы и общества (их размещения, свойств, взаимосвязей и изменений во времени) посредством картографических изображений. К таким изображениям относятся и топографические карты. Картография разрабатывает общие вопросы изображения реальной действительности на картах.

Тесные связи у топографии и геодезии с географией, геологией, почвоведением. Данные этих наук способствуют более глубокому пониманию свойств физической поверхности Земли, правильному изображению их на картах.

Достижения авиационной и фотографической техники позволили развить в топографии такие ее направления, как: аэрофототопография и наземная фототопография. Широкое использование фотоснимков определило связь топографии с фотограмметрией, решающей задачи измерения объектов земной поверхности и определения их координат по фотоизображениям.

Освоение космоса привело к появлению спутниковой геодезии, изучающей фигуру и размеры Земли с помощью искусственных спутников, космических ракет, кораблей и станций. С разработкой методов получения информации о земной поверхности по космическим снимкам стала развиваться космическая топография.

Методы решения научных и практических задач геодезии и топографии основываются на законах математики и физики. При помощи математики устанавливается зависимость между результатами измерений на местности и величинами, необходимыми для создания карт, обосновывается и контролируется точность проводимых работ. Сведения из физики, особенно таких ее разделов, как оптика, радиофизика, электроника, необходимы при разработке новейших геодезических приборов и инструментов. Достижения кибернетики и современной вычислительной техники являются базой для автоматизации работ по созданию топографических карт.

Значение топографии и геодезии для науки и практики трудно переоценить. Топографические карты позволяют изучать поверхность Земли с точки зрения условий для жизнедеятельности человека, степени освоения конкретных территорий и возможностей дальнейшего развития этого процесса. Топографические карты являются основой для отображения результатов научных исследований и практической деятельности в географии, геологии и других науках о Земле. Они нужны при разведке и эксплуатации природных богатств, при планировании и размещении производительных сил страны, проектировании инженерных сооружений, при разработке и осуществлении стратегических, тактических, военно-инженерных и многих других задач. Геодезические измерения широко используются при изысканиях, проектировании и строительстве заводов и фабрик, гидротехнических и мелиоративных сооружений, атомных станций, дорожной сети и др.

Тема 2. Поверхность, форма и размеры Земли

В геодезии для обозначения формы земной поверхности используют термин «**фигура Земли**».

Знание фигуры и размеров Земли необходимо во многих областях и прежде всего для определения положения объектов на земной поверхности и правильного её изображения в виде карт, планов и цифровых моделей местности.

Физическая поверхность Земли состоит из подводной (70,8 %) и надводной (29,2 %) частей. Подводная поверхность включает в себя систему срединно-океанических хребтов, подводные вулканы, океанические желоба, подводные каньоны, океанические плато и абиссальные равнины. Надводная часть земной поверхности также характеризуется многообразием форм. С течением времени поверхность Земли из-за тектонических процессов и эрозии постоянно изменяется.

Представление о фигуре Земли (рис. 2) в целом можно получить, вообразив, что вся планета ограничена мысленно продолженной поверхностью океанов в спокойном состоянии.

Уровненных поверхностей, огибающих Землю, можно вообразить множество. Та из них, что совпадает со средним уровнем воды океанов в спокойном состоянии, т.е. в момент полного равновесия всей массы находящейся в ней воды под влиянием силы тяжести, называется **основной уровневой поверхностью Земли**.

В геодезии, как и в любой другой науке, одним из основополагающих принципов является принцип перехода от общего к частному. Исходя из него, для решения научных и инженерных задач по изучению физической поверхности Земли, а также других геодезических задач, сначала необходимо определиться с математической моделью поверхности Земли. **Математическая поверхность Земли**

Рассмотрим любую материальную точку **A** на физической поверхности Земли (рис. 3).

На эту точку оказывают влияние две силы: сила притяжения $F_{\text{п}}$, направленная к центру Земли, и центробежная сила вращения Земли вокруг своей оси $F_{\text{ц}}$, направленная от оси вращения по перпендикуляру. Равнодействующая этих сил называется силой тяжести $F_{\text{т}}$.

В любой точке земной поверхности направление силы тяжести, называемое ещё вертикальной или отвесной линией, можно легко и просто определить с помощью уровня или отвеса. Оно играет очень большую роль в геодезии. По направлению силы тяжести ориентируется одна из осей пространственной системы координат.

Если через точку A построить замкнутую поверхность, которая в каждой своей точке будет перпендикулярна отвесной линии (направлению силы тяжести), то данную поверхность можно принять в качестве математической при решении некоторых частных задач в геодезии. Такая поверхность получила название *уровенной* или *горизонтальной*. Её недостаток в том, что она содержит элемент неопределенности, т.е. через любую точку можно провести свою уровенную поверхность, и таких поверхностей будет бесчисленное множество.

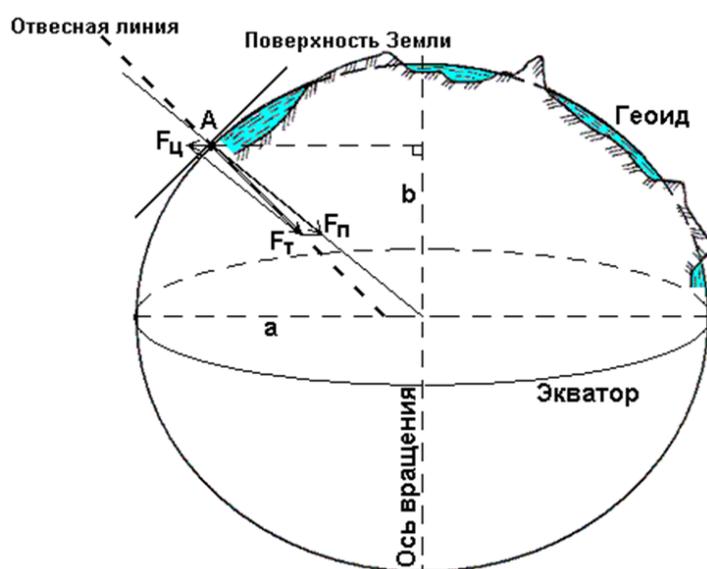


Рис. 1. Геоид – уровенная поверхность Земли

Для устранения этой неопределенности при решении общих геодезических задач принимается так называемая *общая математическая поверхность*, т.е. *уровенная поверхность*, которая в каждой своей точке совпадает со средним уровнем морей и океанов в момент полного равновесия всей массы воды под влиянием силы тяжести. Такая поверхность носит название **общей фигуры Земли** или **поверхности геоида**.

Геоид – выпуклая замкнутая поверхность, совпадающая с поверхностью воды в морях и океанах в спокойном состоянии и перпендикулярная к направлению силы тяжести в любой её точке (см. рис. 3).

Из-за неравномерного распределения масс внутри Земли геоид не имеет правильной геометрической формы, и в математическом отношении его поверхность характеризуется слишком большой сложностью. Поэтому там, где это допустимо, поверхность геоида заменяется приближенными математическими моделями, в качестве которых принимается в одних случаях **земной сфероид**, в других – **земной шар**, а при

топографическом изучении незначительных по размеру территорий – **горизонтальная плоскость**, т.е. плоскость, перпендикулярная к вертикальной линии в данной точке.

Земной сфероид – эллипсоид вращения получается вращением эллипса вокруг его малой оси b (см. рис. 1), совпадающей с осью вращения Земли, причем центр эллипсоида совмещается с центром Земли.

Размеры эллипсоида подбирают при условии наилучшего совпадения поверхности эллипсоида и геоида в целом (общеземной эллипсоид) или отдельных его частей (референц-эллипсоид).

Фигура референц-эллипсоида наилучшим образом подходит для территории отдельной страны или нескольких стран. Как правило, референц-эллипсоиды принимают для обработки геодезических измерений законодательно.

Наиболее удачная математическая модель Земли в виде референц-эллипсоида была предложена проф. Ф. Н. Красовским с большой полуосью $a=6378245$ м, малой – $b=6356863$ м и **коэффициентом сжатия у полюсов** $\alpha = (a-b)/a = 1/298.3 \sim 1/300$.

Постановлением Совета Министров СССР № 760 от 7 апреля 1946 года эллипсоид Красовского принят для территории нашей страны в качестве математической поверхности Земли.

В инженерной геодезии для практических расчетов за математическую поверхность Земли принимают шар со **средним радиусом $R=6371.11$ км**. Объем шара равен объему земного эллипсоида.

Тема 3. Координаты точек на земной поверхности. Ориентирование линий на земной поверхности

Топографическое изучение земной поверхности заключается в определении положения ситуации и рельефа относительно математической поверхности Земли, т.е. в определении пространственных координат характерных точек, необходимых и достаточных для моделирования местности. Модель местности может быть представлена в виде геодезических чертежей, изготовление которых называют картографированием, и аналитически – в виде совокупности координат характерных точек. Для построения моделей местности в геодезии применяют метод проекций и различные системы координат.

Метод горизонтальной проекции заключается в том, что изучаемые точки (A, B, C, D, E) местности с помощью вертикальных (отвесных) линии проектируются на уровенную поверхность U (рис. 2), в результате чего получают горизонтальные проекции этих точек (a, b, c, d, e). Отрезки Aa, Bb, Cc, Dd, Ee называются высотами точек, а численные их значения – отметками.

Высота точки является одной из её пространственных координат. Отметка называется абсолютной, если в качестве уровенной поверхности принимается геоид, и относительной или условной, если для этого принимается произвольная уровенная поверхность.

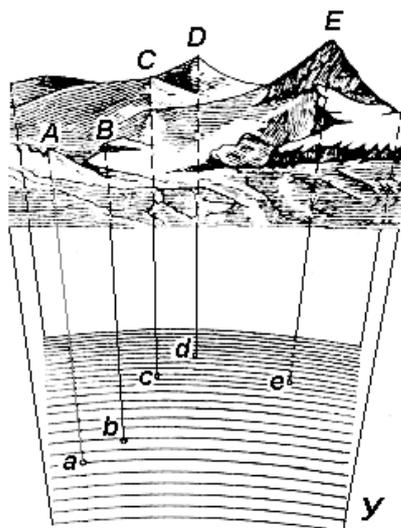


Рис. 2. Проектирование точек местности на уровенную поверхность Земли

Две другие недостающие координаты точки определяются с помощью системы координат,

построенной на математической поверхности Земли (рис. 3).

Через любую точку поверхности референц-эллипсоида можно провести две взаимно перпендикулярные плоскости:

- плоскость геодезического меридиана – плоскость, проходящая через ось вращения Земли PP' ;
- плоскость геодезической широты, которая перпендикулярна плоскости геодезического меридиана.

Следы сечения поверхности референц-эллипсоида этими плоскостями называют меридианом (M) и параллелью.

Меридиан, проходящий через астрономическую обсерваторию в Гринвиче, называется начальным или нулевым (M_0).

Параллель, плоскость которой проходит через центр Земли O , называется экватором (\mathcal{E}).

Плоскость, проходящая через центр Земли O перпендикулярно к её оси вращения PP' , называется экваториальной.

Основой для всех систем координат являются плоскости меридиана и экватора.

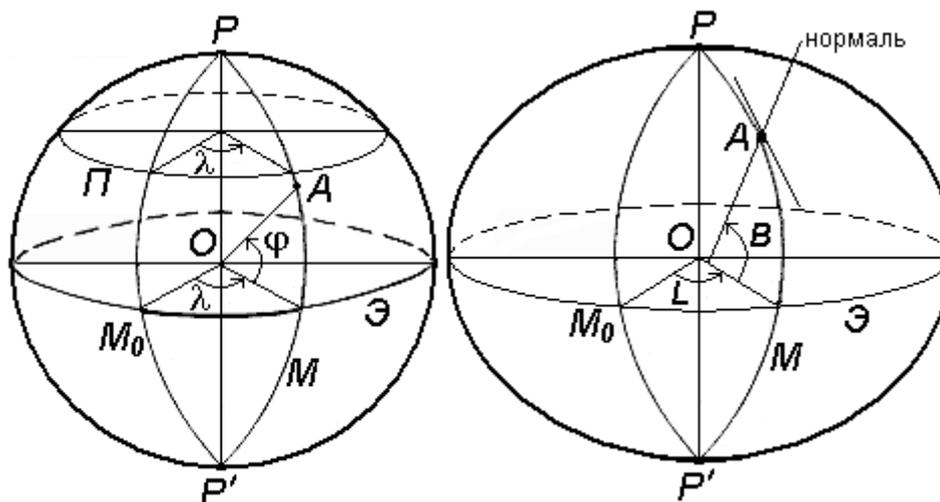


Рис. 3. Система географических координат Рис. 4. Система геодезических координат

Системы координат подразделяются на угловые, линейные и линейно – угловые.

Примером угловых координат являются географические координаты (рис.6): широта \square и долгота \square Вдоль соответствующих параллели и меридиана широта и долгота точек постоянны.

В геодезии применяются следующие системы координат:

- геодезические;
- астрономические;
- географические;
- плоские прямоугольные геодезические (зональные);
- полярные;
- местные.

Геодезические координаты

Геодезические координаты определяют положение точки земной поверхности на референц-эллипсоиде (рис.4).

Геодезическая широта B – угол, образованный нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке и плоскостью его экватора. Широта отсчитывается от экватора к северу или югу от 0° до 90° и соответственно называется северной или южной широтой.

Геодезическая долгота L – двугранный угол между плоскостями геодезического меридиана данной точки и начального геодезического Гринвичского меридиана.

Долготы точек, расположенных к востоку от начального меридиана, называются восточными, а к западу – западными.

Астрономические координаты (для геодезии)

Астрономическая широта φ и долгота λ определяют положение точки земной поверхности относительно экваториальной плоскости и плоскости начального астрономического меридиана (рис.4).

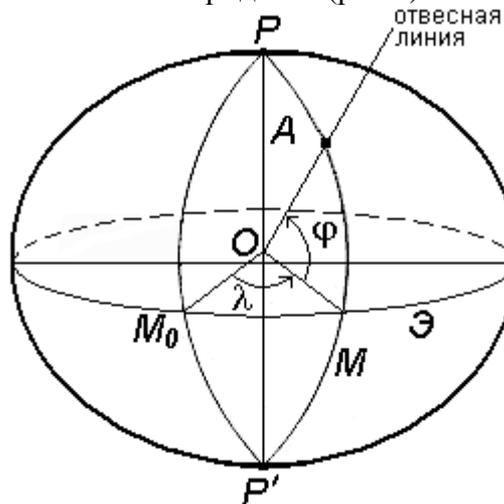


Рис. 5. Система астрономических координат

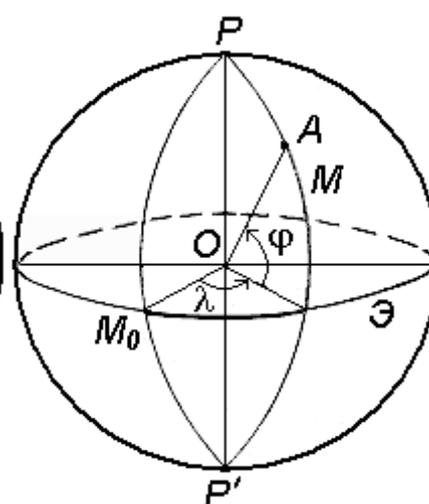


Рис. 6. Система географических координат

Астрономическая широта φ – угол, образованный отвесной линией в данной точке и экваториальной плоскостью.

Астрономическая долгота λ – двугранный угол между плоскостями астрономического меридиана данной точки и начального астрономического меридиана.

Плоскостью астрономического меридиана является плоскость, проходящая через отвесную линию в данной точке и параллельная оси вращения Земли.

Астрономическая широта φ и долгота λ определяются астрономическими наблюдениями.

Геодезические и астрономические координаты отличаются (имеют расхождение) из-за отклонения отвесной линии от нормали к поверхности эллипсоида. При составлении географических карт этим отклонением пренебрегают.

Географические координаты

Географические координаты – величины, обобщающие две системы координат: геодезическую и астрономическую, используют в тех случаях, когда отклонение отвесных линий от нормали к поверхности не учитывается (рис.6).

Географическая широта φ – угол, образованный отвесной линией в данной точке и экваториальной плоскостью.

Географическая долгота λ – двугранный угол между плоскостями меридиана данной точки с плоскостью начального меридиана.

Плоские прямоугольные геодезические координаты (зональные).

При решении инженерно-геодезических задач в основном применяют плоскую прямоугольную геодезическую и полярную системы координат.

Для определения положения точек в плоской прямоугольной геодезической системе координат используют горизонтальную координатную плоскость XOY (рис.7),

образованную двумя взаимно перпендикулярными прямыми. Одну из них принимают за ось абсцисс X , другую – за ось ординат Y , точку пересечения осей O – за начало координат.

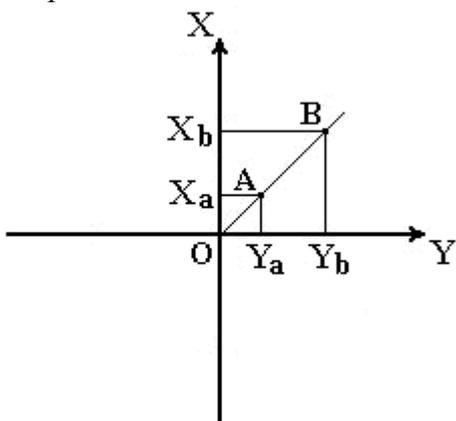


Рис.7. Плоская прямоугольная система координат

Изучаемые точки проектируют с математической поверхности Земли на координатную плоскость XOY . Так как сферическая поверхность не может быть спроектирована на плоскость без искажений (без разрывов и складок), то при построении плоской проекции математической поверхности Земли принимается неизбежность данных искажений, но при этом их величины должным образом ограничивают. Для этого применяется равноугольная картографическая проекция Гаусса – Крюгера (проекция названа по имени немецких ученых, предложивших данную проекцию и разработавших формулы для её применения в геодезии), в которой математическая поверхность Земли проектируется на плоскость по участкам – зонам, на которые вся земная поверхность делится меридианами через 6° или 3° , начиная с начального меридиана (рис. 8).

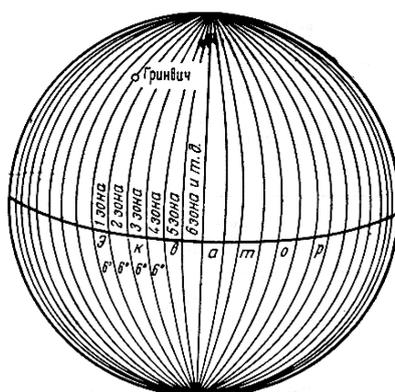


Рис. 8. Деление математической поверхности Земли на шестиградусные зоны

В пределах каждой зоны строится своя прямоугольная система координат. С этой целью все точки данной зоны проецируются на поверхность цилиндра (рис. 9, а), ось которого находится в плоскости экватора Земли, а его поверхность касается поверхности Земли вдоль среднего меридиана зоны, называемого осевым. При этом соблюдается условие сохранения подобия фигур на земле и в проекции при малых размерах этих фигур.

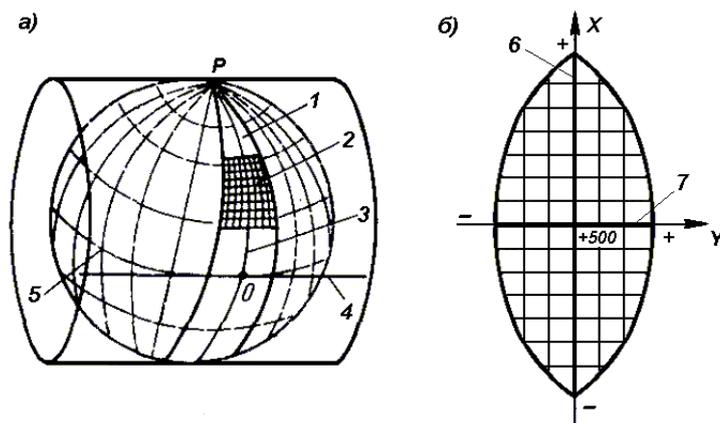


Рис. 9. Равноугольная картографическая проекция Гаусса – Крюгера (а) и зональная система координат (б):

- 1 – зона, 2 – координатная сетка, 3 – осевой меридиан, 4 – проекция экватора на поверхность цилиндра, 5 – экватор,
 6 – ось абсцисс – проекция осевого меридиана, 7 – ось ординат – проекция экватора

После проектирования точек зоны на цилиндр, он разворачивается на плоскость, на которой изображение проекции осевого меридиана и соответствующего участка экватора будет представлена в виде двух взаимно перпендикулярных прямых (рис. 12, б). Точка пересечения их принимается за начало зональной плоской прямоугольной системы координат, изображение северного направления осевого меридиана – за положительную ось абсцисс, а изображение восточного направления экватора – за положительное направление оси ординат.

Для всех точек на территории нашей страны абсциссы имеют положительное значение. Чтобы ординаты точек также были только положительными, в каждой зоне ординату начала координат принимают равной 500 км (рис. 12, б). Таким образом, точки, расположенные к западу от осевого меридиана, имеют ординаты меньше 500 км, а к востоку – больше 500 км. Эти ординаты называют преобразованными.

На границах зон в пределах широт от 30° до 70° относительные ошибки, происходящие от искажения длин линий в этой проекции, колеблются от 1 : 1000 до 1 : 6000. Когда такие ошибки недопустимы, прибегают к трехградусным зонам.

На картах, составленных в равноугольной картографической проекции Гаусса – Крюгера, искажения длин в различных точках проекции различны, но по разным направлениям, выходящим из одной и той же точки, эти искажения будут одинаковы. Круг весьма малого радиуса, взятый на уровенной поверхности, изобразится в этой проекции тоже кругом. Поэтому говорят, что рассматриваемая проекция конформна, т. е. сохраняет подобие фигур на сфере и в проекции при весьма малых размерах этих фигур. Таким образом, изображения контуров земной поверхности в этой проекции весьма близки к тем, которые получают.

Четверти прямоугольной системы координат нумеруются. Их счет идет по ходу стрелки от положительного направления оси абсцисс (рис.10).

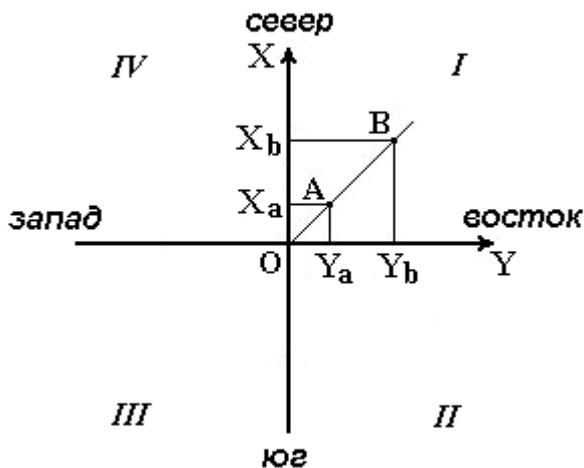


Рис. 10. Четверти прямоугольной системы координат

Если за начало плоской прямоугольной системы координат принять произвольную точку, то она будет называться относительной или условной.

Полярные координаты

При выполнении съемочных и разбивочных геодезических работ часто применяют полярную систему координат (рис.14). Она состоит из полюса O и полярной оси OP , в качестве которых принимается прямая с известным началом и направлением.

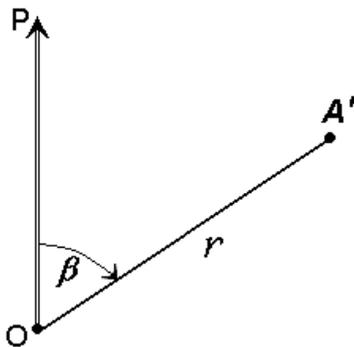


Рис. 11. Полярная система координат

Для определения положения точек в данной системе используют линейно-угловые координаты: угол β , отсчитываемый по часовой стрелке от полярной оси OP до направления на горизонтальную проекцию точки A' , и полярное расстояние r от полюса системы O до проекции A' .

Системы высот

Высота точки является третьей координатой, определяющей её положение в пространстве.

В геодезии для определения отметок точек применяются следующие системы высот (рис.12):

- ортометрическая (абсолютная);
- геодезическая;
- нормальная (обобщенная);
- относительная (условная).

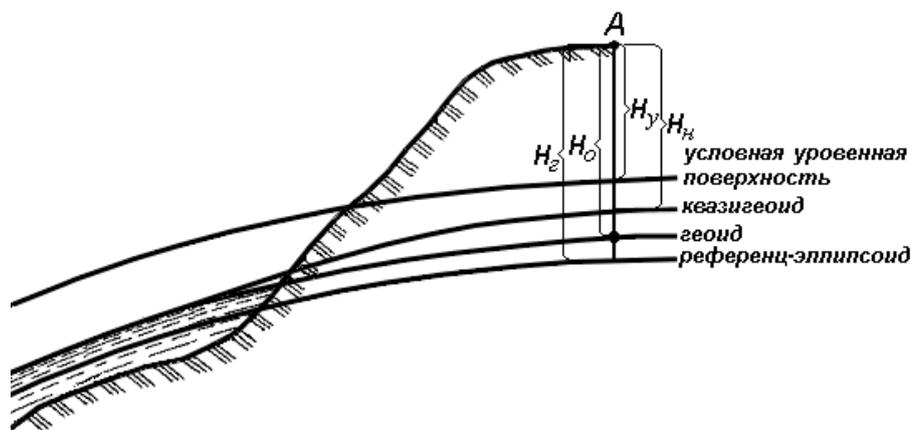


Рис. 12. Системы высот в геодезии

Ортометрическая (абсолютная) высота H_o – расстояние, отсчитываемое по направлению отвесной линии от поверхности геоида до данной точки.

Геодезическая высота H_z – расстояние, отсчитываемое по направлению нормали от поверхности референц-эллипсоида до данной точки.

В нашей стране все высоты реперов государственной нивелирной сети определены в нормальной системе высот. Это связано с тем, что положение геоида под материками определить сложно. Поэтому с конца 40-х годов в СССР было принято решение не применять ортометрическую систему высот.

В нормальной системе высот отметка точки H_n отсчитывается по направлению отвесной линии от поверхности квазигеоида, близкой к поверхности геоида.

Квазигеоид («якобы геоид») – фигура, предложенная в 1950-х г.г. советским учёным М.С. Молоденским в качестве строгого решения задачи определения фигуры Земли. Квазигеоид определяется по измеренным значениям потенциалов силы тяжести согласно положениям теории М.С. Молоденского.

В нашей стране все высоты реперов государственной нивелирной сети определены в нормальной системе высот. Это связано с тем, что положение геоида под материками определить сложно. Поэтому с конца 40-х годов в СССР было принято решение не применять ортометрическую систему высот.

В России абсолютные высоты точек определяются в Балтийской системе высот (БСВ) относительно нуля Кронштадтского футштока – горизонтальной черты на медной пластине, прикрепленной к устью моста через обводной канал в г. Кронштадте.

Относительная высота H_y – измеряется от любой другой поверхности, а не от основной уровенной поверхности.

Местная система высот – Тихоокеанская, её уровенная поверхность ниже нуля Кронштадтского футштока на 1873 мм.

При выполнении геодезических работ на местности, а также при решении инженерно-геодезических задач на топографических картах и планах возникает необходимость в определении положения линий местности относительно какого-либо направления, принимаемого за основное (исходное). Такое определение называется ориентированием.

Чаще всего за основное принимается направление меридиана, и положение линий местности определяется относительно сторон горизонта – севера, востока, юга и запада. Такое ориентирование называется ориентированием относительно стран света.

В геодезии при ориентировании за основное направление принимают направление осевого, истинного или магнитного меридианов. При этом положение линии определяют с

помощью соответствующих углов ориентирования: дирекционного угла, истинного или магнитного азимута.

Дирекционные углы и осевые румбы

Осевой (средний) истинный меридиан зоны часто принимают за основное направление. В этом случае положение линии местности относительно осевого меридиана определяет угол ориентирования, называемый дирекционным (рис. 13).

Дирекционный угол измеряется от северного направления осевого меридиана в направлении движения часовой стрелки через восток, юг и запад. Следовательно, градусная величина дирекционного угла может иметь любое значение от 0° до 360° .

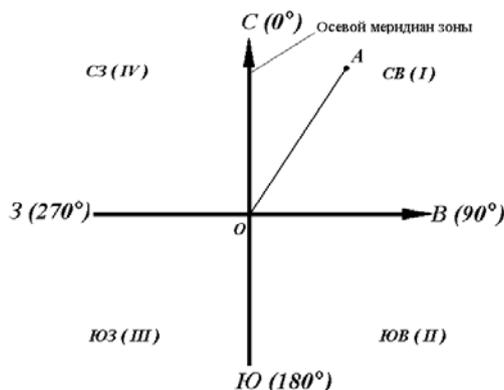


Рис. 13. Дирекционные углы

Для линии OA её дирекционным углом в точке O является горизонтальный угол α_{OA} между северным направлением осевого меридиана и направлением линии. Для линий OB , OE и OF – α_{OB} , α_{OE} , α_{OF} .

Таким образом, **дирекционным углом** является угол в горизонтальной плоскости, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана по ходу часовой стрелки до данной линии.

В геодезии принято различать прямое и обратное направление линии (рис. 14). Так, если BC считать прямым направлением линии, то CB будет обратным направлением той же линии. В соответствии с этим α_{BC} является прямым дирекционным углом линии BC в точке M , а угол α_{CB} – обратным дирекционным углом этой же линии в той же точке.

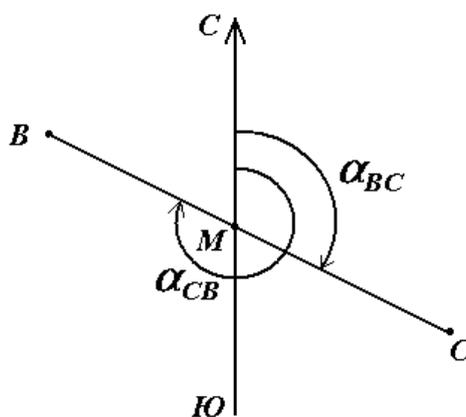


Рис. 14. Прямое и обратное направление линии

Из рисунка видно, что $\alpha_{CB} = \alpha_{BC} + 180^\circ$, т.е. прямой и обратный дирекционные углы отличаются друг от друга на 180° .

Иногда для ориентирования линии местности пользуются не дирекционными углами, а румбами (рис. 15).

Осевым румбом называется острый горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления осевого меридиана (северного или южного) до данной линии. Румбы обозначают буквой r с индексом, указывающим четверть, в которой находится румб.

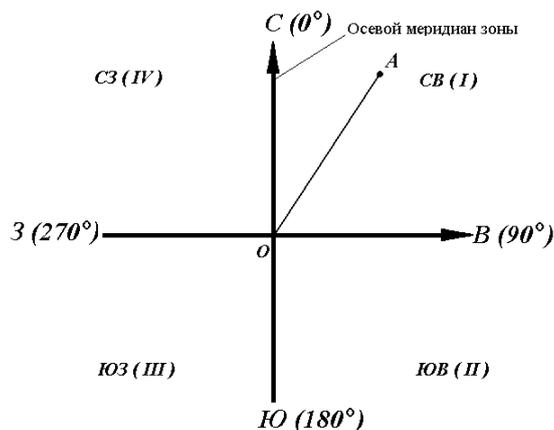


Рис. 15. Румбы и дирекционные углы

Название четвертей составлены из соответствующих обозначений главных точек горизонта: север (С), юг (Ю), восток (В), запад (З).

Зависимость между дирекционными углами и румбами определяется для четвертей по следующим формулам:

I четверть (СВ) $r = \alpha$

II четверть (ЮВ) $r = 180^\circ - \alpha$

III четверть (ЮЗ) $r = \alpha - 180^\circ$

IV четверть (СЗ) $r = 360^\circ - \alpha$

Румб в точке M направления BC называется прямым, а противоположного направления CB – обратным. Прямой и обратный румб в одной и той же точке данной линии равны по численному значению, но имеют индексы противоположных четвертей.

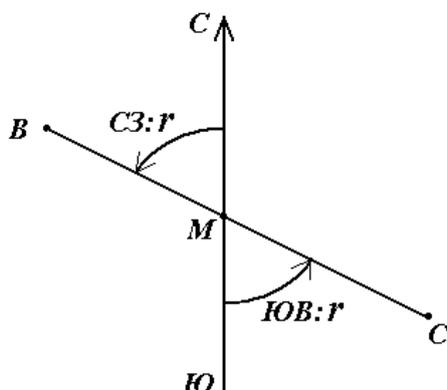


Рис. 16. Прямой и обратный румбы

Истинные азимуты и румбы

Кроме осевого меридиана зоны при ориентировании линий местности за основное направление может приниматься направление **истинного (географического) меридиана**.

Истинный меридиан – линия пересечения земной поверхности с плоскостью, проходящей через отвесную линию и ось вращения Земли.

Положение линии местности относительно истинного меридиана определяется истинным азимутом или истинным румбом.

Истинный азимут линии – угол в горизонтальной плоскости, отсчитываемый от северного направления истинного меридиана по ходу часовой стрелки до данной линии (рис. 17).

Истинный румб линии – острый горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления истинного меридиана (северного или южного) до данной линии.

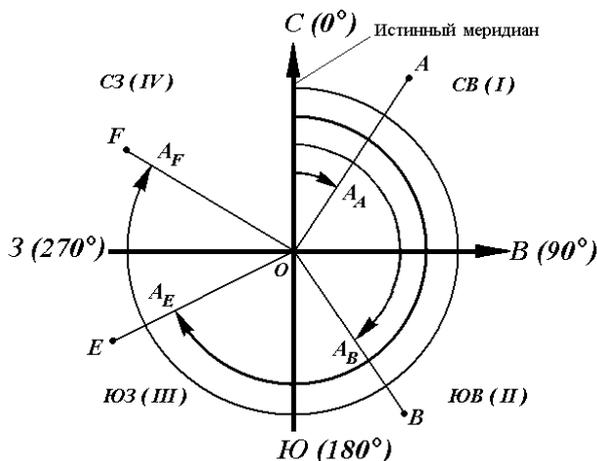
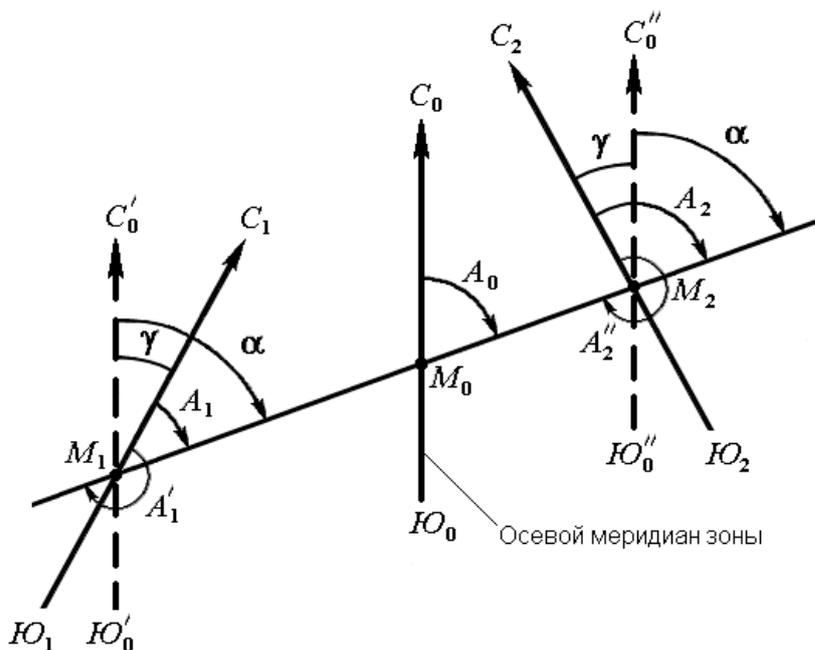


Рис. 17. Истинные азимуты

Истинный азимут A измеряется от 0° до 360° . Зависимость между истинными азимутами и румбами такая же, как и между дирекционными углами и осевыми румбами.

Истинные меридианы, проходящие через точки Земли с разной долготой, не параллельны между собой и сходятся на полюсах. Поэтому азимуты одной и той же прямой линии, определяемые относительно разных истинных меридианов, отличаются на величину γ (рис. 18), которую называют углом сближения меридианов. Его приближенное значение можно рассчитать по формулам:

$$\gamma = 0,54 \cdot l \cdot \text{tg}\varphi \text{ или } \gamma = \sin\varphi \cdot \Delta\lambda,$$



где l – длина прямой линии между точками (км); φ – средняя широта линии; $\Delta\lambda$ – разность долгот. При $l = 1$ км и широте Хабаровска $\varphi = 48^\circ 28'$ угол сближения меридианов $\gamma = 0,6' = 36''$.

Рис. 18. Зависимость между истинным азимутом и дирекционным углом

Для перехода от дирекционного угла к истинному азимуту и

наоборот необходимо знать угол сближения γ между осевым и истинным меридианом (рис. 21). Зависимость между истинным азимутом и дирекционным углом следующая

$$A = \alpha + \gamma .$$

Если точка расположена к западу от осевого меридиана, то величину угла сближения γ между осевым и истинным меридианом принято считать отрицательной, если к востоку – положительной (рис. 21). Например, истинные азимуты линии при дирекционном угле $\alpha = 70^\circ$ и углах сближения $\gamma = - 0^\circ 50'$ для западной точки **М1**, $\gamma = 0^\circ 50'$ для восточной – **М2** соответственно равны

$$A_1 = 70^\circ - 0^\circ 50' = 69^\circ 50' ,$$

$$A_2 = 70^\circ + 0^\circ 50' = 70^\circ 50' .$$

Магнитные азимуты и румбы

При ориентировании линий местности за основное направление может также приниматься **направление магнитного меридиана**.

Магнитная стрелка на концах имеет точки, в которых сосредоточены магнитные массы. Соединяющая их линия называется **магнитной осью стрелки**.

Вертикальная плоскость, проходящая через магнитную ось стрелки, является **плоскостью магнитного меридиана**.

Линия пересечения плоскости магнитного меридиана с горизонтальной плоскостью дает направление магнитного меридиана.

Горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления магнитного меридиана по ходу часовой стрелки до данной линии, называется **магнитным азимутом** A_M (рис. 19).

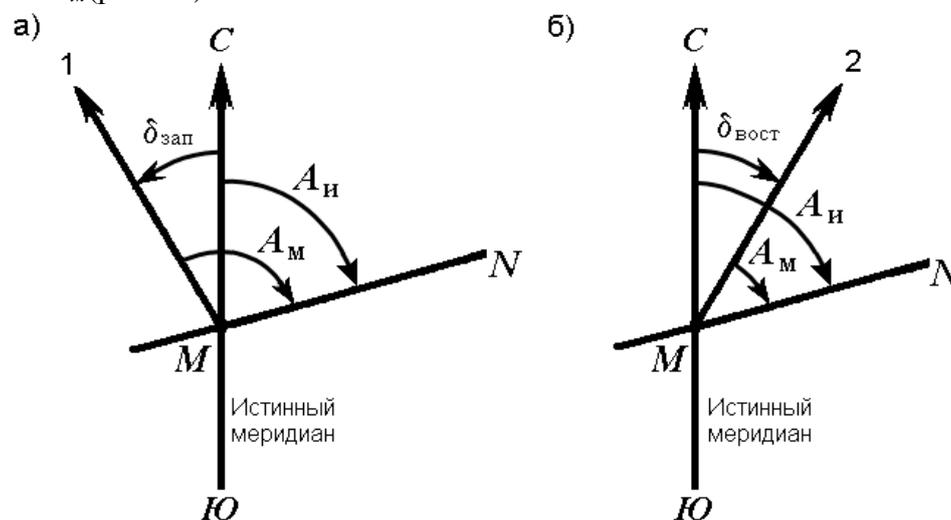


Рис. 19. Магнитный азимут и склонение магнитной стрелки: а) западное; б) восточное

В каждой точке на поверхности Земли магнитный и истинный меридианы образуют между собой угол, называемый **склонением магнитной стрелки** δ (рис. 22). Северный конец магнитной стрелки может отклоняться от истинного меридиана к западу или востоку. В зависимости от этого различают западное и восточное склонения. Восточное склонение принято считать положительным, западное – отрицательным:

$$A_u = A_M + \delta_{вост} ,$$

$$A_u = A_M - \delta_{зап} .$$

Магнитное склонение в разных пунктах Земли различно и непостоянно. Различают вековые, годовые и суточные изменения склонения. В связи с этим магнитная стрелка

указывает направление магнитного меридиана приблизительно и ориентировать линию по нему можно только тогда, когда не требуется большая точность ориентирования.

Прямая и обратная геодезические задачи

Прямая геодезическая задача

В геодезии часто приходится передавать координаты с одной точки на другую. Например, зная исходные координаты точки **A** (рис.20), горизонтальное расстояние S_{AB} от неё до точки **B** и направление линии, соединяющей обе точки (дирекционный угол α_{AB} или румб r_{AB}), можно определить координаты точки **B**. В такой постановке передача координат называется **прямой геодезической задачей**.

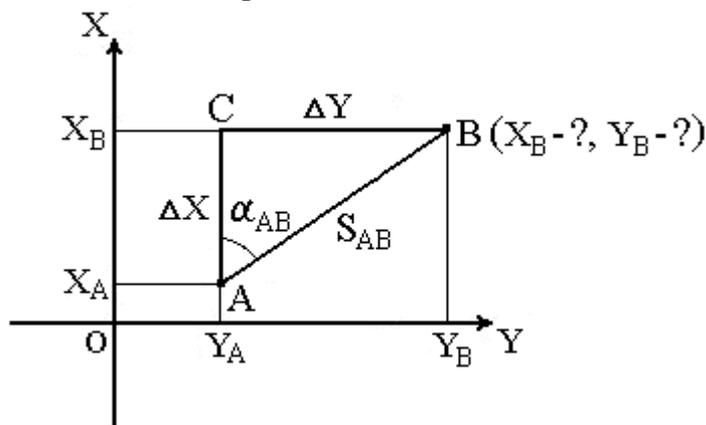


Рис. 20. Прямая геодезическая задача

Для точек, расположенных на сфероиде, решение данной задачи представляет значительные трудности. Для точек на плоскости она решается следующим образом.

Дано: Точка $A(X_A, Y_A)$, S_{AB} и α_{AB} .

Найти: точку $B(X_B, Y_B)$.

Непосредственно из рисунка имеем:

$$\Delta X = X_B - X_A;$$

$$\Delta Y = Y_B - Y_A.$$

Разности ΔX и ΔY координат точек последующей и предыдущей называются приращениями координат. Они представляют собой проекции отрезка AB на соответствующие оси координат. Их значения находим из прямоугольного треугольника ABC :

$$\Delta X = S_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB};$$

$$\Delta Y = S_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB}.$$

Так как в этих формулах S_{AB} всегда число положительное, то знаки приращений координат ΔX и ΔY зависят от знаков $\cos \alpha_{AB}$ и $\sin \alpha_{AB}$. Для различных значений углов знаки ΔX и ΔY представлены в табл.1.

Таблица 1.

Знаки приращений координат ΔX и ΔY

Приращен ия координат	Четверть окружности в которую направлена линия			
	I (СВ)	II (ЮВ)	III (ЮЗ)	IV (СЗ)
ΔX	+	-	-	+
ΔY	+	+	-	-

При помощи румба приращения координат вычисляются по формулам:

$$\Delta X = S_{AB} \cdot \cos r_{AB} ;$$

$$\Delta Y = S_{AB} \cdot \sin r_{AB} .$$

Знаки приращения дают в зависимости от названия румба.

Вычислив приращения координат, находим искомые координаты другой точки:

$$X_B = X_A + \Delta X ;$$

$$Y_B = Y_A + \Delta Y .$$

Таким образом можно найти координаты любого числа точек по правилу: координаты последующей точки равны координатам предыдущей точки плюс соответствующие приращения. **2.3.2. Обратная геодезическая задача**

Обратная геодезическая задача заключается в том, что при известных координатах точек $A(X_A, Y_A)$ и $B(X_B, Y_B)$ необходимо найти длину S_{AB} и направление линии AB : румб r_{AB} и дирекционный угол α_{AB} (рис.21).

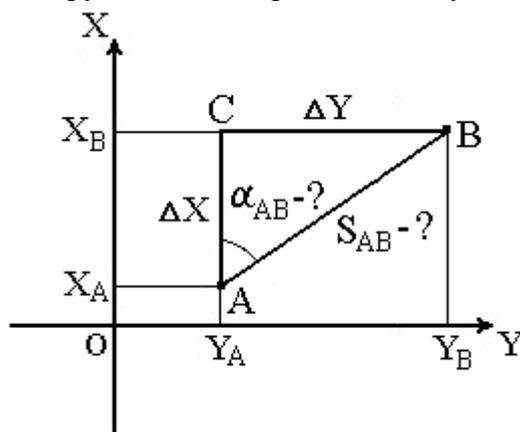


Рис. 21. Обратная геодезическая задача

Данная задача решается следующим образом.

Сначала находим приращения координат:

$$\Delta X = X_B - X_A ;$$

$$\Delta Y = Y_B - Y_A .$$

Величину угла r_{AB} определим из отношения

$$\frac{Y}{X} = \operatorname{tgr}_{AB}$$

По знакам приращений координат вычисляют четверть, в которой располагается румб, и его название. Используя зависимость между дирекционными углами и румбами, находим α_{AB} .

Для контроля расстояние S_{AB} дважды вычисляют по формулам:

$$S_{AB} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha_{AB}} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_{AB}} = \Delta X \cdot \sec \alpha_{AB} = \Delta Y \cdot \operatorname{cosec} \alpha_{AB}$$

$$S_{AB} = \frac{\Delta X}{\cos r_{AB}} = \frac{\Delta Y}{\sin r_{AB}} = \Delta X \cdot \sec r_{AB} = \Delta Y \cdot \operatorname{cosec} r_{AB}$$

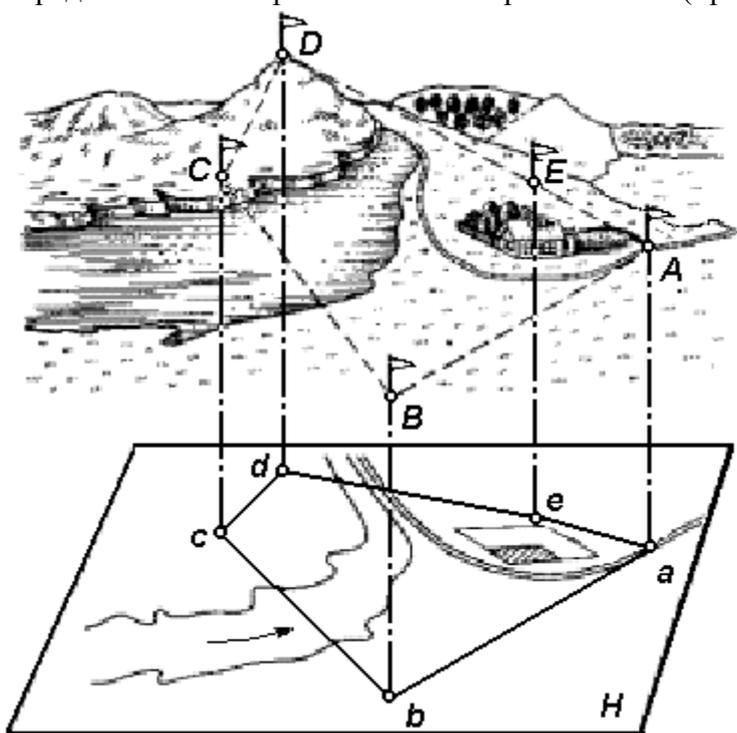
$$AB = \overline{AB} \cos r + \overline{AB} \sin r$$

Расстояние S_{AB} можно определить также по формуле

$$S_{AB} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

Тема 4. Свойства топографической карты. Разграфка и номенклатура топографических карт

Чтобы спроектировать линию местности на горизонтальную плоскость, нужно определить её горизонтальное проложение (проекцию линии на горизонтальную



плоскость) и уменьшить его до определенного масштаба. Для проектирования на горизонтальную плоскость какого-либо многоугольника (рис. 22) измеряют расстояния между его вершинами и горизонтальные проекции его углов.

Совокупность линейных и угловых измерений на земной поверхности называется **геодезической съемкой**. По результатам геодезической съемки составляют план или карту.

Рис. 22. Проектирование участка земной поверхности на горизонтальную плоскость

План – чертеж, на котором в уменьшенном и подобном виде изображается горизонтальная проекция небольшого участка местности.

Карта – уменьшенное и искаженное, вследствие влияния кривизны Земли, изображение горизонтальной проекции значительной части или всей земной поверхности, построенное по определенным математическим законам.

Таким образом, и план, и карта – это уменьшенные изображения земной поверхности на плоскости. Различие между ними состоит в том, что при составлении карты проектирование производят с искажениями поверхности за счет влияния кривизны Земли, на плане изображение получают практически без искажений.

В зависимости от назначения планы и карты могут быть контурные и топографические. На контурных планах и картах условными знаками изображают ситуацию, т.е. только контуры (очертания) горизонтальных проекций местных предметов (дорог, строений, пашен, лугов, лесов и т.п.).

На топографических картах и планах кроме ситуации изображают ещё рельеф местности.

Для проектирования железных, шоссейных дорог, каналов, трасс, водопроводов и других сооружений необходимо иметь вертикальный разрез или профиль местности.

Профилем местности называется чертеж, на котором изображается в уменьшенном виде сечение вертикальной плоскостью поверхности Земли по заданному направлению.

Как правило, разрез местности (рис. 23, а) представляет собой кривую линию АВС...G. На профиле (рис. 23, б) она строится в виде ломаной линии abc...g. Уровненную поверхность изображают прямой линией. Для большей наглядности вертикальные отрезки (высоты, превышения) делают крупнее, чем горизонтальные (расстояния между точками).



Рис. 23. Вертикальный разрез (а) и профиль (б) местности

Масштабом называется степень уменьшения горизонтальных проложений линий местности при изображении их на плане, карте или аэроснимке. Различают численный и графические масштабы; к последним относятся линейный, поперечный и переходный масштабы.

Численный масштаб. Численный масштаб выражается в виде дроби, числитель которой равен единице, а в знаменателе стоит число, показывающее степень уменьшения горизонтальных проложений. На топографических картах численный масштаб подписывается внизу листа карты в виде 1:М, например, 1:10000. Если длина линии на карте равна s, то горизонтальное проложение S линии местности будет равно:

$$S = s * M .$$

В нашей стране приняты следующие масштабы топографических карт: **1:1 000 000, 1:500 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000**. Этот ряд масштабов называется стандартным. Раньше этот ряд включал масштабы 1:300 000, 1:5000 и 1:2000.

Линейный масштаб. Линейный масштаб - это графический масштаб; он строится в соответствии с численным масштабом карты в следующем порядке:

- проводится прямая линия и на ней несколько раз подряд откладывается отрезок а постоянной длины, называемый основанием масштаба (при длине основания а=2 см линейный масштаб называется нормальным); для масштаба 1:10 000 а соответствует 200 м,
- у конца первого отрезка ставится нуль,
- влево от нуля подписывают одно основание масштаба и делят его на 20 частей,
- вправо от нуля подписывают несколько оснований,
- параллельно основной прямой проводят еще одну прямую и между ними прочерчивают короткие штрихи (рис.24).



Рис.24

Линейный масштаб помещается внизу листа карты.

Чтобы измерить длину линии на карте, фиксируют ее раствором циркуля-измерителя, затем правую иглу ставят на целое основание так, чтобы левая игла находилась внутри первого основания. Считывают с масштаба два отсчета: N_1 - по правой игле и N_2 - по левой; длина линии равна сумме отсчетов

$$S = N_1 + N_2 ;$$

сложение отсчетов выполняют в уме.

Поперечный масштаб. Проведем прямую линию CD и отложим на ней несколько раз основание масштаба - отрезок а длиной 2 см (рис.25). В полученных точках восстановим перпендикуляры к линии CD; на крайних перпендикулярах отложим m раз вверх от линии CD отрезок постоянной длины и проведем линии, параллельные линии CD. Крайнее левое основание разделим на n равных частей. Соединим i -тую точку основания CA с $(i-1)$ -й точкой линии BL; эти линии называются трансверсалими. Построенный таким образом масштаб называется поперечным.

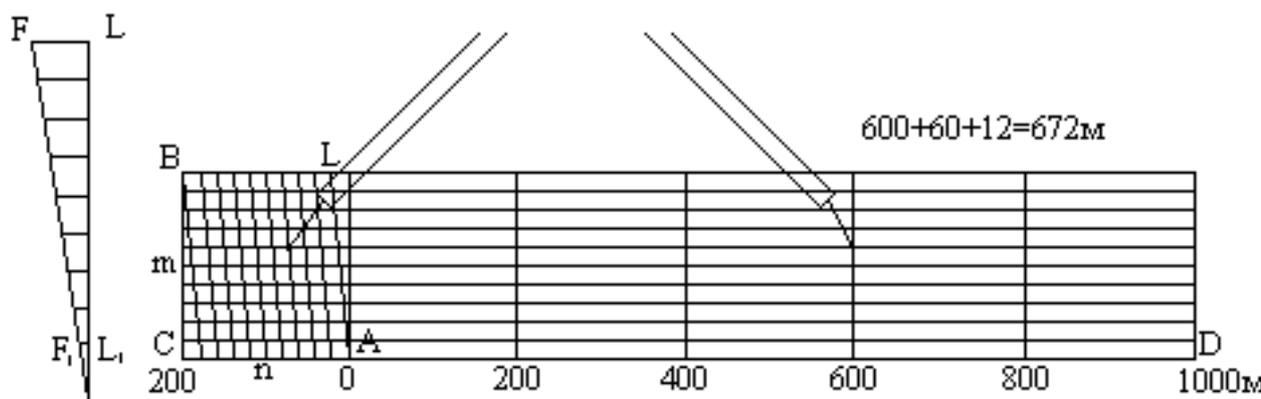


Рис.25

Если основание масштаба равно 2 см, то масштаб называется нормальным; если $m = n = 10$, то масштаб называется сотенным.

Наименьшее деление поперечного масштаба равно отрезку F_1L_1 ; на такую длину отличаются два соседних параллельно расположенных отрезка при движении вверх по трансверсали и по вертикальной линии. Теория поперечного масштаба заключается в выводе формулы цены его наименьшего деления.

Рассотрим два подобных треугольника AF_1L_1 и AFL , из подобия которых следует:

$$\frac{F_1 L_1}{FL} = \frac{AL_1}{AL}, \quad (5.2)$$

откуда $F_1 L_1 = FL \cdot (AL_1 / AL)$.

По построению $FL = a/n$ и $(AL_1 / AL) = 1/m$. Подставим эти равенства в формулу (5.2) и получим:

$$F_1 L_1 = \frac{a}{m \cdot n}. \quad (5.3)$$

При $m = n = 10$ имеем $F_1 L_1 = a/100$, то-есть, у сотенного масштаба цена наименьшего деления равна одной сотой доле основания.

Порядок пользования поперечным масштабом:

циркулем-измерителем зафиксировать длину линии на карте,

одну ножку циркуля поставить на целое основание, а другую - на любую трансверсаль, при этом обе ножки циркуля должны располагаться на линии, параллельной линии CD,

длина линии составляется из трех отсчетов: отсчет целых оснований, умноженный на цену основания, плюс отсчет делений левого основания, умноженный на цену деления левого основания, плюс отсчет делений вверх по трансверсали, умноженный на цену наименьшего деления масштаба. Точность измерения длины линий по поперечному масштабу оценивается половиной цены его наименьшего деления.

Переходный масштаб. Иногда в практике приходится пользоваться картой или аэроснимком, масштаб которых не является стандартным, например, 1:17500, то-есть, 2 см на карте соответствуют 350 м на местности; наименьшее деление нормального поперечного сотенного масштаба будет при этом 3.5 м. Оцифровка такого масштаба неудобна для практических работ, поэтому поступают следующим образом. Основание поперечного масштаба берут не 2 см, а рассчитывают так, чтобы оно соответствовало круглому числу метров, например, 400 м. Длина основания в этом случае будет $a = 400 \text{ м} / 175 \text{ м} = 2.28 \text{ см}$.

Если теперь построить поперечный масштаб с длиной основания $a = 2.28 \text{ см}$, то одно деление левого основания будет соответствовать 40 м, а цена наименьшего деления будет равна 4 м.

Поперечный масштаб с дробным основанием называется переходным.

Точность масштаба. Карта или план - это графические документы. Принято считать, что точность графических построений оценивается величиной 0.1 мм. Длина горизонтального проложения линии местности, соответствующего на карте отрезку 0.1 мм, называется точностью масштаба. Практический смысл этого понятия заключается в том, что детали местности, имеющие размеры меньше точности масштаба, на карте в масштабе изобразить невозможно, и приходится применять так называемые немасштабные условные знаки.

Кроме понятия "точность масштаба" существует понятие "точность плана". Точность плана показывает, с какой ошибкой нанесены на план или карту точечные объекты или четкие контуры. Точность плана оценивается в большинстве случаев величиной 0.5 мм; в нее входят ошибки всех процессов создания плана или карты, в том числе и ошибки графических построений.

Разработка и номенклатура топографических карт

Номенклатурой называется система нумерации отдельных листов топографических карт и планов разных масштабов. Схема взаимного расположения отдельных листов называется разграфкой.

В нашей стране принята международная система разграфки и номенклатуры топографических карт; ее основой является лист карты масштаба **1:1 000 000**.

Вся поверхность Земли условно разделена меридианами и параллелями на трапеции размером 6° по долготе и 4° по широте; каждая трапеция изображается на одном листе карты масштаба 1:1 000 000. Листы карт, на которых изображаются трапеции, расположенные между двумя соседними параллелями, образуют ряды, которые обозначаются буквами латинского алфавита от А до V от экватора к северу и к югу. Листы карт, на которых изображаются трапеции, расположенные между двумя соседними меридианами, образуют колонны. Колонны имеют порядковые номера от 1 до 60, начиная с меридиана 180° ; колонна листов карт, на которой изображена 1-я зона проекции Гаусса (см. раздел 1.7), имеет порядковый номер 31 (рис.26).

Номенклатура листа карты миллионного масштаба составляется из буквы ряда и номера колонны, например, N-37.

Листы карты масштаба 1:500 000 получают делением листа миллионного масштаба на 4 части средним меридианом и средне параллелью.

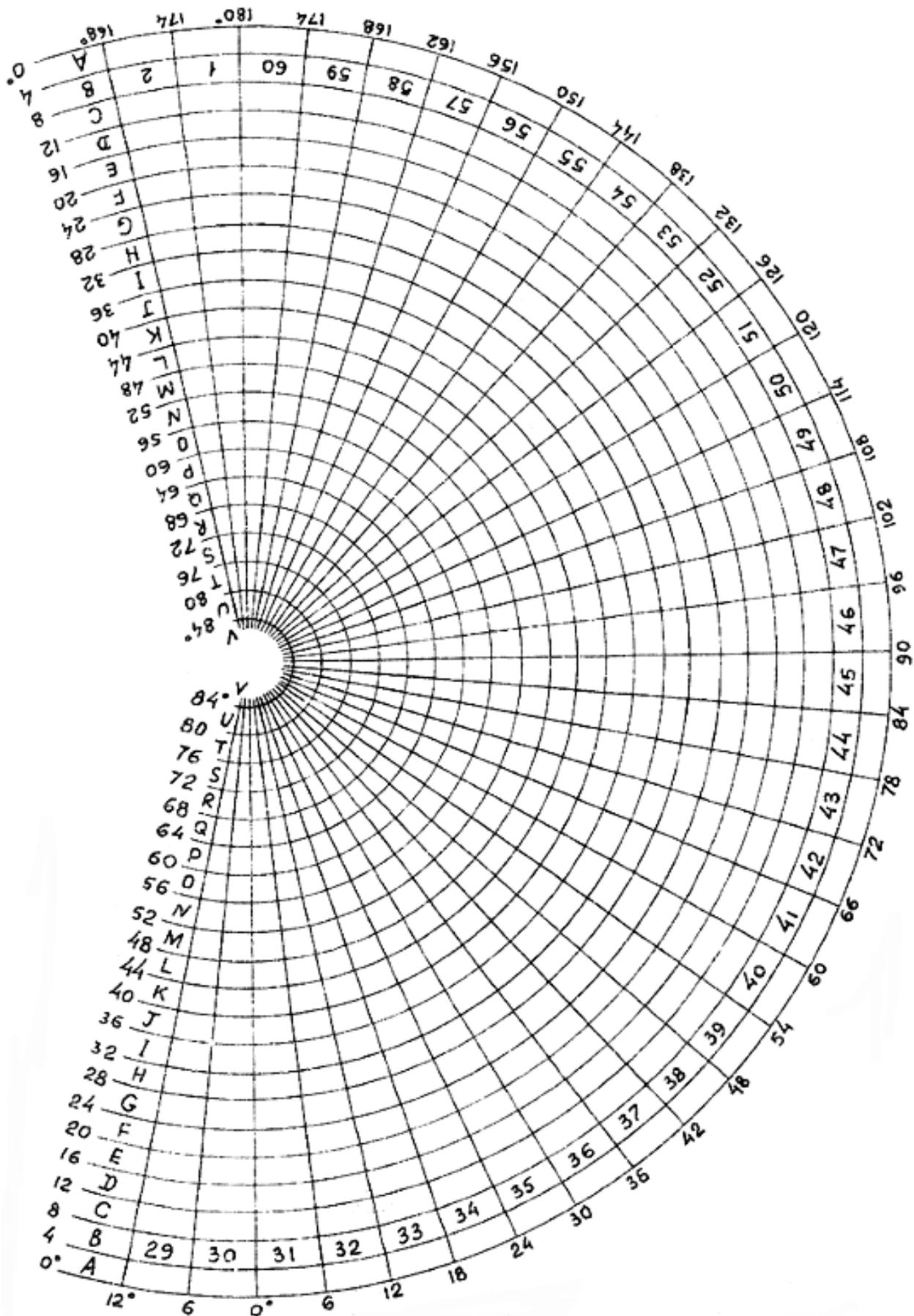


Рис.26 Схема расположения листов карты масштаба 1: 1 000 000

Размеры листа - 3° по долготе и 2° по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:500 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа справа прописную букву русского алфавита А, Б, В, Г, например, N-37-А.

Листы карты масштаба 1:200 000 получают делением листа миллионного масштаба на 36 частей меридианами и параллелями. Размеры листа - 1° по долготе и 40' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:200 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа справа римскую цифру от I до XXXVI, например, N-37-XXIV.

Листы карты масштаба 1:100 000 получают делением листа миллионного масштаба на 144 части меридианами и параллелями. Размеры листа - 30' по долготе и 20' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:100 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа слева числа от 1 до 144, например, N-37-144.

Листы карты масштаба 1:50 000 получают делением листа масштаба 1:100 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа - 15' по долготе и 10' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:50 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:100 000 справа прописную букву русского алфавита А, Б, В, Г, например, N-37-144-А.

Листы карты масштаба 1:25 000 получают делением листа масштаба 1:50 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа - 7'30" по долготе и 5' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:25 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:50 000 справа строчную букву русского алфавита а, б, в, г, например, N-37-144-А-а.

Листы карты масштаба 1:10 000 получают делением листа масштаба 1:25 000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа - 3'45" по долготе и 2'30" по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:10 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:25 000 справа цифру от 1 до 4, например, N-37-144-А-а-1.

Севернее 60-й параллели листы карт издаются сдвоенными по долготе, севернее 76-й параллели - счетверенными.

Тема 5.Содержание топографических карт. Условные обозначения

Географическое содержание карт передается с помощью типовых условных знаков, которые указывают вид объекта, его качественные и количественные характеристики, отражают форму и размеры. Объекты, занимающие значительные площади (леса, луга и т.п.) изображают масштабными знаками, объекты, приуроченные к точкам (мосты, церкви, дворы и т.п.) – внемасштабными знаками, линейные объекты (реки, дороги и т.п.) – линейными условными знаками.

Наиболее важным элементом содержания топографических карт является **рельеф**, т.к. он определяет характер местности: направление и скорость течения водотоков, положение озер, болот, оврагов, степень хозяйственной освоенности территории.

Рельеф – это совокупность пространственных форм (неровностей) земной поверхности. Изображение объемных трехмерных форм рельефа на плоской карте весьма трудная задача, т.к. при этом необходимо учитывать следующие *требования*:

1. метричность, т.е. способ изображения рельефа должен давать возможность проводить измерения абсолютных высот точек, углов наклона, превышений и т.п.:

2. пластичность – изображение форм рельефа на карте должно передавать объем, быть пластичным, наглядным:

3. морфологическое соответствие – на карте должны быть правильно переданы местоположение, размеры и простирающие формы рельефа.

Тип рельефа местности определяется по величине абсолютных высот точек, относительным превышениям и крутизне склонов.

Основные типы рельефа

Тип рельефа	Абсолютные высоты, м	Превышения, м	Крутизна склона
1. Равнинный	До 300 м	Не более 25 м	До 1°
2. Холмистый	До 500 м	25 – 200 м	2° - 3°
3. Низкогорный	До 1000 м	200 – 500 м.	5° - 10°
4. Среднегорный	До 2000 м.	500 – 1000 м.	10° - 25°
5. Высокогорный	Более 2000 м.	Более 1000 м	Круче 25°

Степень пересеченности рельефа определяется по среднему расстоянию между соседними балками, лощинами или оврагами. Если среднее расстояние между балками меньше 2 км, рельеф считается сильнопересеченным, при расстоянии от 2 до 7 км – среднепересеченный, и при расстоянии более 7 км – слабопересеченный.

Все формы рельефа делятся на две группы: положительные и отрицательные.

Положительные формы рельефа выдаются над окружающей земной поверхностью:

- холм или гора – это локальное куполообразное или конусообразное возвышение с выраженным основанием (подошвой), вершиной и склонами. Искусственный холм называется курган;

- хребет – возвышение, вытянутое в одном направлении. Линия, разделяющая противоположные склоны называется водораздел;

- увал – вытянутый выступающий отрог холма или хребта.

Отрицательные формы рельефа – это углубления на земной поверхности.

Различают:

- котловина – замкнутое со всех сторон локальное понижение с четко выраженными бровкой, склонами и дном;

- балка (лощина, овраг) – вытянутое углубление, понижающееся в одном направлении. Линия, к которой направлены скаты балки, называется водосборной или тальвегом;

- седловина – понижение между двумя холмами, похожее на седло. Самая низкая точка седловины называется перевал (Рис.27).

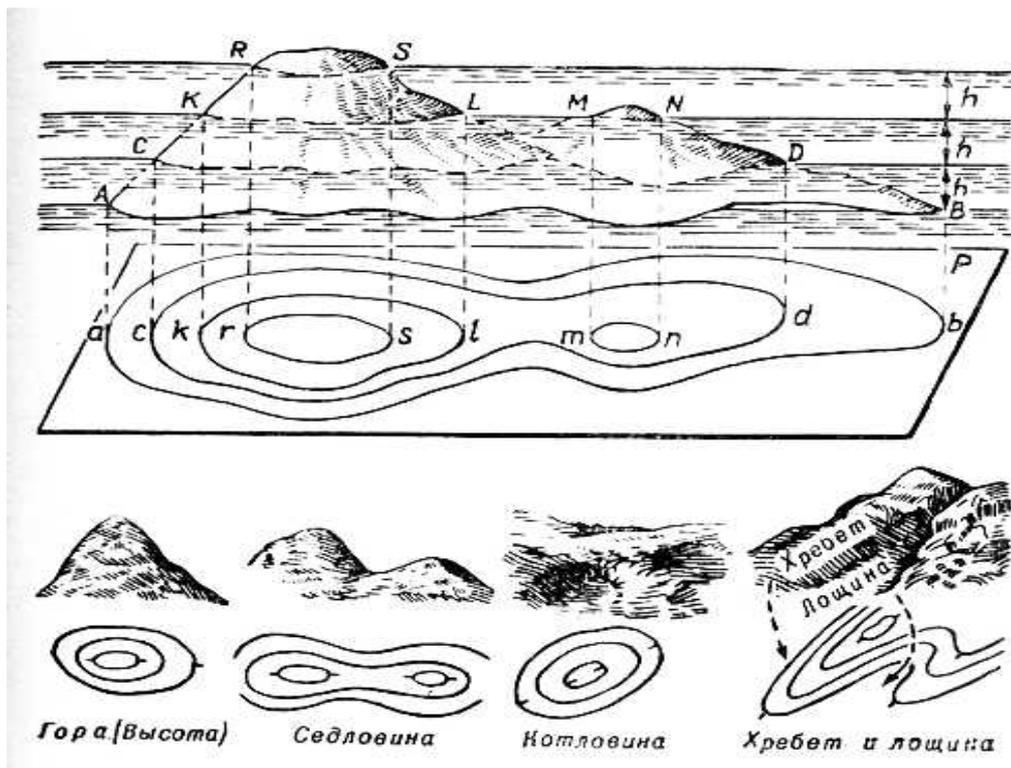


Рисунок 27. Типичные формы рельефа

Для топографических карт наиболее важно, чтобы изображение рельефа позволяло проводить измерения высот, амплитуд и углов наклона. Для этой цели более всего подходит способ горизонталей.

Горизонталь – это воображаемая линия на карте, соединяющая точки с одинаковой абсолютной высотой над уровнем моря. Горизонталь – это проекция сечения земной поверхности горизонтальными плоскостями, равноотстоящими друг от друга по высоте (Рис. 28).

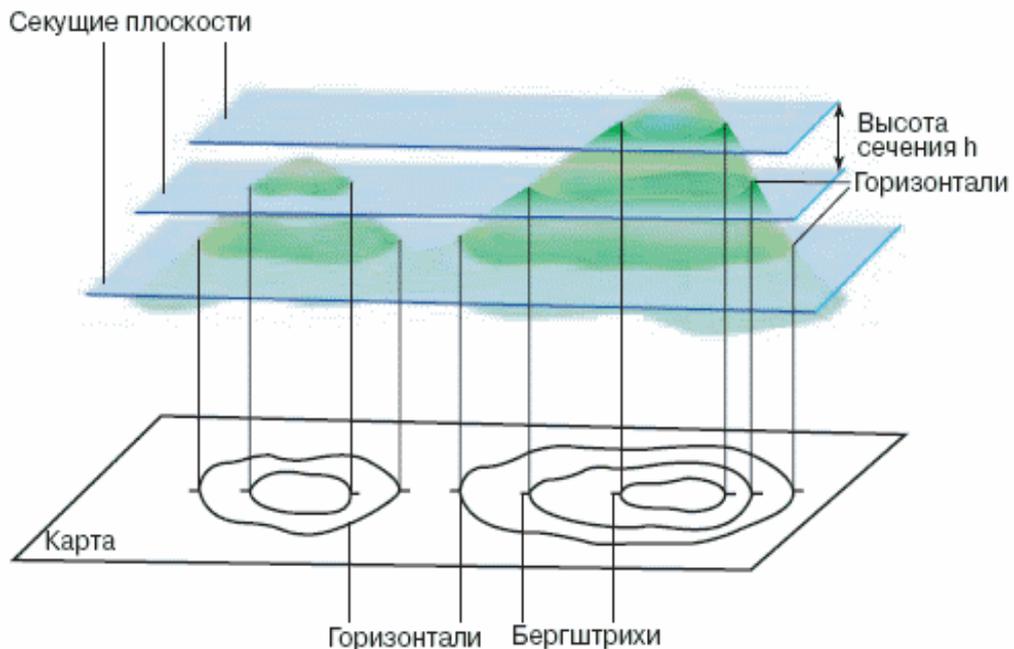


Рисунок 28. Изображение рельефа способом горизонталей

Расстояние между двумя соседними секущими плоскостями называется высота сечения рельефа, она постоянна для каждого масштаба: для 1: 100 000 – 20 метров, 1: 50 000 – 10 м, 1: 25 000 – 5 м, 1: 10 000 – 2,5 м.

Для удобства работы на карте используют разные виды горизонталей:

Основные – это сплошные тонкие линии коричневого цвета, проведенные в соответствии с высотой сечения рельефа, характерной для этого масштаба.

Утолщенные – это каждая пятая горизонталь (кратная масштабу), которые выглядят как утолщенные линии коричневого цвета. Служат для удобства вычисления абсолютных высот на крутых склонах.

Дополнительные полу-горизонталы и четверть-горизонталы – это тонкие коричневые пунктирные линии, которые проводятся через половину или четверть высоты сечения для того, чтобы показать подробности рельефа, не попавшие в секущие плоскости.

Для показа направления понижения склона используют *бергштрихи* – короткие черточки, которые от горизонтали направляют вниз по склону. Определить направление падения склона можно и по подписи абсолютной высоты горизонталей – цифры пишутся в разрывах горизонталей «головой» вверх по склону (Рис. 29).

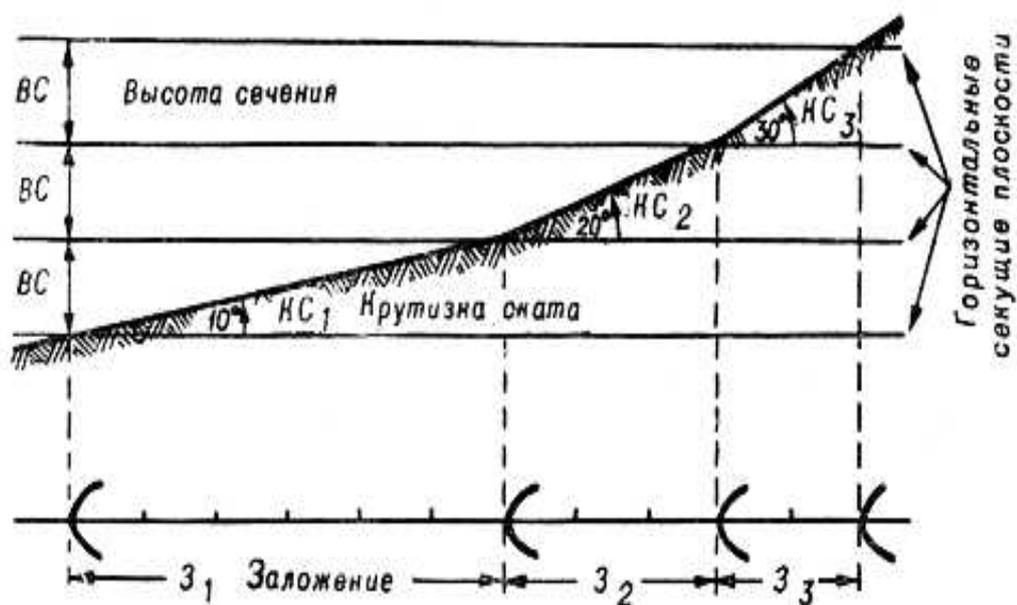


Рисунок 29. Элементы рельефа

Расстояние между двумя соседними горизонталями на карте называется *заложение*. Чем меньше заложение, тем круче склон и наоборот. Для определения крутизны склона в градусах пол картографическим изображением помещают график заложений по которому циркулем-измерителем можно определить эту величину.

Абсолютные высоты точек, лежащих на горизонтали равны высоте, указанной на этой горизонтали. Абсолютную высоту точек, расположенных между горизонталями на топографической карте находят методом ***интерполяции*** высот соседних горизонталей. (*схема*)

Превышения точек или амплитуду высот точек, лежащих в разных частях карты, вычисляют по разности их абсолютных высот.

Крутизна скатов определяется углом наклона между направлением ската и горизонтальной плоскостью и выражается в угловых мерах. На крутых участках склонов горизонтали на карте сближены и заложения меньше, чем на пологих склонах. Существует зависимость – чем круче склон, тем меньше заложение. Крутизну склонов определяют с помощью циркуля-измерителя и графика заложений. На горизонтальной оси графика написаны значения углов наклона, а на вертикальных прямых отложены

соответствующие этим углам заложения при данной высоте сечения рельефа и масштабе. Концы отрезков соединены плавной кривой, позволяющей определять промежуточные значения углов. Используя шкалу заложений на карте можно прокладывать маршруты с определенной крутизной (Рис. 30).

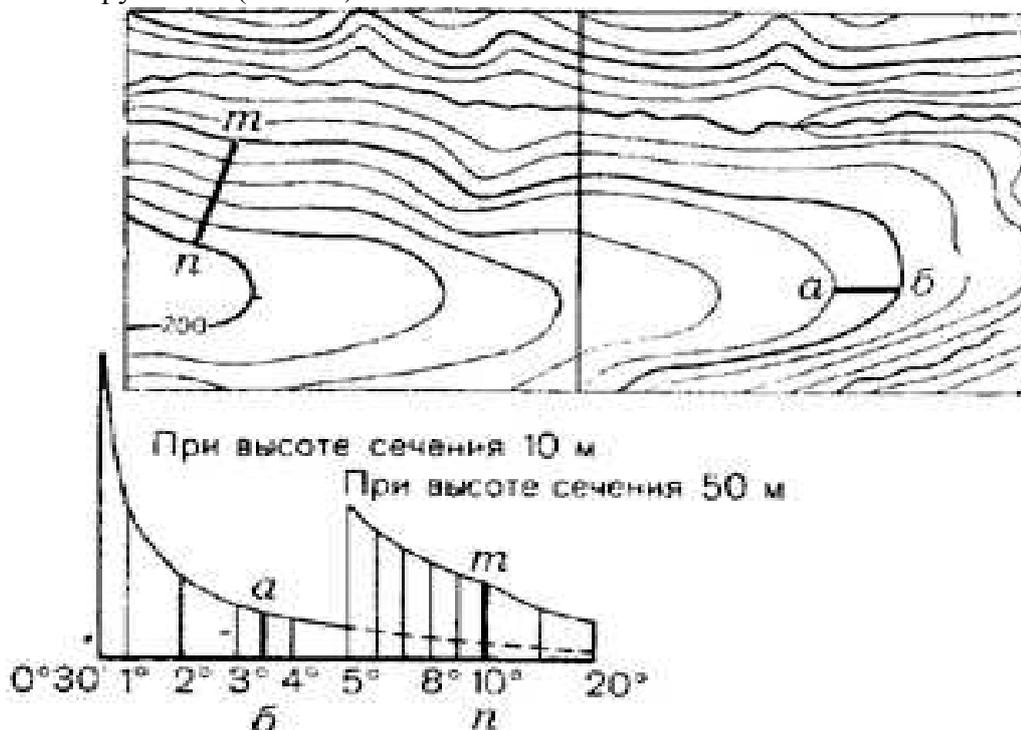


Рисунок 30. Определение по карте крутизны склона

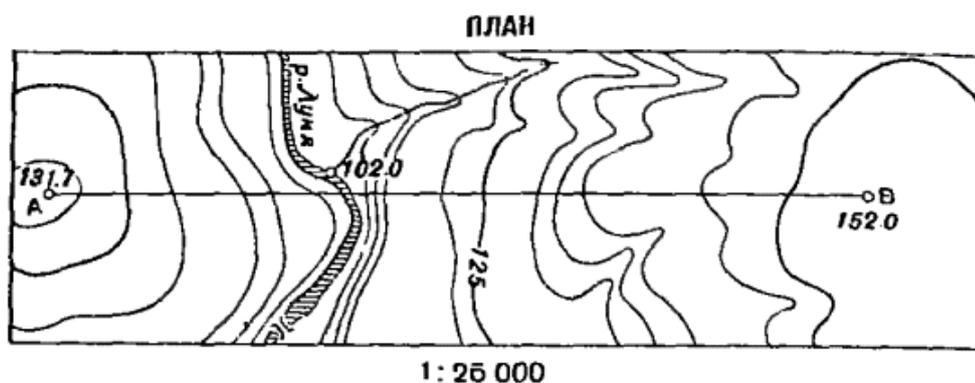
Выделение границы бассейна реки или иного водотока является одной из задач гидрологических исследований. Бассейн водотока или озера – это часть земной поверхности, откуда в этот водоем стекают поверхностные воды. Границами бассейна служат водораздельные линии, которые проходят перпендикулярно рисунку горизонталей в точках их перегиба и разграничивают склоны противоположных направлений. Струи воды стекают по линиям наибольшей крутизны. Т.е. по линиям падения ската, перпендикулярным к горизонталям.

Построение профилей по карте необходимо для выполнения разнообразных исследований природных условий территории, для решения хозяйственных задач и т.п. **Профиль** – это изображение разреза земной поверхности вертикальной плоскостью по заданному направлению. Профиль дает наглядное представление о строении рельефа земной поверхности.

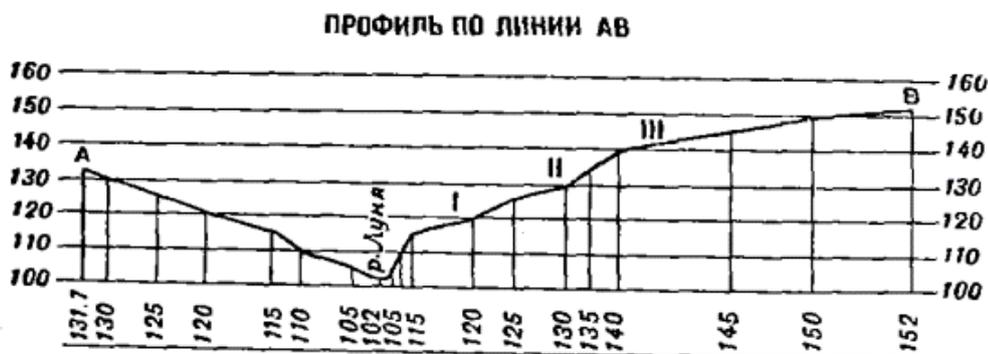
Порядок построения профиля местности по карте с горизонталями.

- 1) на топографической карте вычерчивается направление профильной линии, измеряется ее длина и выбирается удобный горизонтальный масштаб;
- 2) определяется максимальная и минимальная отметки абсолютных высот точек на этой линии, вычисляется перепад (амплитуда) высот вдоль всей линии профиля и подбирается удобный вертикальный масштаб;
- 3) на альбомном листе вычерчиваются вертикальная и горизонтальная оси профиля, и вертикальная ось оцифровывается в соответствии с выбранным вертикальным масштабом;
- 4) на вертикальной оси отмечаются рисками высоты всех горизонталей, пересекаемых линией профиля, и через эти отметки проводятся пунктирные горизонтальные прямые линии;

- 5) отступив 1 см от пересечения осей, ставится точка начала профильной линии и из нее восстанавливается перпендикуляр до пересечения с горизонтальной пунктирной линией, соответствующей абсолютной высоте этой точки на местности;
- 6) затем, начиная с первой точки, последовательно откладываются на горизонтальной оси заложения между соседними горизонталями, вдоль всей линии профиля и из полученных точек восстанавливаются перпендикуляры до пересечения их с пунктирными горизонтальными линиями, соответствующими абсолютной высоте каждой горизонтали, а сами значения абсолютных высот подписываются вертикально под горизонтальной осью профиля;
- 7) после того, как будут отложены все заложения и отмечены все абсолютные высоты горизонталей, точки, полученные от пересечения вертикальных и горизонтальных линий, соединяются плавной кривой, над линией профиля подписывается дирекционный угол, истинный и магнитный азимуты направления профильной линии;
- 8) завершается работа оформлением профильной линии, для этого под горизонтальной осью подписываются вертикальный и горизонтальный масштабы, над линией профиля отображаются природные и хозяйственные объекты, пересеченные линией профиля на местности;
- 9) после выполнения профиля проводится письменное описание характера рельефа и топографических особенностей местности вдоль линии профиля с указанием расстояний, крутизны склона и горизонтальных углов (Рис.31).



Горизонтали приведены через 5 метров



*Масштаб горизонтальный 1 : 25 000
вертикальный 1 : 2 500*

Рисунок 31. Построение профиля местности по плану и карте с горизонталями

Объекты гидрографии изображаются на топографической карте весьма разносторонне и подробно, т.к. их значение очень велико как для формирования природных особенностей территории, так и для народного хозяйства. Объекты гидрографии на карте изображают синим цветом. На картах показывают все водные объекты – береговые линии океанов, морей, озер и других водоемов; реки, ручьи, каналы и канавы; естественные и искусственные источники (ключи, родники, колодцы; гидротехнические сооружения).

Береговая линия морей на карте соответствует наивысшему уровню воды во время прилива (или прибоя). Контуры озер, прудов, береговая линия рек показывается по уровню воды в самый маловодный период – межень. В зависимости от ширины русла и масштаба карты реки изображают одной или двумя линиями.

Изображение реки на карте	Масштаб карт и ширина реки, м			
	1 : 10 000	1 : 25 000	1 : 50 000	1 : 100 000
В одну линию	Д о 3	М енее 5	М енее 5	Ме нее 10
В две линии с промежутком между ними 0,3 мм (без сохранения ширины в масштабе)	О т 3 до 6	5 - 15	5 - 30	10 -60
В две линии с сохранением ширины в масштабе	Бо лее 6	Бо лее 15	Бо лее 30	Бо лее 60

На карты масштаба 1 : 100 000 и крупнее наносят все реки и ручьи. Лишь в местах с густой гидрографической сетью мелкие ручьи (длиной на карте менее 1 см) показывают с отбором. Для рек на картах указывают ширину, направление и скорость течения в межень, характер грунта дна, около знака брода подписывают длину, глубину, качество дна и скорость течения. В некоторых местах у береговой линии реки даются урезу воды – абсолютные отметки уровня воды в реке. Кроме того на реках указывают пороги, водопады, навигационные и гидротехнические сооружения (плотины, шлюзы и т.п.), а также средства переправы. Судосходность реки отображается шрифтом написания ее названия: если река судосходна – шрифт подписи – наклонные заглавные буквы, если не судосходна – первая буква – заглавная, остальные – прописные курсивом.

Каналы и канавы при ширине до 3 м изображают одной линией, а более 3 м – двойной линией. Озера и искусственные водоемы даются на картах в том случае, если их площадь составит на карте не менее 1 мм². Меньшие по площади водоемы показывают в том случае, если они являются истоками рек, находятся в безводных районах или имеют лечебное значение. Колодцы, расположенные вне населенных пунктов, наносят на карту с указанием абсолютной высоты поверхности земли, их глубины и наполняемости. Источники и ключи изображают особым знаком. Химические свойства воды обозначают сокращенными подписями: *сол.*, *г-сол.*

Изображение растительности и грунтов позволяет судить об условиях проходимости и видимости местности и ее хозяйственном использовании. Растительность сплошного распространения изображается площадными условными знаками и закрашивается зеленым цветом. Одиночные кусты, деревья и небольшие рощи – внемасштабными условными знаками. Четкие границы растительности и грунтов показывают на картах черным точечным пунктиром, неопределенные границы изображают расстановкой соответствующих условных знаков в смежных угольях.

Особо отображаются на картах различные группы культурной растительности: полевые, огородные и бахчевые культуры, сады и парки, лесные питомники, искусственные лесные насаждения.

Естественная растительность на картах подразделяется по основным жизненным формам растений (древесная, кустарниковая, травянистая и др.). Площадь, занятую сплошной древесной растительностью, показывают зеленым цветом, на фоне которого дают характеристику древостоя по породам верхнего полога леса, указывают средние высоту, расстояние между деревьями и диаметр стволов на высоте 1,5 м. Просеки, шириной более 1,5 и показывают на всех топографических картах, причем на картах масштаба 1 : 50 000 и крупнее указывают их ширину. Особыми контурными знаками показывают редколесья, вырубленные и горелые леса, буреломы.

Участки со сплошными зарослями кустарника окрашивают в светло-зеленый цвет и на его фоне указывают породу и среднюю высоту кустарников. Редкие кустарники и отдельные кусты изображают немасштабными значками.

Луга на картах подразделяются на сухие и мокрые, их изображают контурными значками на белом фоне. Встречающиеся на лугах поросли кустарников, редкого леса и т.п. обозначаются соответствующими знаками.

Болота могут быть проходимыми, труднопроходимыми и непроходимыми, они изображаются пунктирной или сплошной штриховкой синего цвета. На крупномасштабных картах указывают глубину болота до твердого грунта. Растительность на территории болот обозначают значками, она может быть луговая, осоковая, камышовая, тростниковая, моховая. Кустарниковая, редколесная и др. по характеру рельефа болота могут быть ровные, кочковатые, бугристые, грядовые и др.

Из грунтов на картах показывают лишь скальные выходы, глинистые, щебенчатые участки, каменистые поверхности, скопления песков и камней.

Изображение социально-экономических объектов.

Одним из важнейших элементов содержания топографической карты являются ***населенные пункты***. Их различают по типу поселения, числу жителей и политико-административному значению.

По типу поселения различают города, поселки городского типа, дачные поселки, сельские населенные пункты. Названия городов подписываются прямым шрифтом без выделения заглавной буквы, названия ПГТ – наклонным шрифтом тоже без выделения заглавной группы. Подписи названий сельских населенных пунктов даются прямым шрифтом с выделением заглавной буквы. Чем крупнее подписи названий, тем больше людность поселения и важнее его административное значение. Число жителей или количество дворов указывается цифрой под названием населенного пункта. Политико-административное значение указывается путем добавления к названию сокращенных подписей: РЦ – районный центр, СС – сельский совет. Важной характеристикой является материал, из которого выполнено большинство строений. Отдельные выдающиеся строения из огнестойкого материала выполняются черным цветом, кварталы, застроенные огнестойкими зданиями, закрашиваются оранжевым цветом, а застроенные неогнестойкими строениями – желтым цветом. На картах масштаба 1 : 100 000 все кварталы закрашивают черным цветом независимо от материала строений. Сельские поселения могут иметь рядовую или бессистемную *планировку*. Большое влияние на планировку оказывают рельеф, транспортные пути и гидрография. Выделяют притрактовый тип планировки, долинно-балочный, приовражный, прибрежный, водораздельный и др.

Промышленные объекты: фабрики, заводы, шахты, карьеры, скважины, метеостанции, электростанции и др. изображаются специальными немасштабными значками, некоторые из которых дополняются пояснительными надписями.

Из *средств связи* на карты наносят радиостанции, радио- и телемачты, телефонные и радиотелефонные конторы.

К *социально-культурным объектам* относятся школы, памятники, церкви и часовни, кладбища и др. Особо показывают пасеки, загоны для скота, скотомогильники.

Наземные пути сообщения изображают линейными знаками. Рельсовые железные дороги изображают утолщенной линией черного цвета, они подразделяются на картах по числу путей (одно-, двух- и многопутные); по ширине колеи (широко- и узкоколейные); по характеру тяги (электрифицированные и неэлектрифицированные); по состоянию (действующие, строящиеся, разобранные). Особыми знаками показывают связанные с дорогами сооружения – здания, мосты, насыпи, выемки, трубы и др. транспортные объекты: станции, разъезды, блокпосты, депо, казармы, будки. Безрельсовые дороги различают по их техническому устройству и покрытию. На картах показывают автомагистрали, автомобильные дороги с усовершенствованным покрытием, улучшенные грунтовые дороги, грунтовые проселочные, полевые и лесные дороги, тропы. Характер искусственного покрытия указывается буквой после характеристики ширины дороги между кюветами и ее покрытой части: А – асфальтобетон, Б – булыжник, Ц – цементобетон и т.д. Около знака дорог наносят условные обозначения мостов, насыпей, выемок, труб для стока воды. Средств переправы через водные рубежи и т.п. Для некоторых из этих объектов приводятся их количественные характеристики, так, на картах подписывают длину, ширину, грузоподъемность и материал мостов, высоту насыпей и глубину выемок, грузоподъемность и размеры паромов.

На топографических картах показывают границы: государственные, краев, областей, государственных заповедников.

Немасштабными, или точечными, условными знаками изображаются малоразмерные объекты (колодцы, сооружения башенного типа, отдельно стоящие деревья-ориентиры и др.), не выражающиеся в масштабе карты, и поэтому их можно представить на ней лишь в виде точек.

Фигурный рисунок такого знака включает эту как бы главную точку, показывающую точное положение данного объекта на местности, и обозначает, что это за предмет. Такая главная точка находится (рис. 33):

- у знаков симметричной формы (кружок, квадрат, прямоугольник, звездочка) — в центре фигуры;
- у знаков, имеющих форму фигуры с широким основанием,— в середине основания;
- у знаков, имеющих основание в виде прямого угла,— в вершине угла;
- у знаков, представляющих собой сочетание нескольких фигур,— в центре нижней фигуры.

Тема 6.Измерение расстояний и площадей по карте

1.Измерение расстояний по топографической карте.

При измерении расстояний по топографической карте получают длины горизонтальных проекций, а не длины линий на земной поверхности.

Для измерения прямых линий применяют линейку или циркуль-измеритель. С карты в раствор циркуля берут измеряемый отрезок и переносят его на линейный масштаб, на котором подбирают число целых оснований и количество наименьших

делений, соответствующих измеряемому отрезку и сразу определяют расстояние в натуральных единицах измерения (Рис.32).

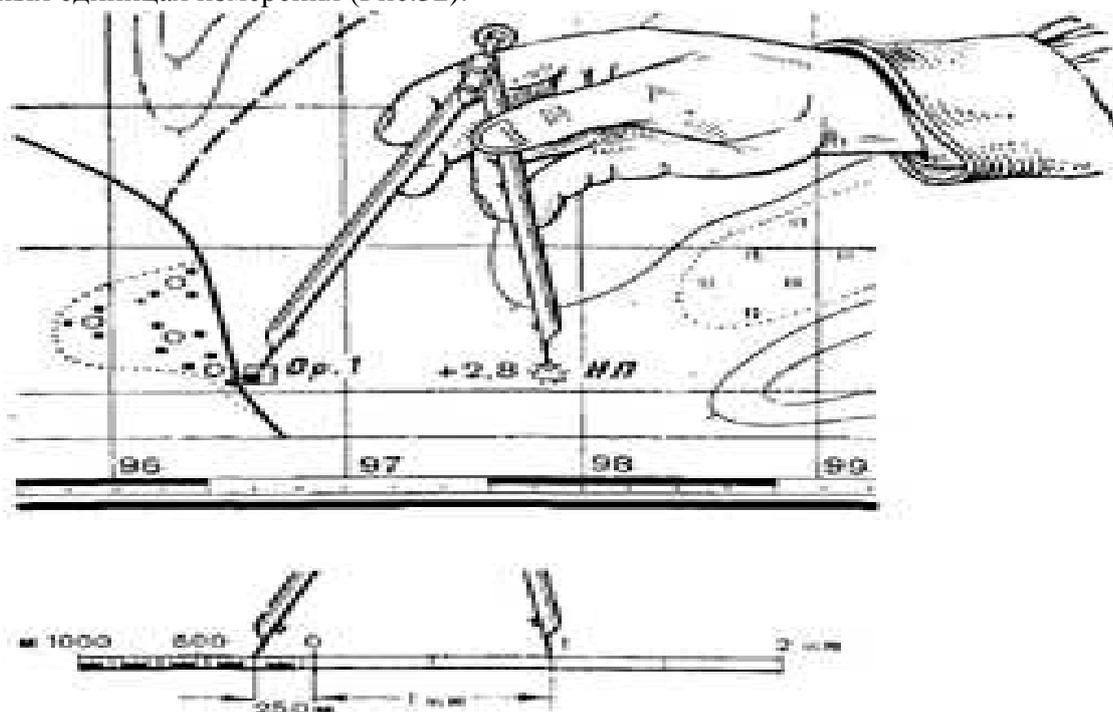


Рис. 27. Измерение расстояний на карте циркулем-измерителем по линейному масштабу

Рисунок 32. Измерение прямых линий на топографической карте

Методика измерения извилистых линий более сложна и результаты получаются менее точными. Существует несколько способов измерения длин извилистых линий:

Курвиметр. Наиболее быстрым и удобным в полевых условиях является измерение извилистых линий на карте или плане с использованием курвиметра, но этот способ позволяет измерять линии на карте с точностью до 1 см.

Способ шагания применяется для измерения плавных не очень ломаных линий. Выбирают размер раствора циркуля, называемый «шагом» и этим раствором циркуля «шагают» вдоль измеряемой линии переставляя ножки циркуля и подсчитывая количество «шагов». Зная величину шага и общее количество шагов, определяют длину измеренной линии. Точность измерений зависит от степени извилистости линии и от величины «шага» - чем меньше шаг и плавнее линия – тем выше точность результата..

Способ накопления отрезков заключается в том, что циркуль-измеритель переставляют от изгиба до изгиба измеряемой линии, последовательно забирая в раствор циркуля каждый отдельный отрезок измеряемого расстояния. Этот способ позволяет добиться большей точности измерения по сравнению со способом шагания.

2.Измерение площадей.

При измерении площади объектов по топографической карте первоначально масштаб длин конкретной карты переводят в масштаб площадей, т.е. возводят в квадрат именованное выражение масштаба, например: 1:50 000, в 1 см 500 м., в 1 см² 250 000 м² или 25 га. Затем, после выяснения масштаба площадей проводят измерение площади объекта сначала в квадратных сантиметрах, а затем переводят в гектары или иные величины измерения площадей на местности.

Если объект, измеряемый на карте, имеет правильную геометрическую конфигурацию, его площадь находят по известным формулам.

Если форма объекта сложна и не может быть разделена на простые геометрические фигуры, применяют планиметр или палетку.

Наиболее распространен полярный планиметр, его действие основано на существующей зависимости площади фигуры и ее линейных элементов. Прибор имеет два рычага – полюсный и обводной и счетное устройство (Рис. 33).



Рисунок 33. Планиметр.

Полюсный рычаг соединен с обводным рычагом шарниром, а другой конец опирается на неподвижный полюс – тяжелый цилиндр с иглой в нижней его части, обеспечивающий неподвижность полюса. Обводным рычагом со шпилем на конце обводят измеряемую площадь по контуру. По счетному механизму в начальной точке измерения берут отсчет m_1 , а обведя контур по часовой стрелке и возвратившись в начальную точку, берут второй отсчет m_2 . Площадь контура вычисляют по формуле: $P=C(m_2 - m_1)$, где C – цена деления планиметра, определяемая путем промера какой-либо известной площади ($P_{изв.}$), например квадрата координатной сетки. $C= P_{изв.}/(p_2 - p_1)$, где p_1 и p_2 – отсчеты по счетному устройству соответственно в начале и в конце обводки известного контура.

Универсальным способом измерения по картам площадей контуров, имеющих сложную неправильную форму, можно считать палетки. Палетки представляют собой прозрачные пластинки и бывают разных видов: сеточные, точечные, параллельные палетки, состоящая из системы параллельных линий (Рис.34).

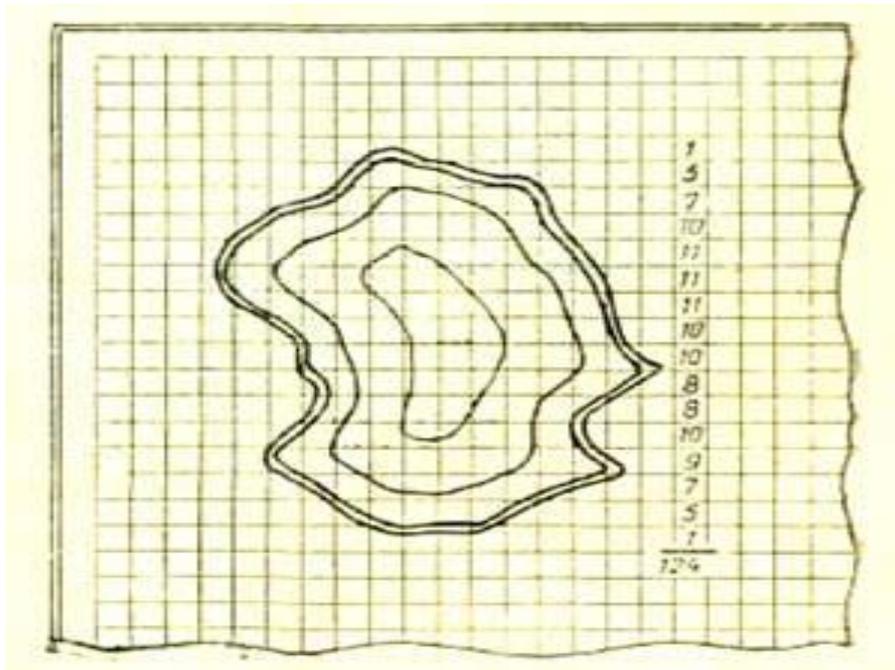


Рисунок 34. Измерение сетчатой палеткой площади озера

Измерение площадей с использованием квадратной сеточной палетки начинают с определения цены одного квадрата в масштабе конкретной карты. Величина квадрата может быть различной, в зависимости от требуемой точности измерений. Затем палетку накладывают на контур и подсчитывают все полные квадратики, попавшие внутрь контура. Затем подсчитывают количество неполных квадратиков, делят результат пополам и прибавляют к числу полных. $P = a^2 n$, где a – сторона квадратика сетки выраженная в масштабе карты, n – число квадратиков, покрывающих контур.

Экспериментально установлено, что точность измерения площадей палетками не ниже, а для мелких контуров выше точности планиметра.

РАЗДЕЛ 2. КУРС, III СЕМЕСТР

Тема 7. Прямоугольная (километровая) сетка Гаусса – Крюгера

Для изображения сферической земной поверхности на плоскости переносится картографическая сетка в виде меридианов и параллелей, а затем по географическим координатам строится карта. Такой способ перенесения системы географических координат на плоскость называется картографическим проецированием. В геодезии принято применять изображение поверхности эллипсоида на плоскости, которое не искажало бы углов и сохраняло подобие форм изображаемых контуров. Такие проекции называются равноугольными. В этом случае изображение весьма малых частей эллипсоида будет подобным, масштаб в их границах – практически постоянным, а искажения линий – не зависящими от их азимута. В России топографические карты строят

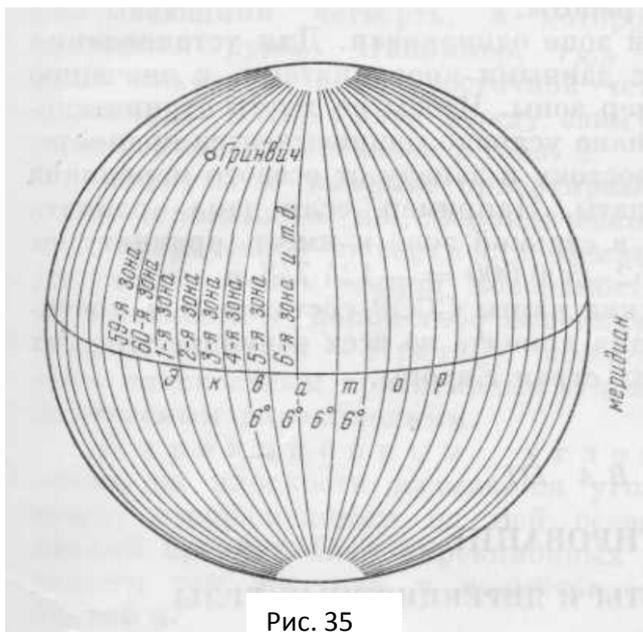


Рис. 35

в равноугольной поперечной цилиндрической проекции и соответствующей ей системе плоских прямоугольных координат Гаусса – Крюгера.

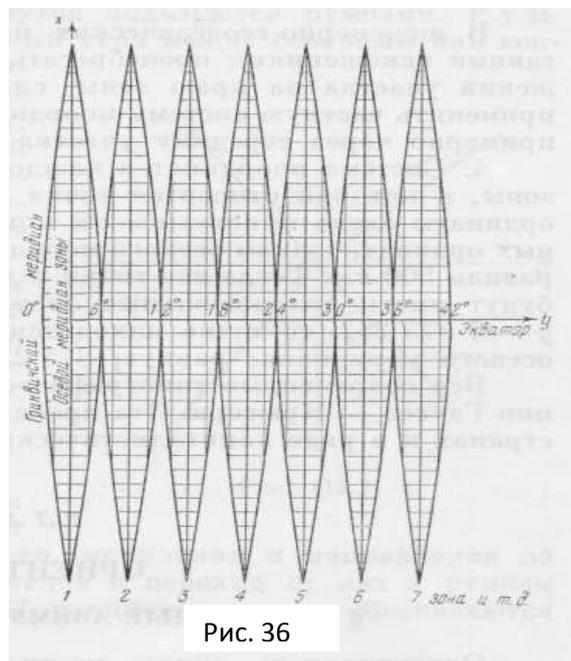


Рис. 36

Если мысленно вставить земной шар в полый цилиндр и его поверхность спроецировать на внутреннюю поверхность цилиндра, а затем поверхность цилиндра развернуть в плоскость, то получим проекцию Гаусса – Крюгера. Чтобы положение длин линий соответствовала точности масштаба и не превышала бы ее, спроецированную таким образом земную поверхность ограничивают меридианами с разностью долгот 6° , а для составления планов масштабов 1:5000 и крупнее - 3° . Полученный участок, ограниченный меридианами называют зоной. (рис. 35). Средний меридиан зоны называется осевым. Отсчет зон ведется от Гринвичского меридиана на восток (рис. 36).

Каждая зона в отдельности конформно проецируется на плоскость таким образом, чтобы осевой меридиан изображался прямой линией без искажений. Экватор также изобразится прямой линией. За начало отсчета координат в каждой зоне принимается точка пересечения оси абсцисс X , совпадающей с направлением осевого меридиана осевого меридиана, и оси ординат Y – с линией экватора (рис. 36). Линии, параллельные осевому меридиану и экватору, образуют прямоугольную координатную сетку.

Система координат в каждой зоне одинаковая. Для всех точек, расположенных на территории нашей страны абсциссы имеют положительное значение. Чтобы и ординаты были положительными, начало координат каждой зоны переносят на 500 км к западу, т.е. точкам осевого меридиана условно приписывается ордината, равная 500 км.

Следовательно, все точки к востоку и западу от осевого меридиана будут иметь положительные ординаты. Такая система координат получила название преобразованной или приведенной. На топографических картах начиная с масштаба 1:200000 и крупнее, наносят сетку квадратов, стороны которых параллельны осям X и Y , соответствующей зональной системе координат. Такая сетка квадратов получила название километровой сетки. Все современные топографические карты России выполнены в проекции Гаусса-Крюгера.

Тема 8. Изображение рельефа на карте

Рельеф – форма физической поверхности Земли, рассматриваемая по отношению к её уровенной поверхности.

Рельефом называется совокупность неровностей суши, дна океанов и морей, разнообразных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития. При проектировании и строительстве железных, автомобильных и других сетей необходимо учитывать характер рельефа – горный, холмистый, равнинный и др.

Рельеф земной поверхности весьма разнообразен, но все многообразие форм рельефа для упрощения его анализа типизировано на небольшое количество основных форм (рис. 37).

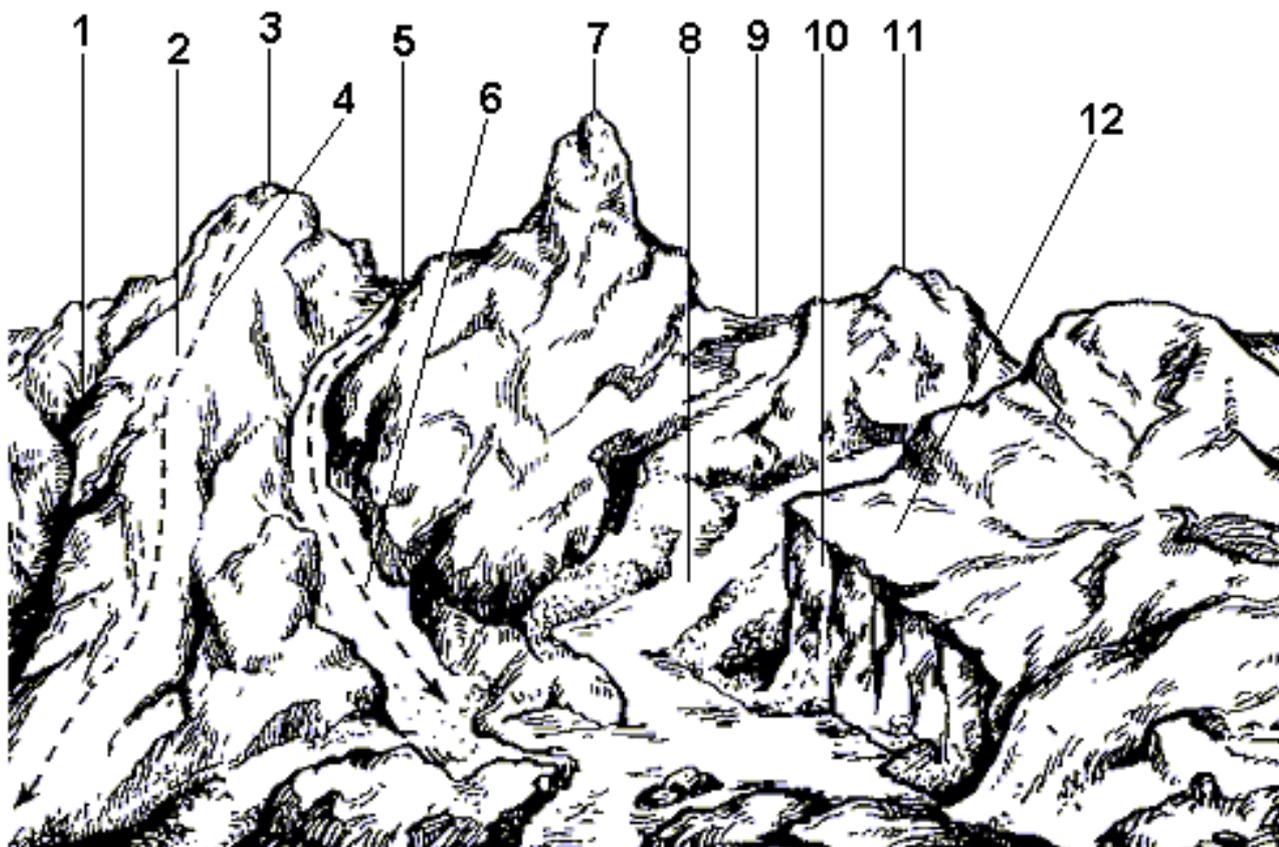


Рис. 37. Формы рельефа:

1 — лощина; 2 — хребет; 3, 7, 11 — гора; 4 — водораздел; 5, 9 — седловина; 6 — тальвег; 8 — река; 10 — обрыв; 12 — терраса

К основным формам рельефа относятся:

Гора – это возвышающаяся над окружающей местностью конусообразная форма рельефа. Наивысшая точка её называется вершиной. Вершина может быть острой – пик,

или в виде площадки – плато. Боковая поверхность состоит из скатов. Линия слияния скатов с окружающей местностью называется подошвой или основанием горы.

Котловина – форма рельефа, противоположная горе, представляющая собой замкнутое углубление. Самая низкая точка её – дно. Боковая поверхность состоит из скатов; линия их слияния с окружающей местностью называется бровкой.

Хребет – это возвышенность, вытянутая и постоянно понижающаяся в каком – либо направлении. У хребта два склона; в верхней части хребта они сливаются, образуя водораздельную линию, или водораздел.

Лощина – форма рельефа, противоположная хребту и представляющая вытянутое в каком – либо направлении и открытое с одного конца постоянно понижающееся углубление. Два ската лощины; сливаясь между собой в самой низкой части её образуют водосливную линию или тальвег, по которой стекает вода, попадающая на скаты. Разновидностями лощины являются долина и овраг: первая является широкой лощиной с пологими задернованными скатами, вторая – узкая лощина с крутыми обнаженными скатами. Долина часто бывает ложем реки или ручья.

Седловина – это место, которое образуется при слиянии скатов двух соседних гор. Иногда седловина является местом слияния водоразделов двух хребтов. От седловины берут начало две лощины, распространяющиеся в противоположных направлениях. В горной местности через седловины обычно пролегают дороги или пешеходные тропы; поэтому седловины в горах называют перевалами.

Изображение рельефа на планах и картах

Для решения инженерных задач изображение рельефа должно обеспечивать: во-первых, быстрое определение с требуемой точностью высот точек местности, направления крутизны скатов и уклонов линий; во-вторых, наглядное отображение действительного ландшафта местности.

Рельеф местности на планах и картах изображают различными способами (штриховкой, пунктиром, цветной пластикой), но чаще всего с помощью горизонталей (изогипсов), числовых отметок и условных знаков.

Горизонталь на местности можно представить как след, образованный пересечением уровенной поверхности с физической поверхностью Земли. Например, если представить холм, окружённый неподвижной водой, то береговая линия воды и есть **горизонталь** (рис. 30). Лежащие на ней точки имеют одинаковую высоту.

Допустим, что высота уровня воды относительно уровенной поверхности 110 м (рис. 30). Предположим теперь, что уровень воды упал на 5 м и часть холма обнажилась. Кривая линия пересечения поверхностей воды и холма будет соответствовать горизонтали с высотой 105 м. Если последовательно снижать уровень воды по 5 м и проектировать кривые линии, образованные пересечением поверхности воды с земной поверхностью, на горизонтальную плоскость в уменьшенном виде, то получим изображение рельефа местности горизонталями на плоскости.

Таким образом кривая линия, соединяющая все точки местности с равными отметками, называется **горизонталью**.

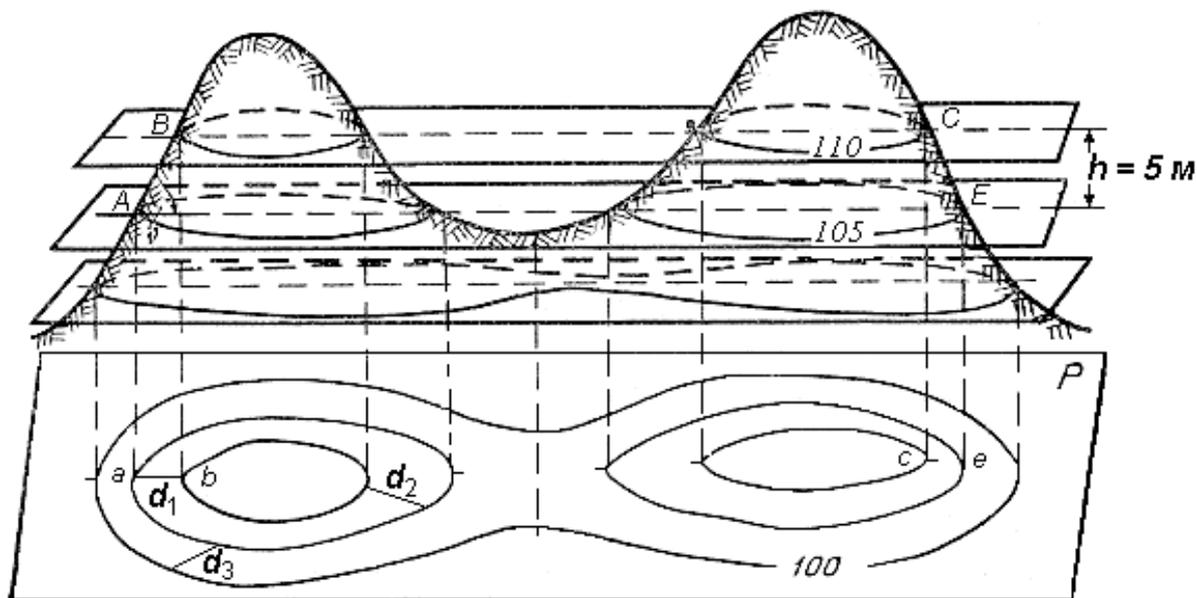


Рис. 38. Способ изображения рельефа горизонталями

При решении ряда инженерных задач необходимо знать свойства горизонталей:

1. Все точки местности, лежащие на горизонтали, имеют равные отметки.
2. Горизонталы не могут пересекаться на плане, поскольку они лежат на разных высотах. Исключения возможны в горных районах, когда горизонталями изображают нависший утес.
3. Горизонталы являются непрерывными линиями. Горизонталы, прерванные у рамки плана, замыкаются за пределами плана.
4. Разность высот смежных горизонталей называется **высотой сечения рельефа** и обозначается буквой ***h***.

Высота сечения рельефа в пределах плана или карты строго постоянна. Её выбор зависит от характера рельефа, масштаба и назначения карты или плана. Для определения высоты сечения рельефа иногда пользуются формулой

$$h = 0,2 \text{ мм} \cdot M,$$

где ***M*** – знаменатель масштаба.

Такая высота сечения рельефа называется **нормальной**.

5. Расстояние между соседними горизонталями на плане или карте называется **заложением ската** или **склона**. Заложение есть любое расстояние между соседними горизонталями (см. рис. 38), оно характеризует крутизну ската местности и обозначается ***d***.

Вертикальный угол, образованный направлением ската с плоскостью горизонта и выраженный в угловой мере, называется **углом наклона ската *v*** (рис. 39). Чем больше угол наклона, тем круче скат.

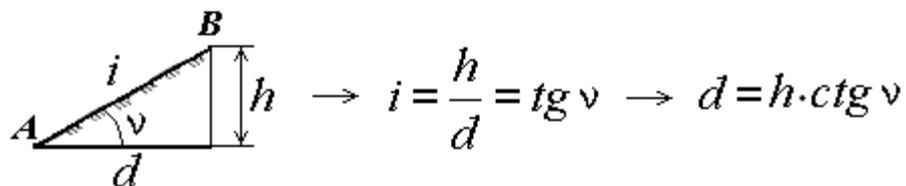


Рис. 39. Определение уклона и угла наклона ската

Другой характеристикой крутизны служит **уклон *i***. Уклоном линии местности называют отношение превышения к горизонтальному проложению. Из формулы следует

(рис. 39), что уклон безразмерная величина. Его выражают в сотых долях (%) или тысячных долях – промиллях (‰).

Если угол наклона ската до 45° , то он изображается горизонталями, если его крутизна более 45° , то рельеф обозначают специальными знаками. Например, обрыв показывается на планах и картах соответствующим условным знаком (рис. 40).

Изображение основных форм рельефа горизонталями приведено на рис. 40.

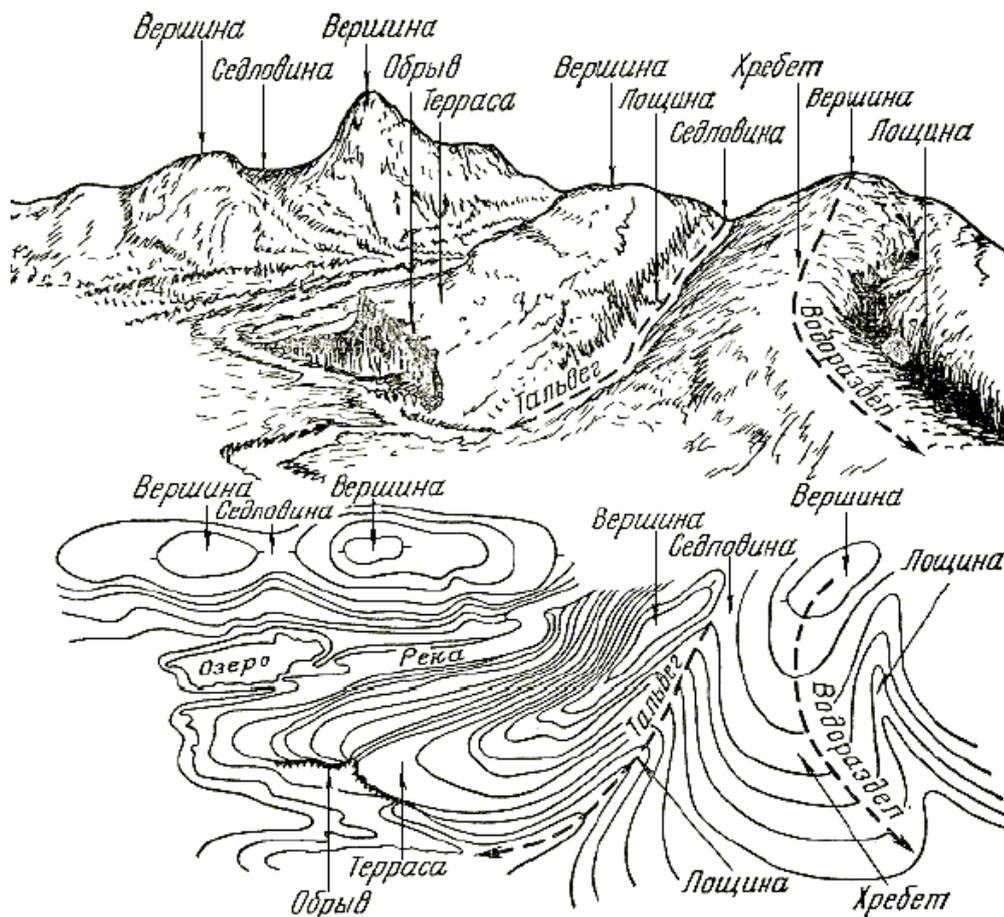


Рис. 40. Изображение форм рельефа горизонталями

Для изображения рельефа горизонталями выполняют топографическую съемку участка местности. По результатам съемки определяют координаты (две плановые и высоту) для характерных точек рельефа и наносят их на план (рис. 41). В зависимости от характера рельефа, масштаба и назначения плана выбирают высоту сечения рельефа h .

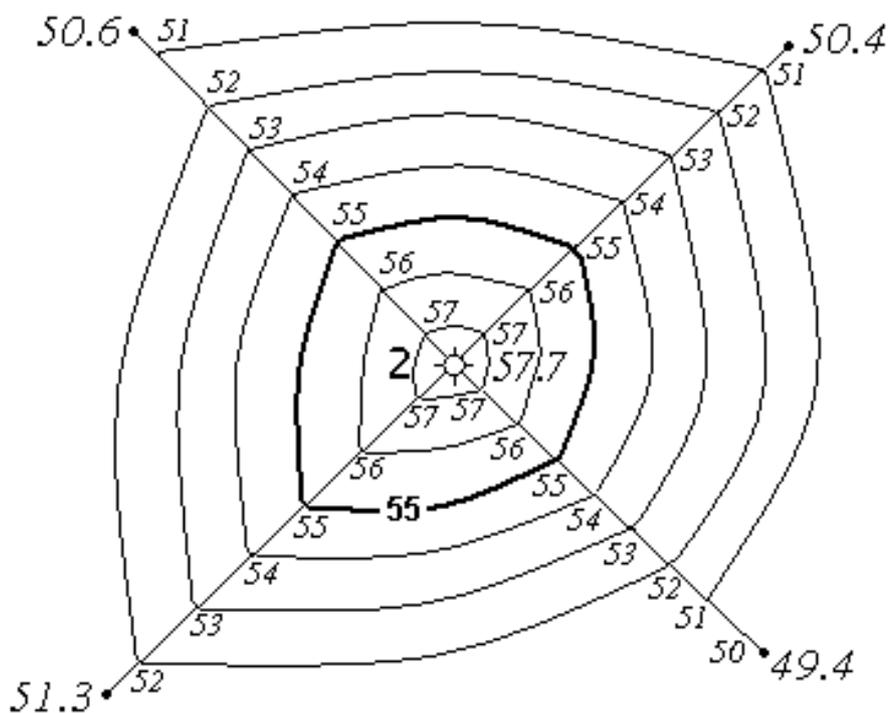


Рис. 41. Изображение рельефа горизонталями

Для инженерного проектирования обычно $h = 1$ м. Отметки горизонталей в этом случае будут кратны одному метру.

Положение горизонталей на плане или карте определяется с помощью интерполирования. На рис. 41 приведено построение горизонталей с отметками 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57 м. Горизонтالي кратные 5 или 10 м проводят на чертеже утолщенными и подписывают. Подписи наносят таким образом, чтобы верх цифр указывал сторону повышения рельефа. На рис. 41 подписана горизонталь с отметкой 55 м.

Там, где заложения больше, наносят штриховые линии (**полугоризонтали**). Иногда, чтобы сделать чертеж более наглядным, горизонтали сопровождают небольшими черточками, которые ставятся перпендикулярно горизонталям, по направлению ската (в сторону стока воды). Эти черточки называются **бергштрихи**.

Задачи, решаемые на планах и картах

Определение отметок точек местности по горизонталям

а) **Точка лежит на горизонтали.** В этом случае отметка точки равна отметке горизонтали (см. рис. 42): $H_A = 75$ м; $H_C = 55$ м.

б) **Точка лежит на скате между горизонталями.** Если точка лежит между горизонталями, то через нее проводят кратчайшее заложение, масштабной линейкой измеряют длину отрезков a и b (см. рис. 42, точка **В**) и подставляют в выражение

$$H_B = 70 + \frac{a}{a+b} \cdot h, \quad H_B = 70 + \frac{5}{5+7} \cdot 5 = 72,08 \text{ м},$$

где h – высота сечения рельефа. Если точка лежит между горизонталью и полугоризонталью, то вместо h в формулу подставляют $0,5h$.

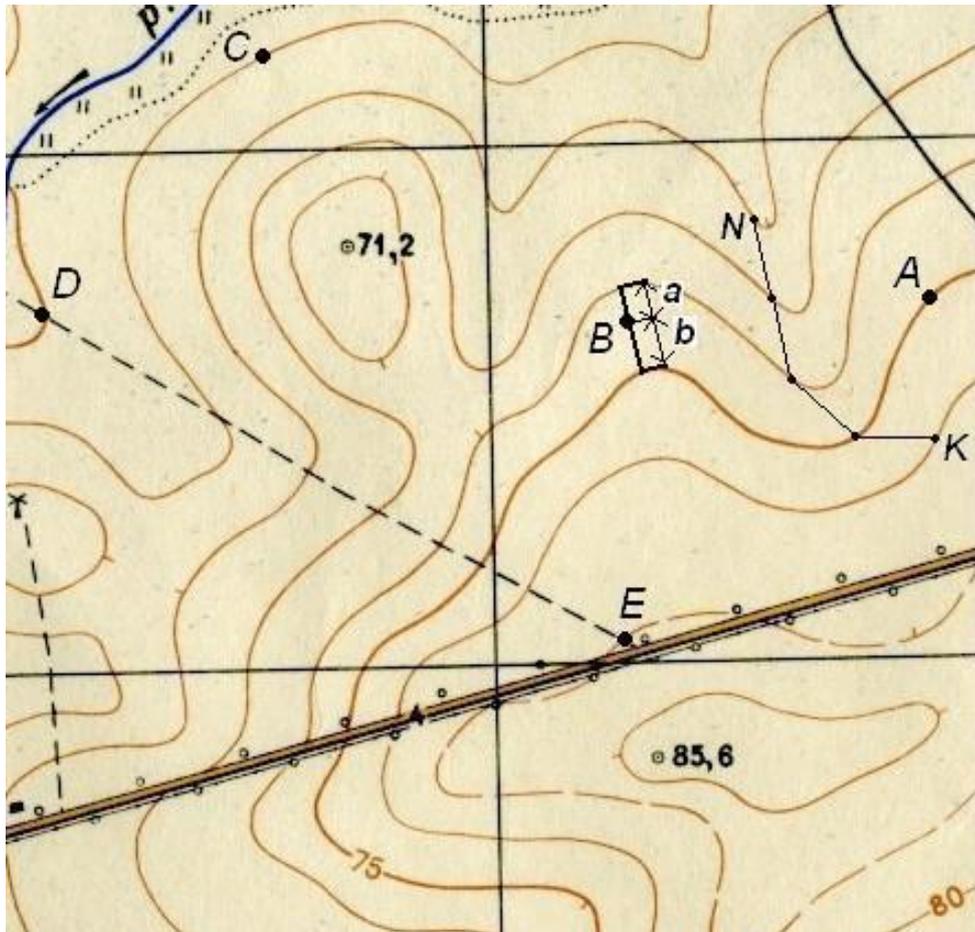


Рис. 42. Решение задач на карте с горизонталями

Определение крутизны ската

Крутизна ската по направлению заложения определяется двумя показателями – уклоном и углом наклона по формуле

$$\operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d} = i.$$

Следовательно, тангенс угла наклона линии к горизонту называется её уклоном. Уклон выражают в тысячных – промиллях (‰) или в процентах (%). Например: $i = 0,020 = 20\text{‰} = 2\%$.

Для графического определения углов наклона по заданному значению заложения d , масштабу M и высоте сечения рельефа h строят график заложений (см. рис. 43).

Вдоль прямой линии основания графика намечают точки, соответствующие значениям углов наклона. От этих точек перпендикулярно к основанию графика откладывают в масштабе карты отрезки, равные соответствующим заложениям, а именно

$$d = h \cdot \operatorname{ctg} \nu.$$

Концы этих отрезков соединяют плавной кривой (см. рис. 36).

Заложение линии, угол наклона которой надо определить, снимают с карты при помощи измерителя, а затем, укладывая на графике между основанием и кривой измеренный отрезок, находят соответствующее ему значение угла наклона.



Рис. 43. График заложений для углов наклона

Аналогично строят и пользуются графиком заложений для уклонов (рис. 44).

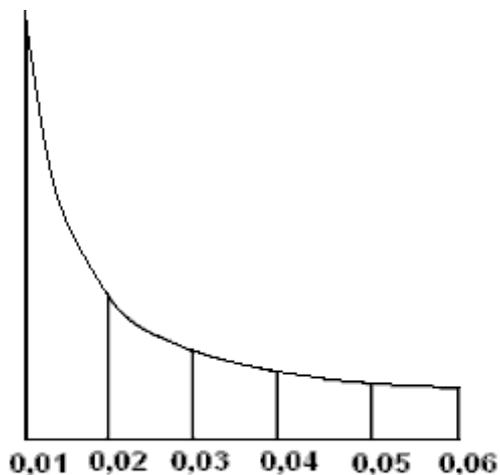


Рис. 44. График заложений для уклонов

Построение линии с заданным уклоном

Задача построения линии с заданным уклоном решается в проектировании трасс железных, автомобильных и других линейных сооружений. Она заключается в том, что из некоторой точки, обозначенной на карте, необходимо провести линию с заданным уклоном i по заданному направлению. Для этого сначала определяют значение заложения d , соответствующее заданным i и h . Его находят по графику заложения уклонов или вычисляют по формуле

$$d = h/i .$$

Далее, установив раствор измерителя равным полученному значению d , ставят одну его ножку в начальную точку K , а другой засекают ближайшую горизонталь и тем намечают точку трассы, из которой в свою очередь засекают следующую горизонталь, и т.д. (см. рис. 45).

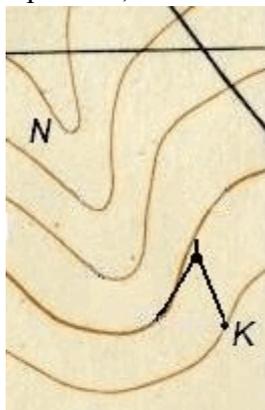


Рис. 45. Построение линии с заданным уклоном

Построение профиля по топографической карте

Профилем местности называют уменьшенное изображение вертикального разреза местности по заданному направлению.

Пусть требуется построить профиль местности по линии DE , указанной на карте (рис. 46). Для построения профиля на листе бумаги (как правило, используется миллиметровая бумага) проводят горизонтальную прямую и на ней, обычно в масштабе карты (плана), откладывают линию DE и точки её пересечения с горизонталями и полугоризонталями. Далее из этих точек по перпендикулярам откладывают отметки соответствующих горизонталей (на рис. 47 это отметки 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 и 82,5 м). Чтобы отобразить профиль более рельефно, отметки точек обычно откладывают в масштабе в 10 раз крупнее масштаба плана. Соединив прямыми концы перпендикуляров, получают профиль по линии DE .

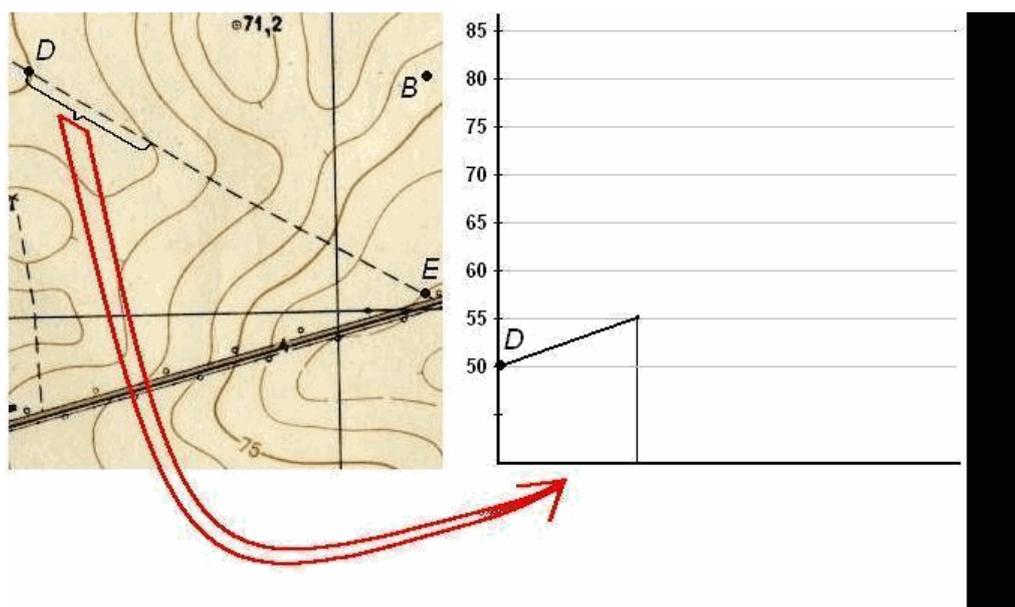


Рис. 46. Построение профиля по топографической карте

Тема 9. Инженерная подготовка озеленяемых территорий

Инженерная подготовка озеленяемых территорий - органическая часть работ по их благоустройству

Благоустройство озеленяемой территории - это совокупность архитектурно-ландшафтных и инженерно-строительных мероприятий, направленных на создание здоровых и комфортных условий для отдыха посетителей садов и парков, лесопарков и зон отдыха и других объектов озеленения.

Благоустройство территории включает: инженерное оборудование -водопровод, канализацию, электроснабжение и освещение; организацию дорожной сети, транспорта, санитарную очистку территории, обустройство мест отдыха и установку малых архитектурных форм (МАФ) и утилитарного оборудования (скамеек для отдыха, урн и т.п.).

Работы по благоустройству и озеленению территорий подразделяются на подготовительные и основные.

К циклу основных работ на объектах озеленения относятся посадки деревьев и кустарников, устройство дорожно-тропиночной сети, площадок, газонов, цветников, малых архитектурных форм и др., которые проводятся только после работ по инженерной подготовки территории.

Инженерная подготовка территорий - это комплекс инженерных подготовительных работ по созданию условий для проведения основных работ по благоустройству и озеленению. В зависимости от размеров объекта, его значимости, выполняемых функций, а также с учетом влияния природных факторов среды, степени антропогенных нагрузок, состав и содержание комплекса инженерных работ может быть различным и разнообразным.

Архитектурно-планировочная структура озеленяемого объекта, его объемно-пространственное решение и размещение отдельных планировочных элементов во многом определяются природными условиями и состоянием территории.

Ровные, «как стол», низменные, пойменные участки могут быть преобразованы в холмистый ландшафт, крутые склоны можно «сглаживать», террасировать, организовывать площадки, маршруты движения посетителей.

Территорию, имеющую действующий овраг, путем соответствующих мероприятий по укреплению склонов, устройству запруд, плотин, можно преобразовать в живописный прогулочный парк с водоемами и каскадами, с раскрывающимися короткими и средними перспективами на интересные видовые точки.

Инженерная подготовка озеленяемых территорий входит в общий комплекс задач градостроительного характера, решение которых способствует освоению площадей под застройку. При градостроительном проектировании наиболее «удобные» для строительства земельные участки отводятся под жилую и промышленную застройку - жилые комплексы, улицы и площади, промышленные предприятия. Такие «удобные» участки отличаются относительно ровным, спокойным рельефом, нормальной освещенностью, отсутствием эрозии почвы, явлений заболачиваемости и т.п.

Менее удобные для строительства зданий участки, имеющие пересечённый рельеф, путем проведения инженерно-технических мероприятий, приводятся в соответствие с существующими в градостроительстве требованиями. Такие мероприятия,

как правило, вызывают значительные материальные затраты и требуют привлечения мощных технических средств. При выборе территорий под застройку обычно отдают предпочтение тем участкам, освоение которых будет связано с наименьшими затратами.

Неудобные для строительства территории (так называемые, «неудобья») обычно имеют участки с крутыми склонами рельефа и выходами каменных пород, размытые берега водоемов и поймы рек, овраги и балки, заболоченные местоположения, участки с крупными деревьями и кустарниками, ценным травянистым покровом. Такие территории, как правило, отводятся под парки и сады, лесопарки, зоны отдыха.

В ряде случаев при выборе территорий под застройку в процессе градостроительного проектирования приходится иметь дело с такими явлениями как сель, оползень, карст. Нередки случаи, когда отводимые для освоения территории нуждаются в рекультивации участков бывших разработок полезных ископаемых - песчаных карьеров, отвалов пустой породы, терриконов, «хвостохранилищ».

На некоторых низменных территориях с целью предотвращения наводнений требуется намыв грунта, устройство валов, дамб, плотин. Известны примеры организации на намывных территориях крупных парков, таких, например как, парк на Кировских островах в Санкт-Петербурге, лесопарк Амстердамский лес в Амстердаме (Голландия), и др.

В процессе градостроительного и ландшафтного проектирования на разных стадиях появляется необходимость в предварительном изучении климата и микроклимата местности, геологии, гидрографии, геоморфологии отдельных территорий и участков. При проектировании учитывается влияние тех или иных факторов природной среды, поскольку они могут оказывать существенное влияние на общее проектное решение.

Основными задачами инженерной подготовки территорий являются:

- осушение участков, защита от затопления, защита от оползней, от ветровой эрозии, от смыва плодородного слоя почвы;
- подготовка территории под строительство дорог, сооружений, малых архитектурных форм, павильонов, выравнивание поверхности участков по проектным отметкам, («вертикальная планировка»), что непосредственно связано с организацией поверхностного стока дождевых и талых вод;
- укрепление берегов и склонов, рек водоемов, озер, оврагов;
- осушение заболоченных участков и орошение (обводнение) в засушливых условиях;
- мероприятия по устранению селей, явлений карста, оползней;
- рекультивация (техническая и биологическая) территории,
- вертикальная планировка или организация поверхности, создание нового рельефа с различными его формами.

Вопросы инженерной подготовки территорий решаются в тесной увязке с общим архитектурно-планировочным и композиционным решением объекта. Только при взаимном сочетании задач инженерной подготовки и планировки достигается правильное функциональное и экономическое решение.

Мероприятия по инженерной подготовке разрабатываются по специальным проектам на различных этапах проектирования. Первым этапом является проведение проектно-изыскательских работ, вторым этапом — непосредственно, сама разработка проекта.

Проектными решениями должна быть обеспечена экономическая эффективность общей ландшафтной организации территории, что достигается, как было уже сказано, максимальным учётом природных особенностей местности.

Для разработки проектов инженерной подготовки территорий проводятся специальные изыскания, собираются необходимые данные и сведения, характеризующие природные условия и общую градостроительную ситуацию. В результате сбора данных и проведения комплекса изыскательских работ все материалы обобщаются и используются в дальнейшем при проектировании объекта ландшафтной архитектуры.

При проведении изыскательских работ особое внимание уделяется анализу природных факторов среды, которые обуславливают общее состояние территории объекта.

Сведения о климате и микроклимате. Общие сведения о климате получают на основании справочных данных, а также данных местных метеорологических станций. Должны быть собраны данные: по количеству осадков (среднегодовые и по отдельным месяцам); по интенсивности ливневых дождей, по периодам образования и таяния снега и толщине снегового покрова; по температуре воздуха — минимальной, максимальной, среднесуточной, наибольших её перепадах в течение суток; по силе и направлению, повторяемости действия ветров, за год и по сезонам; по влажности воздуха, густоте и повторяемости туманов; по солнечному освещению - по количеству солнечного свечения в сутки, а также, солнечных дней в году.

Важную роль играют направление, скорость и сила (давление) ветра. Направление господствующего ветра устанавливается путем специальных наблюдений и построения розы ветров.

Существенное значение имеет освещённость территории и инсоляция отдельных её участков в зависимости от рельефа местности, степени открытости пространства, влияния высотной застройки, крупных деревьев. Для оценки инсоляции территории на рабочих чертежах строят инсоляционные графики по специальной методике.

Топография территории отражается на топографических планах-картах или общем ситуационном плане с отображением рельефа, растительности, водоемов, рек, ручьев, отдельно стоящих зданий, мостов, плотин, дорог, коммуникаций с указанием на плане, в ведомостях или пояснительной записке характеристик данных объектов. План, карта и профиль участка составляются на базе геодезических изысканий.

Условные обозначения на планах и картах приводятся в соответствии с существующим Государственным стандартом (ГОСТ).

Геологические условия определяют по материалам специальных изысканий, детальность которых устанавливают по сложности природных условий, а также стадиям проектирования. При отсутствии конкретных данных проводят исследования грунтов путем взятия проб из шурфов и буровых скважин с составлением разрезов. На разрезах указывают типы пород, их литологический состав и глубину залегания; изыскания ведут на глубине 0...5 м от поверхности земли. Литологическая карта позволяет выявить пригодность или непригодность участка для постройки какого-либо здания /павильона в парке/ или сооружения. В ряде случаев грунты подвергаются пробным нагрузкам для определения несущей способности этих грунтов (кг/см²).

Гидрологические и гидрогеологические условия определяют характер залегания, минерализацию и режим подземных (грунтовых) вод; высокий уровень залегания может отрицательно сказаться на различных сооружениях (спортплощадки, павильоны,

дорожная сеть), а также на произрастании насаждений; при переувлажнении верхних слоев почвы и замерзании воды в зимнее время может происходить «вздутие» (вспучивание, особенно на пылеватых и глинистых грунтах), а при оттаивании ледяных прослоек (линз) — продавливание грунта под нагрузкой, что приводит, например, к разрушению покрытий дорог и площадок. В результате проведения специальных изысканий на местности составляется гидрогеологическая карта территории объекта, на которой указывается глубина залегания и расположения грунтовых вод в различные сезонные периоды года, а также выходы грунтовых вод на поверхность в виде ключей.

Гидрографические изыскания проводят на территориях крупных по площади проектируемых объектов, включающих водоемы, озера, реки, ручьи. Специальные исследования устанавливают характеристики водного режима территории, наличие дамб, обвалований, мостов, каналов, берегоукрепительных сооружений, изменения в уровне поверхности воды в течение сезона, используются при этом гидрологические и гидрометрические показатели гидрометрических станций и постов.

Геоморфологические условия характеризуют рельеф территории проектируемого объекта и наличие физических процессов, таких как, подверженность сейсмическим, просадочным, карстовым явлениям, оползням, подмывам, просадкам, селевым потокам. Для характеристики таких процессов используют геоморфологические карты местности, данные оползневых станций и т.д. Более подробные характеристики рельефа даются при разработках проектов вертикальной планировки .

Растительность и почвы характеризуются детально на основании специальных исследований по ландшафтной таксации насаждений (таксационная съёмка и описание насаждений) по обследованию почвенного покрова и травянистой растительности с учётом рельефа местности, экспозиции склонов, инсолируемости отдельных участков. На специальных картах-планах и в ведомостях указывают видовой состав деревьев и кустарников, напочвенный покров, состояние растений, возрастные характеристики, данные по величине, указываются типы пространственных структур насаждений; на отдельных почвенных картах приводятся почвенные разности с показателями мощности плодородного слоя и т.п.

Большое значение для снижения стоимости работ по благоустройству и озеленению имеет наличие на обследуемых участках таких материалов как песок, щебень, камень, кирпич, которые остались от старого строительства, фундаментов зданий, разрушенных построек. Материалом для строительства горок, холмов, возвышений, валов и т.п. может служить вынутый из котлованов под водоемы грунт.

Ценным природным ресурсом является плодородный слой почвы (верхний горизонт), который может быть использован для посадок древесных растений, устройства газонов, цветников. Сохранение верхнего плодородного слоя почвы одна из первостепенных задач подготовки территории.

Максимальное использование природных условий территории плодородной почвы, ценной растительности, выразительных складок рельефа и каменистых отложений, ручьев, водоемов, естественных биотопов (болот, песчаных склонов, ключей и др.) в значительной мере удешевляет процесс садово-паркового строительства объекта. В то же время бездумное выравнивание территории, «под гребенку», засыпка ложбинок с ценной растительностью, сдирание и уничтожение плодородного верхнего слоя почвы, срезка бугров, холмов, представляющих интерес с точки зрения композиции приводит к излишним затратам и снижению художественных достоинств объекта.

Специалисты в области ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства при проектировании объектов и их создании должны с особым вниманием отнестись к проведению цикла работ по инженерной подготовке территорий. В ряде случаев проектировщик должен сам непосредственно участвовать в процессе проведения изыскательских работ.

Все территории, отводимые под объекты ландшафтной архитектуры можно условно подразделить по степени сложности природных условий и благоприятности их использования можно разделить на группы по следующим признакам:

1 группа - территории с благоприятными (нормальными) условиями; на поверхности участков имеется плодородный слой почвы, по механическому составу почвы супесчаные, средние суглинки, супеси; встречаются участки незначительно перерытые (до 25 % площади); уровень грунтовых вод - 1,5...2,0 м; территория не затопливается паводковыми водами, заболоченность и бессточные участки отсутствуют, оврагов нет, а если они есть, то их склоны пологи, заросшие кустарником и глубина их до 3...5 м; берега вдоль ручья или речки не размыты и пологие; оползни и карст отсутствуют.

2 группа — территории со сложными условиями (неблагоприятные); верхний почвенный слой мало плодороден, выщелочен, слабо засолен или имеет высокую кислотность, по механическому составу - пески, глины, тяжелые суглинки; уровень грунтовых вод - 1,5...0,5 м или от 2 до 3 м; участки территории затопливаются паводком, но не более 15 дней; заболоченность имеет место на отдельных участках, но легко осушаемая; имеются овраги глубиной до 5 м с крутыми и обрывистыми склонами и глубиной более 5 м с пологими склонами; отдельные склоны подвержены оползню и требуют укрепления; в ряде мест берега речек, ручьёв размываются на участке шириной не более 10 м; на территории имеется незначительное число неглубоких воронок затухающего карста.

3 группа — территории с очень сложными, особо неблагоприятными, условиями; верхний плодородный слой зачастую отсутствует вообще, имеются солонцы, солончаки; в ряде случаев вся территория сильно перерыта (на 75%) или имеются выходы сплошной скальной породы; уровень грунтовых вод - до 0,5 м или более 8... 10 м от поверхности; имеются участки, затопливаемые паводковыми водами в течении 15 и более дней; имеются трудно осушаемые болота, занимающие более половины территории; на территории действующая овражная сеть, по берегам рек - многочисленные оползневые склоны, требующие укрепления; на территории - река с блуждающим руслом, со значительным размывом берега в зоне шириной более 10 м; на территории - значительное количество воронок затухающего карста глубиной более 10 м, имеются подземные пустоты.

Участки территории с очень сложными условиями, как правило, не предназначаются для массового посещения, размещения парковых сооружений, устройства игровых площадок и т.п.

Классификация территорий, отводимых, под объекты ландшафтной архитектуры по степени сложности носит условный характер. В ряде случаев могут преобладать те или иные природные особенности, в большей или меньшей степени сложные или благоприятные для благоустройства и озеленения. Территория, отводимая под объект озеленения может иметь;

- сильно пересечённый рельеф, наличие глубоких впадин, холмов;
- сильно заболоченные участки с древесной растительностью;

- один большой и глубокий овраг с обрывистыми склонами; сильно поврежденную, изрытую, захлавленную поверхность, загрязнённые водоёмы, ручьи с размывными берегами.

В каждом конкретном случае принимаются те или иные решения по инженерной подготовке территории.

Тема 10. Организация рельефа на озеленяемой территории

Рельеф территории населенного пункта должен удовлетворять инженерным, санитарным и архитектурным требованиям. Приспособление естественного рельефа поверхности с учетом конкретных целей ее эксплуатации и составляет задачу вертикальной планировки.

Вертикальная планировка озеленяемых территорий - это комплекс мероприятий направленных на частичное или полное преобразование рельефа согласно требованиям и правилам ландшафтно-планировочного решения.

Основными задачами вертикальной планировки озеленяемых территорий являются:

- обеспечение отвода излишков поверхностных вод (дождевых, паводковых, талых) путем устройства специальных сооружений;
- создание условий для удобного движения пешеходов и транспорта по дорогам, садово-парковым дорожкам, аллеям, а также пребывания, отдыха, игр на различного рода площадках;
- создание пластически выразительных форм рельефа в соответствии с замыслом проектировщика, т.е. максимальное приспособление существующего рельефа путем устройства специальных сооружений;
- создание благоприятных условий для произрастания ценной растительности - деревьев, кустарников, травянистых ассоциаций; устранение явлений почвенной эрозии,
- укрепление склонов, крутых берегов водоёмов путем устройства специальных сооружений;
- устройство специальных сооружений - лестниц, подпорных стен, откосов, террас - на пересечённой местности

Проект вертикальной планировки территории объекта озеленения разрабатывается на основе проектов детальной планировки (ПДП) и застройки (ПЗ) отдельной части города — района, промышленной застройки. Проект детальной планировки включает общие схемы транспортных и инженерных сетей, высотных решений участков и обеспечивает увязку проектируемой территории объекта с застроенной частью. Проект застройки — общее вертикальное решение территории микрорайона, участков общественного центра, промышленной застройки с прилегающими озеленёнными территориями.

Проектирование вертикальной планировки озеленяемых территорий целесообразно вести одновременно с разработкой их планировочного решения и в комплексе с мероприятиями по организации стока поверхностных вод, устройству водоёмов, защите от затопления.

Вертикальная планировка озеленяемой территории должна решаться рационально, с высоким экономическим эффектом. Эффективность проектного решения определяется следующими технико-экономическими показателями:

- Наименьший объём земляных работ при наибольшем эффекте от проектного решения;
- Баланс земляных масс - равенство объёмов работ по выемке грунта и его насыпи (когда нет необходимости вывозить излишки грунта или завозить его со стороны);

- Минимизация расстояний по перемещению грунта при планировке с участков выемки на участки насыпи.

Основными методами вертикальной планировки являются:

- метод проектных отметок и уклонов (аналитический);
- метод проектных профилей;
- метод проектных («красных») горизонталей.

Метод профилей используют для вертикальной планировки рельефа под линейные сооружения. Он заключается в разработке продольного профиля участка или улицы и построении поперечных профилей через 20, 40 или 100 м. Продольные профили проектируют в тех же масштабах, что и рабочие чертежи, а для большей точности графических построений вертикальный масштаб в 10 раз крупнее горизонтального. Поперечные профили строят в масштабе 1:200, а их вертикальный масштаб 1:100. По профилям, используя их числовые данные, определяют объемы земляных работ.

Метод проектных (красных) горизонталей используют, проектируя площади и перекрестки, небольшие улицы и выполняя внутриквартальную планировку. Его сущность заключается в том, что на план с геодезической подосновой, где показан существующий рельеф и нанесены все проектные решения в плане - здания, сооружения и т. п., наносят горизонталы, изображающие проектный рельеф в виде прямых параллельных линий. В зависимости от характера рельефа и масштаба составляемого плана высоту сечения рельефа проектными горизонталями выбирают равной 0,1; 0,2 или 0,5 м.

Проект вертикальной планировки озеленяемой территории (сада, бульвара, сквера, парка) создается обычно поэтапно, в две стадии.

Первая стадия - общее высотное решение по проектным отметкам и уклонам поверхности, обеспечивающим организацию стока поверхностных и талых вод (организация рельефа).

Вторая стадия — детальный проект вертикального решения территории методом проектных («красных») горизонталей. Как правило, такое проектирование используется при значительном преобразовании рельефа местности.

На основании проекта вертикальной планировки рассчитывается и строится картограмма земляных работ, позволяющая оценить их объем и стоимость.

На продольный профиль наносят почвенно-геологический разрез, служащий для определения расположения и уровня грунтовых вод. Разрез составляют по данным шурфов и скважин; желательно, чтобы проектная линия вписывалась в окружающий рельеф местности.

Проектируя площадной объект, разбивают сетку квадратов и, по отметкам ее вершин, строят продольные профили вдоль его длинной стороны. Фактические отметки вершин квадратов определяют по горизонталям или из результатов нивелирования местности по квадратам. Иногда этот метод применяют, проектируя сложные участки с откосами, высокими подпорными стенами, лестницами.

При разработке проекта вертикальной планировки последовательно решаются следующие задачи:

1. Оценка существующего рельефа по топографическому плану, включающая выделение и анализ характерных форм рельефа, определение крутизны склона поверхности, построение продольного профиля в заданном направлении по горизонталям плана, прокладка линии заданного уклона, определение границ водосборной площади, построение полей невидимости и силуэта местности.

2. Определение по заданному значению уклона проектных отметок точек на границам («красным линиям») объекта
3. Нанесение на план проектных горизонталей: путем градуирования прямой линии по оси дороги, построения горизонталей на наклонной плоскости, проектирования размоств на пересечении дорог, откосов, пандусов, подпорных стенок, лестниц в местах перепада рельефа.
4. Проектирование продольных профилей по парковым дорогам путем прокладки проектных линий и нахождения места нулевых работ.
5. Проектирование системы водоотводящих и поглощающих стоки сооружений - лотков, водосборников, поглощающих и смотровых колодцев.
6. Определение объемов земляных работ на всей территории или по выбранным направлениям.

Анализ и оценка рельефа территории проектируемого объекта озеленения

Общие положения. Рельеф является важным природным ресурсом, ценным компонентом садово-паркового ландшафта и нередко предопределяет общее композиционное и планировочное решение объекта. Рельеф и его формы диктуют проектировщикам расположение различных по назначению планировочных зон и отдельных элементов. Так, вход в парк, центральная площадка, спортивный комплекс с футбольным полем и теннисными кортами, детский сектор, обычно размещают на равнинном рельефе. Водоёмы проектируют, как правило, в понижениях, используя отрицательные формы рельефа - ложбины, понижения, котловины. Под сады и парки отводят территории с сильно пересеченным рельефом, неблагоприятным для жилой и промышленной застройки.

Проектирование садов и парков на склонах и надпойменных террасах предопределяет ступенчатый характер композиции, размещение площадок на искусственно создаваемых террасах, с использованием серпантинов при подъемах и спусках, лестниц, подпорных стен.

В гористой местности получают распространение нагорные парки и сады, имеющие, так называемое, «спиральное» развитие композиции с постепенным раскрытием панорам на внешнюю среду. Парки в горных долинах имеют обычно сквозную продольную ось композиции по руслу долины с раскрытием перспектив на склоны с сооружениями, группировками растительности, открытыми лужайками.

Парки в оврагах имеют осевую композицию и замкнутые перспективы на склоны и устье оврага; пространство оврага предопределяет организацию каскадных прудов с запрудами, мостиками, водотоками; на бровках оврага организуются площадки с видовыми точками.

Проектирование парков на местности с равнинным рельефом необходимо в ряде случаев создавать искусственные выразительные формы — возвышения, холмы, горки, валы; с целью обогащения «скудного» плоского рельефа можно использовать небольшие микро- понижения или повышения, холмики и впадины для придания выразительности композиции пространства.

Задача проектировщика состоит в том, чтобы сохранить или «усилить» формы рельефа, особенно, если на поверхности существует ценная растительность. Подчеркивание, «утрирование» форм рельефа возможно путем установки малых архитектурных форм, павильонов, посадки групп или отдельных экземпляров растений.

Характер рельефа влияет на планировку дорожно-тропиночной сети. Расчлененность рельефа, сложность его форм, изрезанность оправдывает извилистую

дорожную сеть с частыми поворотами, изменениями поперечного профиля дорог. Равнинный рельеф участка не оправдывает извилистость дорожек, их «петляние», что, обычно, раздражает пешехода, провоцирует его на «срезание углов», вытаптывание травянистого покрова, повреждение древесной растительности.

Формирование, а в ряде случаев, коренное преобразование рельефа территории объекта, с целью придания архитектурно-художественной выразительности пространства, является разновидностью высотной организации такого пространства и получило специфическое название «геопластика».

Геопластика решает как эстетические, так и утилитарные задачи. Например, насыпка искусственного вала (бруствера) по периметру парковой территории, граничащей с шумной магистралью, с соответствующим размещением деревьев и кустарников по поверхности такого вала, решает важную задачу защиты территории от шума и в то же время повышает эстетический эффект. Грунт, вынутый из котлованов при устройстве водоёмов, можно использовать для насыпки горок для санного спуска; в то же время, такие горки могут играть активную роль в ландшафтно-архитектурной композиции, усиливать эстетический эффект пространства парка. Для усиления пространственного эффекта возможен прием заглабления регулярного партера; в ряде случаев необходимо насыпать платформу, холм для установки скульптуры, памятника, паркового сооружения.

Из практики ландшафтного проектирования и строительства известны три случая преобразования рельефа:

1. Воссоздание, (или имитация) встречающихся в природе форм рельефа;
2. Создание геометрически подчеркнутых, («утрированных») форм на отдельных участках территории (горок, валов, пирамид и т.п.);
3. Формирование функциональных форм рельефа - брустверов по периметру территории для защиты от шума, дамбы, валы, горы для санных спусков.

Проектируемый рельеф, каким бы он ни был, не должен противоречить характеру окружающего ландшафта. Формы создаваемого рельефа должны находиться в гармонии по отношению к окружающему пространству.

Формирование рельефа, его трансформация в современных условиях проверяются методами макетирования и компьютерной графики. С помощью специальных компьютерных программ (studio, avtacad, landcad) можно добиться в кратчайшие сроки любого изображения рельефа и его форм с соответствующими расчетами крутизны склонов.

Проектирование рельефа и умелое использование существующего связано с формированием микроклимата территории на отдельных участках. Так, насыпка валов и горок со стороны неблагоприятных ветров способствует защите участка от сквозняков; склоны южной экспозиции наиболее благоприятны для размещения площадок для отдыха, произрастания соответствующей растительности.

Большие возможности для формирования искусственного рельефа представляют нарушенные территории - отвалы пустой породы, терриконы, карьеры, пустыри, бывшие свалки, намывные участки по берегам озёр, морей, заливов, водохранилищ. Так, в ряде случаев, терриконы используют как своеобразные доминанты парковых пространств, на их вершинах размещают площадки для просмотра, по склонам проектируют прогулочные маршруты. На плоских по рельефу отвалах пустой породы возможно устройство спортивных площадок; такую породу используют для засыпки понижений, провалов, воронок. В ряде случаев понижения рельефа (котлованы, «блюдца») используют под водоемы. При освоении отвалов предусматривают противоэрозионные мероприятия, производят «выполаживание» склонов, делая их более

пологими, устраивают террасы, откосы (крутизной 1:4), формируя на поверхности растительный слой почвы толщиной до 4...6 см и засевая поверхность семенами трав.

Анализ основных форм рельефа. Рельеф - совокупность различных неровностей земной поверхности, изображают на топографических планах с помощью горизонталей. Высоту сечения рельефа горизонталями выбирают исходя из масштаба плана, характера местности и требуемой точности его отображения. Планы масштабов 1:500 и 1:2000, наиболее часто используемые для целей ландшафтной архитектуры, имеют высоту сечения обычно - 0,25 и 0,5 м или 0,5 и 1 м соответственно.

Из всех разнообразных неровностей земной поверхности можно выделяют основные формы рельефа. К ним относятся гора (холм), котловина, хребет, лощина и седловина. Изображение основных форм рельефа на местности и плане, показаны соответственно на рис.2.1, А и Б.

Гора (холм) - возвышенность конической формы (рис.2.1, А). Самую высокую точку холма называют вершиной, от которой во все стороны местность понижается. Боковые поверхности холма называют скатами, которые в нижней части заканчиваются подошвой.

Котловина - углубление конической или чашеобразной формы. Самую низкую точку котловины называют дном, от нее во все стороны местность повышается, превышения имеют положительный знак. Боковые поверхности котловины - скаты, которые в верхней части заканчиваются бровкой, или краем. Небольшие котловины с крутыми скатами называют воронкой.

Хребет - возвышение удлиненной формы. Линию вдоль хребта, проходящую по самым высоким точкам, называют водоразделом, а бока - скатами. Если смотреть вниз по водоразделу, то превышения точек в этом направлении, а также влево и вправо имеют отрицательный знак, а назад - положительный.

Лощина - углубление удлиненной формы. Линию вдоль лощины, проходящую по самым низким точкам, называют водотоком или тальвегом, а бока - скатами, которые заканчиваются бровками. Если смотреть вниз по водотоку, то превышение в этом направлении будет отрицательным, а вправо, влево и назад - положительным.

Широкие лощины с пологими скатами называют долинами, а с крутыми, каменистыми - ущельями. Лощины в виде глубоких промоин в долинах, образующихся действиями текучих вод, называется оврагами.

Седловина имеет форму седла, представляет сочетание двух хребтов со сходящимися водоразделами в точке А и двух лощин с расходящимися от этой точки водотоками.

Если из точки А посмотреть вдоль одного из хребтов, то превышения в этом направлении и назад будут положительными, а вправо и влево - отрицательными.

Разновидностями основных форм рельефа являются террасы, когда крутой скат прерывается пологой площадкой; гребни - острые части хребта по водоразделу, перевалы (седловины) - пониженные части хребта у водоразделов и др.

Одной из характеристик позволяющей судить о рельефе местности является - уклон, величина которого определяется по формуле:

$$I = \operatorname{tg} \nu = h/d$$

где $h = H_a - H_b$, - превышение точки А относительно точки В, м; d - заложение, т.е. расстояние между указанными точками, м; ν - угол наклона данной линии.

Уклон - выражается в процентах или промилле (тысячные доли), а также в абсолютных единицах (десятичные дроби). Например, уклоны, равные 0,5 и 2% соответствуют 5 и 20‰.

Необходимые навыки пространственного восприятия рельефа на плане, в ландшафтном проектировании приобретают, рассматривая и изучая микрорельеф отдельных элементов территории.

По степени сложности рельеф подразделяют на следующие типы:

- равнинный рельеф, относительно спокойный, с уклонами до 7% (0,003..0,07);
- всхолмленный рельеф, относительно сложный, с уклоном от 8% до 15% (0,08..0,15);
- пересеченный, сложный, с наличием оврагов, балок, котловин, с уклонами до 50% и выше (0,2... 0,5);
- очень сложный (в т.ч., торный), с уклонами до 100 % (0,8... 1); При оценке территории основное внимание уделяют анализу существующего рельефа, т.е. наличию и расположению водоразделов и тальвегов, основному направлению стока поверхностных вод, участкам с изменяющимися уклонами, территориям, требующим мероприятий по их инженерной подготовке.

Анализируя изображение рельефа на топографическом плане, можно выделить участки, на которых смежные горизонталы расположены близко или далеко друг от друга. Это соответствует чередованию крутых склонов с относительно ровными террасами (например, приречной территории).

Склоны изображают плавно изгибающимися горизонталями. Горизонталы изображающие участки, разрезанные оврагами и балками, «вытягиваются» в направлении участков с большими отметками, а горизонталы на холмистых участках «выдвигаются» по склонам в сторону подошв. Оценка крутизны скатов. Крутизна (уклон) скатов вычисляется по формуле:

$$i = \Delta h / D$$

где i - уклон в %, или абсолютных единицах;

Δh - разность высот между точками ската;

D - заложение - расстояние между точками ската на местности (в м).

При этом от точек пересечений выбранного направления с горизонталями плана восстанавливают перпендикуляры (нормали), соответствующие отметкам горизонталей. По перпендикулярам в масштабе который обычно в 10 раз крупнее горизонтального откладывают высоты точек.

Продольный профиль дает наглядное представление о рельефе местности по направлению и используется для построения зоны невидимости, что важно при анализе сильно пересеченной местности.

Поля невидимости строятся с определенной видовой точки плана; для этого через заданную точку в направлении оцениваемой территории проводят прямые: ОА, ОБ, ОС и др., по которым строят продольные профили местности. На профиле через точку О (или другую точку, в зависимости от поставленной задачи) проводят касательные линии к очертаниям возвышенностей, соответствующие лучам зрения. Полученные при этом точки границ поля невидимости 1, 2, 3 переносят с профиля на план. Границы поля невидимости на плане прочерчивают последовательными соединениями точек, вынесенных с профилей. Точность построения полей невидимости тем выше, чем больше

построено профилей. Поля невидимости необходимы для эстетической оценки местности, получения характеристик инсоляционного режима, защищенности от ветра и др. целей.

Построение силуэта местности. Обычно эстетические качества рельефа местности можно оценить по панорамным снимкам с природы или фототеодолитным снимкам местности. На предварительном этапе проектирования объекта общее представление можно получить и по плану местности путем построения её силуэта. Силуэт - несколько продольных профилей склона местности, проходящих через выбранные направления. Сначала вычерчивают профиль по линии АВ. Затем на этой линии находят точки, в которых перпендикуляры являются касательными к изгибам горизонталей.

Далее от линии АВ отмечают на перпендикулярах отметки горизонталей. Линии, соединяющие концы перпендикуляров, представляют силуэт местности. Полученное изображение дает примерное представление о силуэте местности, о её характере (взгляд издали, а не с какой-то точки).

Трассирование линии заданного уклона. Необходимость трассирования возникает при прокладке дороги (маршрута) по территории с крутыми склонами рельефа. Сначала намечу направление трассы. Затем вычисляют величину заложения, при которой уклон не будет превышать заданного значения, по формуле:

$$d = h / i \times M$$

где i - заданное значение уклона; h - высота сечения рельефа горизонталями, м; M - масштаб плана; d - заложение, мм - расстояние между смежными горизонталями, при котором уклон не будет превышать заданного значения.

Найденное заложение берут в раствор циркуля - измерителя и последовательно откладывают его между соседними горизонталями от одной фиксированной точки к другой. При значительных уклонах и большой протяженности трасса может приобрести серпантинный характер. Полученная трасса линейного сооружения, проложенного по этой линии, не потребует устройства насыпей и выемок.

Высотное решение территории объекта

Определение отметок Рельефа по уклону поверхности. Эта задача решается после тщательного анализа и оценки рельефа проектируемого объекта на стадии разработки. «Схемы вертикальной планировки». В данном случае, определяют отметки по границам объекта в точках входа территорию, на пересечениях осей дорог, проездов, аллей, дорожек и в точках перегиба на их осях; в угловых точках площадок и в точках сопряжения площадки и дорожки; в центрах площадок (круг, овал, прямоугольник и др.); в точках расположенных на оси начала и конца дорожек, и в точках характерных изгибов дорожек; в точках перекрестков дорог; на характерных участках по всей территории.

Все планировочные элементы - дороги; проезды, дорожки, тропы, площадки различного назначения, размещают и проектируют в соответствии с существующими требованиями к их поверхности; а именно: удобство передвижения пешеходов и пребывания их на площадках, с целью пассивного или активного отдыха обеспечение отвода поверхностных вод.

Проектирование ведут используя вспомогательные линии на осях дорог, аллей, проездов, отмечают и фиксируют точки перегиба рельефа, пересечения осей дорог и т.п. Затем по линиям участков дорожно-тропиночной сети и площадок, вычисляют уклоны, используя отметки точек поверхности. Если уклонов анализируемых участков больше или

меньше предельных, то их корректируют или проектируют новые, исправляя отметки и производя выемку или насыпь грунта.

Определение положения точки с заданной проектной отметкой на наклонной прямой. Эта задача решается при оценке рельефа поверхности планировочных элементов, например, при оценке продольного уклона дороги, когда необходимо определить местоположение на ее оси точки с заданной отметкой H , расположенной между точками A и B , отметки которых известны.

Положение искомой точки C находится по формуле

$$x = \frac{H_A - H_C}{H_A - H_B} \times d$$

Где x - расстояние до искомой точки от A ;

H_A, H_B, H_C - отметки точек A, B, C ;

d - расстояние между точками A и B .

Найти положение искомой точки можно и графически. Для этого в точках A и B восстанавливают перпендикуляры к линии AB в противоположных от нее направлениях, на которых в одном произвольном масштабе откладывают превышения точек A и B относительно C . Искомая точка лежит на пересечении линии AB с линией, соединяющей концы перпендикуляров. Измеряя расстояние от точки A до точки пересечения двух прямых получим искомое расстояние.

Градуирование отрезка прямой линии используют для нахождения и рисовки на плане проектных горизонталей. Возможно два варианта. Первый, когда известны отметки точек A и B линии, и второй, когда известны уклон линии и отметка одной из ее точек. Уклон поверхности по линии либо вычисляется, либо выбирается заранее в соответствии с требованиями к продольным уклонам дороги.

Допустим, что уклон отрезка AB вычисляется, тогда, если $H_a = 35,68$ м, $H_b = 36,84$ м, а расстояние между точками $D = 96,60$ м, то его искомое значение

$$i = (H_b - H_a) / D = (36,84 - 35,68) / 96,60 = 0,012$$

Определим расстояния от точки A до горизонталей кратных $0,20$ м, для чего воспользуемся следующей формулой:

$$d = h / i \times M$$

где $h = (H - H_a)$ - превышение между точкой A и искомой горизонталью, i - уклон, а M - масштаб плана.

Тогда расстояния от точки A до точек с отметками $35,80$; $36,00$; $36,20$; $36,40$ и $36,60$ м в масштабе плана $1:1000$ будут соответственно равны 10 ; $27,5$; 45 ; $62,5$ и 80 мм.

Откладывая от точки A по линии AB значения заложений фиксируем точки, через которые будут проходить указанные горизонталю.

Задача решается аналогично, если уклон и отметка одной из точек данной линии известные величины.

Изображение проектными горизонталью наклонной плоскости производят при устройстве площадок под павильоны, сооружения и здания. Для этого определяют отметки точек в углах площадки и градуируя ее стороны вычисляют положение точек, отметки которых кратны проектным горизонталью. Соединяя точки с соответствующими отметками проводят проектные горизонталю и подписывают над ними их отметки.

В показан пример построения проектных горизонталей на площадке, с известными продольным и поперечным уклонами. В этом случае достаточно выполнить градуирование лишь одной из длинных сторон площадки и провести одну горизонталь (например, с отметкой 21,60 м). Остальные горизонталы прочерчивают параллельно уже построенной через точки, найденные на сторонах. При построении первой горизонтали величина её отклонения / от перпендикуляра к продольной стороне определяется по формуле

$$i_i = B \times i_y / i_x = 11,25 \times 0,022 / 0,033 = 6,8 \text{ м}$$

где В-ширина площадки, м; i_x и i_y - соответственно продольный и поперечный уклоны площадки.

Построение проектных горизонталей участка дороги (проезда).

Для проектирования парковой дороги или хозяйственного проезд сначала определяют отметки горизонталей по осям этих планировочных элементов.

Показан пример градуирования и построения горизонталей участка $A_g - B_g$ дороги, имеющей гребень (ось), открытые лотки по ее контурам, и тротуар для движения пешеходов. Дорога имеет продольный уклон $i_x = 0,03$, поперечный профиль параболический с уклоном $i_y = 0,02$ для асфальтовых покрытий. Прилегающий тротуар односкатный с поперечным уклоном 0,02. Проезжая часть отделена от тротуара бортовым камнем (бордюром), возвышающимся над проезжей частью на 0,10 м. Линии $A_1 - B_1$ и $A_1^1 - B_1^1$ - линии открытых лотков, служащие для сбора и стока поверхностных вод.

На поперечных сечениях дороги показаны точки $A_1; A_g; A_T; A_1^1; A_3$, (сечение 1-1) и $B_1; B_g; B_T; B_1^1; B_3$ (сечение II- II), в которых необходимо определить отметки лотка, гребня и бордюра. Затем, используя значение i_x , определяют положение горизонталей кратных одному метру (152,00 и 151,00 м) на гребне, лотке и бордюре. Определим вначале отметки точек на гребне, лотке и бордюре в сечении 1-1. Учитывая, что отметка точки A_g равна 150,75 м, а ширина дороги 8 м, то отметки точек A_1 и A_1^1 вычисляют следующим образом

Определим вначале отметки точек на гребне, лотке и бордюре в сечении 1-1. Учитывая, что отметка точки A_g равна 150,75 м, а ширина дороги 8 м, то отметки точек A_1 и A_1^1 вычисляют следующим образом $H = 150,75 - 0,02 \times 4 = 150,67$ м. При ширине тротуара равной 3 м отметки его точек A_T и A_T^1 будут соответственно равны $150,67 + 0,1 = 150,77$ м и $150,77 + 0,02 \times 3 = 150,83$ м. Отметка же точки A_3 - бровки равна $150,83 + 0,1 = 150,93$ м.

Затем, используя зависимость,

$$d = \frac{\Delta h}{i_x} \cdot M$$

где Δh -превышение, м; i_x -продольный уклон дороги; М-масштаб плана, вычислим расстояния по гребню от точки A_T до горизонтали 151,00 м на плане масштаба 1:500. Подставив необходимые значения в указанную формулу, получим, что искомое расстояние будет равно 16,6 мм в масштабе плана. Вычислим положение горизонтали с отметкой 151,00 м на бровке, тротуаре, лотке относительно точек $A_1; A_1^1; A_T; A_T^1; A_3$, используя указанную выше зависимость. Искомые расстояния относительно точек A_1 и A_1^1 будут равны 33 мм, относительно точек A_T - 23 мм, относительно точки A_T^1 -17 мм и относительно точки A_3 — 7мм. Отложив от сечения 1-1 по линиям гребня, лотка, тротуара и бровки вычисленные соответственные расстояния и соединив последовательно

полученные точки, сформируем горизонталь с отметкой 151,00 м. Она примет вид, который показан на рисунке. Таким же образом определим положение горизонталей 152,00 и 153,00 м; не трудно определить положение горизонталей кратных 0,1 м как по гребню, так и по лоткам.

Ориентация горизонталей по тротуару дороги противоположна их положению на проезжей части, что объясняется односкатным профилем тротуара $i = 0,020$. При вычерчивании горизонталей, они изгибаются под углом α , величина которого зависит от величин продольного и поперечного уклонов проезжей части дороги $\alpha = \arctg(i_x/i_r)$. Чем больше поперечный уклон, тем меньше угол.

Показан участок дороги с разными по величине продольными уклонами; нахождение горизонталей и их начертание ведутся по тому же принципу градуирования линий по гребню и лотку, но на каждом участке в отдельности.

Построение проектных горизонталей на перекрестке парковых дорог является важным планировочным узлом и требует большого внимания проектировщика. Основные требования проектирования перекрестка - удобство передвижения пешеходов в различных направлениях, обеспечение стока поверхностных вод, сопряжение поверхностей дорог.

Перекресток - место пересечения нескольких оформляющих плоскостей с различными по величине и направлению уклонами. Принципиальная схема решения перекрестка - преобразование поверхностей дорог в форму отличную от типовой и их взаимной увязке, обеспечивающей выполнение вышеуказанных требований. Переход от типового поперечного профиля дорог выполняют постепенно с помощью размотки проезжей части, т.е. переходя от двускатного профиля к односкатному.

Размотка при подходе к перекрестку выполняется перемещением гребней одной дороги (обычно вспомогательной) или гребней обеих дорог к углам перекрестка.

Длина участка размотки L при продольном уклоне менее 20 %, вычисляется по формуле

$$L = \frac{B \times i_y}{0,004}$$

а при продольных уклонах 20 % и больше

$$L = \frac{B \times i_y}{0,2 \times i_x}$$

где i_x и i_y - уклоны соответственно продольный и поперечный; B - ширина вспомогательной (сопрягаемой) дороги.

Если проектируют перекресток дорог разной категории, то поперечный уклон главной дороги в пределах перекрестка остается без изменений. Двускатный профиль второстепенной дороги преобразуют, в односкатный, используя «сопряжение в лоток». При этом уклон второстепенной дороги равняется продольному уклону главной дороги.

Если же проектируют перекресток равнозначных дорог, то либо производят «сопряжение в лоток» с дорогой имеющей больший продольный уклон, либо трансформируют профили обеих улиц в односкатные. Тогда на перекрестке образуют «сопряжение с осью», т.е. организуют площадку, с уклоном общим для обеих дорог.

Дорога - парковая аллея, идущая в вертикальном направлении - главная, характеризуется следующими параметрами: шириной $A = 9$ м, продольным и поперечным

уклонами соответственно равными $i_x = 0,040$ и $i_y = 0,020$. Второстепенная дорога шириной $B = 6$ м перпендикулярна главной, а ее поперечный уклон $i_y = 0,020$.

Проектируя размокту, сдвинем гребни вспомогательной дороги к левому и правому верхним углам перекрестка. Длина размокты для данных значений ширины вспомогательной дороги и уклонов равняется 15 м. Для организации рельефа полотна размокты необходимо вычислить отметки следующих точек 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8а, 9, 10 и 10а. Точки 2 и 3, 5 и 6 углы перекрестка. Направления 2-7 и 3-9 это перепускные лотки, по которым будет перемещаться вода, 8 и 8а, 10 и 10а это точки поперечников соответственно в точках 7 и 9 и их отметки попарно равны. Вычисление отметок указанных точек будем проводить зная, что отметка точки пересечения осей указанных дорог уже определена и равна $H_0 = 164,06$ м, а уклон перепускного лотка

Для вычисления отметок указанных точек воспользуемся следующей зависимостью

$$H_{i+1} = H_i + i_{(i; i+1)} \cdot d_{(i; i+1)}$$

где H_i и H_{i+1} - отметки точек i , значение которой известно, и $i + 1$ -определяемой; $i_{(i; i+1)}$ -уклон между точками i и $i + 1$; $d_{(i; i+1)}$ - величина заложения между указанными точками.

$$H_1 = H_0 + i_x \times B/2 = 164,06 + 0,040 \times 3 = 164,18 \text{ м};$$

$$H_4 = H_0 + i_x \times B/2 = 164,06 + (-0,040 \times 3) = 163,94 \text{ м};$$

Затем определяем отметки точек 2, 3, 5 и 6.

$$H_2 = H_3 = H_1 + i_y \times A/2 = 164,18 + (-0,020 \times 4,5) = 164,09 \text{ м};$$

$$H_5 = H_6 = H_4 + i_y \times A/2 = 163,94 + (-0,020 \times 4,5) = 163,85 \text{ м};$$

Следующий этап - вычисление отметок точек 7 и 9.

$$H_7 = H_2 + i_x \times L = 164,09 + 0,040 \times 15 = 164,69 \text{ м};$$

$$H_9 = H_3 + i_x \times L = 164,06 + (-0,040 \times 15) = 163,46 \text{ м};$$

На последнем этапе вычисляют отметки точек 8, 8а, 10 и 10а.

$$H_8 = H_{8a} = H_7 + i_y \times B/2 = 164,69 + (-0,020 \times 6/2) = 164,63 \text{ м};$$

$$H_{10} = H_{10a} = H_9 + i_y \times B/2 = 163,46 + (-0,020 \times 6/2) = 164,40 \text{ м};$$

Определив значения отметок указанных точек, приступают к градуированию гребня главной дороги и ее лотка (включая и перепускной лоток), используют значение i_x - продольного уклона, величина которого постоянна. При градуировке находят положение горизонталей, отметки которых кратны 0,10 м (164,10; 164,00 м и т.д.). Затем выполняют градуирование лотков и размонок («свернутых» гребней) вспомогательной дороги, определяя на их осях положение горизонталей кратных 0,10 м. Далее, соединяя точки с одноименными отметками, формируют изображение проектных горизонталей.

Следует учесть, что при расчетах и последующем построении могут возникнуть незначительные погрешности вследствие изменения продольного уклона вспомогательной дороги на участках размонок. По существу, изменяются заложения - линия 7-0 на 7-2, а линия 9-0 на 9-3. Как видно из рис. 14, левая часть перекрестка имеет «перелом» рельефа по перепускному лотку, правая часть имеет плоскую поверхность, перелом идет по размонок (линия 3-9). Сопряжение поверхностей дорог осуществляется по размонок и перепускному лотку.

Проектируя перекрестки, особенно в котловинах, необходимо предусматривать наряду с открытой и закрытую систему отвода поверхностных вод, т.е. устраивать на углах перекрестка водосточные колодцы, соединенные с ливневой канализационной сетью.

Проектирование сопряжений планируемого участка с существующей поверхностью. Иногда поверхность проектируемого объекта расположена выше или ниже поверхности смежного существующего объекта, например, городской площади или городской магистрали, или на объекте возможны участки с разными отметками. Возникает необходимость сопряжения поверхностей таких участков, одним из решений которого является использование откосов и подпорных стенок.

Откосы как инженерные сооружения могут проектироваться в выемке и в насыпи. Ширина полосы откоса в плане, или его заложение, зависит от его высоты и крутизны. Если глубина откоса в выемке достигает до 12 м, а в насыпи - до 6 м (суглинки, супеси, глины), то крутизна заложения склона принимается обычно 1:1,5. Это позволяет применить простейшее устройство по закреплению откоса дерном сплошной кладки по полотну или укладкой «в ленту» клетками, с заполнением последних растительным грунтом и последующим посевом трав-закрепителей.

Отметки точек, обозначенных на плане, определяют интерполированием между горизонталями. Заложение откоса в сечении точки А равно: $169,90 - 172,00 \times 1,5 = -3,15$ м, а в точке Е: $172,90 - 170,48 \times 1,5 = 3,63$ м. Аналогично определяют величины заложений в других сечениях. Место перехода от выемки к насыпи (точка F) определяют графически. Для этого от точки С откладывают величину заложения в сторону спланированной поверхности (показано пунктиром), тогда точка F находится на пересечении спланированной поверхности с линией, соединяющей концы перпендикуляров, восстановленных из точек В и С. В пределах насыпи откладывают заложения в сторону не спланированной территории. Проектные горизонталы в пределах откосов обычно не показывают, поскольку они не имеют практического значения для производства работ. Поверхность откоса изображают чередующимися короткими и длинными штрихами, направленными по уклону от бровки откоса к его подошве.

Для осуществления пешеходных и транспортных связей между поверхностями в разных уровнях устраивают лестницы (пешеходное движение) и пандусы (транспорт и пешеходы).

Крутизну откоса лестницы принимают 1:4, при ширине ступени в 38..40 см и высоте ступени 10... 12 см. Такая лестница по направлению уклона не вмещается в откос заложением 1:1,5. В этом случае устраивают площадки в верхней и нижней части откоса шириной не менее 1.5 м. Число ступеней определяют делением высоты откоса на высоту ступеней. Через каждые 8... 10 ступеней устраивают площадки длиной не менее 2.0 м.

Пандусы для движения транспорта и пешеходов с одной поверхности участка на другую должны иметь крутизну не более 1:10. Пандусы устраивают параллельно или под небольшим углом к линии бровки откоса, они могут быть «врезаны» в откос в направлении, перпендикулярном их бровке, и продолжаться в выемке в пределах верхней спланированной площадки до совпадения его отметок со спланированной поверхностью.

Особенности проектирования вертикальной планировки озеленяемых территорий

Проектирование вертикальной планировки объекта озеленения ведется обычно методом проектных горизонталей, когда проектируемая поверхность изображается на плане (обычно в М 1:500) по тому же принципу, что и естественный рельеф.

Проектные горизонталы являются проекциями линий пересечения проектного рельефа горизонтальными плоскостями, проведенными на определенных, равных расстояниях по высоте друг от друга.

Новый рельеф изображают на плане проектными горизонталями и отметку любой точки можно вычислить, интерполируя отметки таких смежных горизонталей. Особенно удобно изображать проектными горизонталями микрорельеф - дорожно-транспортной сети, площадок, горок и др., т.е. элементов с часто меняющимися уклонами поверхности.

При проектировании территорий больших по площади размеров (городские парки, лесопарки) и наличии линейных планировочных элементов, таких как парковые дороги хозяйственного и транспортно-прогулочного назначения, используют метод продольных профилей. Сущность этого метода состоит в том, что изображаемая поверхность представляется в виде совокупности профилей, построенных по сечениям направлений, проведенным на плане проектируемой поверхности. Проектируемая парковая дорога должна иметь уклоны не превышающие предельных, а поперечники разбивают через каждые 20, 50 или 100 м, в зависимости от сложности рельефа. Отметки точек земли для построения профиля определяют по топографическому плану в местах пересечения

указанных направлений и в точках перегиба рельефа, а проектные отметки -вычисляют при проектировании продольного профиля.

В ряде случаев, например, в условиях сложного рельефа, можно использовать комбинированный приём расчёта, включающий метод проектных профилей и метод красных горизонталей.

При проектировании нового рельефа, как уже указывалось, возникают задачи его коренного изменения. При засыпке тальвега горизонталы «спрямляются». При проектировании бугра (водораздела) горизонталы «выгибаются» вниз, а канавы (тальвега), наоборот, «вверх». При срезке бугра они «выпрямляются» вверх.

Показаны различные формы проектируемой поверхности дорог и площадок: двускатная поверхность с гребнем, лоток, бордюры или подпорная стенка, холм в виде усеченной пирамиды, котловина, сопряжение трех плоскостей, приподнятая разделительная полоса, криволинейная поверхность, склон.

При проектировании вертикальной планировки территории, имеющей сложный рельеф — склоны, балки, холмы, бугры, впадины, береговые полосы, работы ведут поэтапно. Рельеф оценивается с точки зрения приспособления его к архитектурно-планировочному решению, но с учетом сохранения его наиболее выразительных в художественном отношении форм и существующей растительности. Рельеф также оценивается с точки зрения размещения дорожно-тропиночной сети и площадок различного назначения, в том числе, спортивных; а также проектирования искусственных водоемов. При этом для водоёмов выбирают понижения, котловины. Крутые склоны подлежат выполаживанию и укреплению, а сильно изрытые, поврежденные участки — выравниванию. Территория с совершенно плоским невыразительным рельефом может подлежать, как уже указывалось выше, геопластичеккой обработке: насыпке валов - брустверов со стороны шумной магистрали, устройству горок для катания из завозимого грунта или из грунта, добытого из котлованов под водоемы.

Проектирование вертикальной планировки дорожно-тропиночной сети. Классы садово-парковых дорог, дорожек, троп определяют решение их поверхности, поперечный и продольный профили.

Главные парковые дороги двускатные, в ряде случаев с разделительной полосой для газона с цветниками или размещения м скульптуры.

Хозяйственные дороги, проезды, дополнительные дорожки для проезда автомашин по обслуживанию объекта, проектируют с выпуклым двускатным (параболическим) профилем.

Садово-парковые прогулочные дорожки могут иметь двускатный или односкатный профиль. Дорожки вогнутого профиля устраивают на второстепенных направлениях при незначительном стоке по её лотку, когда продольный уклон мал или невозможно выполнить сопряжение двускатной поверхности дорожки с лотком проезда.

Основные пешеходные дорожки располагают несколько ниже окружающей поверхности, и, в зависимости от их поперечного профиля они могут иметь один или два водопроводящих лотка. Дорожки обычно окаймляют садовым бортовым камнем (бордюром, «поробриком»). На дополнительных дорожках устраивают земляные бровки.

Дорожки с покрытием из плит делают ровень с участком газона или выше (на 2-3 см) в зависимости от условий.

Продольные профили пешеходных прогулочных дорог устанавливают по рельефу, с уклоном в 0,5...до 10 %; при больших уклонах по основным направлениям устраивают лестницы; заложение лестниц должны быть в пределах 1:4, в одном марше объединяется 5...6 ступеней. Иногда наряду с лестницей прокладывают в том же направлении

пешеходную дорожку с развитой трассой, решенную в виде пандуса. Спланированная поверхность дорожек, дорог, проездов сопрягается со склонами. Подробно - в курсе «Строительство и эксплуатация объектов ландшафтной архитектуры», раздел Устройство и содержание дорог, дорожек и площадок».

Проектирование площадок на склонах. Очень часто площадки для отдыха и игр, за неимением другой возможности, приходится предусматривать на склонах. На крутых склонах рельефа местности площадки устраивают в виде консолей или платформ, террас, оформленных с помощью откосов или подпорных стенок. Такие приемы используют и для создания видовых площадок для отдыха посетителей.

Сначала выбирают величину допустимого уклона проектируемой площадки. Затем укладывают площадку на склон таким образом, чтобы точки нулевых работ по возможности располагались на одном расстоянии от верхнего правого и нижнего левого ее углов. В данном случае уклон площадки направлен к нижней стороне и точка нулевых работ на верхней стороне имеет отметку 5,20 м, а по нижней -4,30 м. Далее определяют отметки земли точек А, В, С, D и их проектные отметки. Затем проводят взаимно перпендикулярные линии 5-5', 6-6', 2-2', 1-1', 8-8', 7-7', 10-10'. По указанным линиям откладывают длины заложения откоса в выемке, слева от точек 4, 4' и 9, 9', а справа от этих точек - в насыпи. Левая часть площадки «врезается» в склон, а правая часть висит над склоном. Выбирают крутизну откоса из диапазона 1:1,5...1:3 в зависимости от местных условий и существующих грунтов. Имея выбранную крутизну заложения и рабочие отметки (разность отметок проектной и земли) точек А, В, С, D, вычисляют величины заложений, которые откладывают в масштабе плана по перпендикулярным линиям, проведенным из углов площадки. В углах площадки определяют рабочие отметки точек (разность проектной и земли), а по верхней и нижней границам, интерполированием находят положение точек нулевых работ. Соединяя полученные точки следов откоса с точками нулевых работ, получают линии откоса в выемке и насыпи.

В результате проектные горизонталы смещаются в сторону подошвы склона. Отметка проектируемой площадки равна 15 м. Ниже показано поперечное сечение спланированного склона.

Площадка пересекает склон по линии нулевых работ (показана пунктиром) и ее средняя проектная отметка равна 1,54 м. В углах площадки приведены отметки точек земли и проектные (верхние значения - проектные, а нижние - отметки земли, а рядом рабочие отметки этих точек). Указаны также объемы земляных работ.

Для защиты террасы от ветров ее «врезают» в склон с уклоном поверхности равным 2%. Вследствии этого горизонталы с отметками 20-23 м изменяют свое положение. В результате вертикальной планировки проектные горизонталы 24-27 м, они показаны сплошными линиями, изменяют свое положение.

Решение возможно в двух вариантах.

Первый вариант - использование естественных форм рельефа, его аккуратная плавная обработка с выравниванием площадки под установку сооружения (плиты, высотой в 27,5 м); для этого горизонталь 27,0 м выгибается вверх («врезка»), а горизонталь 26,0 м выгибается вниз («насыпь»). Берег ручья, его склон слегка выполаживается, в результате горизонталей 29, 28, 27, 26 м поднимаются.

Второй вариант - геометризованное, регулярное решение всего пространства вокруг сооружения; горизонталы прочерчиваются прямыми линиями, создаются террасы, которые уступами спускаются с северо-запада на юго-восток; в первом случае образуют мягкие откосы, которые равны 1:39,55 м, а в точках на пересечении границы с осью -

139,50м. Далее вычисляют рабочие отметки с учетом заложения (например 1:3) строят линии естественно, во втором случае поверхность уступов-откосов решена более жестко.

Проектирование поверхности спортивных площадок К спортивным площадкам предъявляют повышенные требования относительно поперечных и продольных уклонов поверхности. Прежде всего, территория под спортивные площадки выбирается равнинная с небольшим уклоном. Привязка спортивных площадок, проектируемых на склонах, осуществляется с помощью откосов заложением 1:2... 1:4.

Площадку проектируют с гребнем по её оси, которая ориентируется по направлению Север - Юг $\pm 30^\circ$. Уклоны от гребня к ее краям не должны превышать 0,005 или 0,5 %. Проектную отметку центра площадки на гребне принимают обычно на 5... 10 см выше отметки рельефа в этой точке. Выбранное таким образом проектное значение отметки центра площадки используют для вычисления проектных отметок всех ее точек. Затем по плану определяют отметки земной поверхности в углах площадки (139,80; 138,75; 139,30; 140,25м), а также в точках пересечения оси с ее границей (140,00; 139,00м). Затем в углах площадки и на пересечениях оси с границей определяют проектные отметки, используя для этого размеры площадки и значение уклона 0,005. В результате проектные отметки углов площадки равны 139,55м, а в точках на пересечении границы с осью - 139,50м. Далее вычисляют рабочие отметки и с учетом заложения (напр. 1:3) строят линии откосов в выемке и в насыпе. Положение точек нулевых работ на границах площадки, определяют интерполированием.

Проектирование участка под водоем. Копаные водоемы декоративного назначения предусматривают обычно в наиболее удобных по рельефу местах - в котловинах, небольших впадинах, в руслах рек или ручьев, создавая искусственные запруды. В ряде случаев, если рельеф равнинный, то водоемы предусматривают на пологих склонах, что связано со значительными объемами земляных работ. В настоящем разделе рассматривается вертикальная планировка участка под водоем. Устройство водоемов и их назначение на объектах ландшафтной архитектуры рассматриваются в специальных разделах дисциплин: «Гидротехнические мелиорации» и «Ландшафтное проектирование».

Проектируемый водоем по замыслу проектировщика имеет определенную конфигурацию. Например, предусматривается небольшой остров, высота которого больше отметки уреза воды на 1,5 м. Вокруг водоема планируется дорожная сеть для движения отдыхающих с видовыми точками для эстетического восприятия пейзажей. Проектная отметка береговой линии водоема и острова выбрана равной - 0,75 м. В результате решения проектные горизонталы, согласно линий берегов водоема, сдвигаются «влево» и частично «вправо». В левом верхнем углу чертежа проектируется холм, высотой 4,0 м, через который проложен маршрут движения. С холма раскрывается перспектива всего участка с водной поверхностью. Для более четкого восприятия решения, а также для подсчета объемов земляных работ строят поперечные профили по сечениям I...X.

Береговая линия (урез воды) имеет проектную отметку равную 111,50 м. В нижней части необходимо предусмотреть дамбу, высотой над урезом воды не менее 0,3 м с площадкой шириной не менее 1,5 м и откос далее по склону заложением 1:2... 1:4.

Важное значение имеет береговая линия водоема, т.е. линия пересечения плоскости зеркала воды с проектной плоскостью берегового откоса. Береговая линия, береговой откос, прилегающая территория с дорожкой, образуют береговую полосу водоема. При проектировании береговой полосы паркового водоема линию берега относят в сторону водоема. Это делается для того, чтобы прогулочная дорожка прокладывалась не за счет подрезки склона и связанного с этим нарушения растительного покрова, а за счет повышения отметок на полосе уреза воды.

Прогулочные дорожки, прокладываемые по крутым склонам берега, придают односкатный профиль в сторону склона, где размещают подоткосный водоотводящий лоток.

Вертикальная планировка объектов на улицах и площадях. Территории таких объектов, как скверы и бульвары, в вертикальном отношении должны быть увязаны с участками примыкающих к ним улиц, дорог, площадей. Проектные значения отметок этих территорий зависят от уже существующих отметок улиц. Наиболее благоприятным положением является тот вариант, когда уклон поверхности территории бульвара, сквера, озеленяемой полосы соответствует допустимым уклонам поверхности улиц - проезжей части и тротуаров. В этих случаях всю систему улиц и поверхности озеленяемых территорий проектируют с одним продольным уклоном. При этом вертикальное решение планировки территории сквера или бульвара не вызывает затруднений. Общий поперечный профиль озеленяемой территории решают таким образом, чтобы был обеспечен сток воды в лотки, размещаемые на прилегающих улицах. Входные площадки на объект проектируют с учётом уклона на участки улиц (т.е., «опрокидывают» на улицы), направляя поверхностный сток не на территорию сквера или бульвара, а в уличные лотки. При различных уклонах улиц и территорий объектов их поверхности сопрягаются при помощи откосов или подпорных стенок, облицованных камнем. Откосы устраиваются заложением 1:2... 1:3. При значительных уклонах поверхности территории объектов устраивают террасы, которые создают террасированием, а связь между ними осуществляется посредством лестниц.

При вертикальной планировке крупных по площади объектов городских садов, парков - основное внимание уделяется решению архитектурно-пространственной структуре и композиции объекта. Вертикальной планировке подлежат дороги, площади, дорожки, площадки, участки под водоемы, площадки под здания, сооружения. На естественных участках рельефа необходимо выявить его живописные формы, а вертикальная планировка ведется локально, в отдельных местах, там, где необходимо организовать поверхностный сток и предотвратить эрозию почвы. При больших уклонах земной поверхности вся площадь проектируется отдельными террасами, связанными между собой лестницами, с прокладкой транспортных и пешеходных путей, выравниванием небольших площадок под сооружения, уполаживанием или террасированием склонов подверженных активным физико-геологическим процессам (оползни действующие овраги и т.п.).

Тема 11. Вынесение проектов планировки и застройки в натуру

Исходными документами для производства работ по вертикальной планировке являются рабочий чертеж планировки с проектными и рабочими отметками и картограмма земляных работ.

Территория, на которой выполняется вертикальная планировка должна иметь высотное обоснование, т.е. сеть точек с известными отметками. При производстве этих работ следует руководствоваться допусками.

Вынос в натуру проекта вертикальной планировки начинают с разбивки осей парковых дорог. Для этого на местности закрепляют кольями все пикеты "и точки перегиба рельефа через 10-20 м. На кольях указывают в сантиметрах величину насыпи и выемки грунта. Если рабочие отметки незначительны, то колья устанавливают по нивелиру на уровень проектных отметок. В местах, где слой насыпи больше 1-2 м, устанавливают деревянные лекала с визирками на проектном уровне.

На всех пикетах и характерных точках разбивают проектные поперечные профили, на которых закрепляют положение оси проезда, лотка, бортового камня, тротуара и других характерных точек.

В начале выполняют черновые планировочные работы, в результате которых производится срезка, перемещение и подсыпка основных масс грунта, а после них - окончательная планировка, перед которой всю разбивку восстанавливают. Проектные отметки при окончательной планировке должны выноситься со средней квадратической погрешностью 5мм относительно реперов.

По окончании планировки парковых дорог приступают к планировке прилегающих к ней поверхностей. При этом для разбивки используют либо метод квадратов, либо метод задания в натуре оформляющих плоскостей. В первом случае в пределах планируемой территории разбивают сетку квадратов со сторонами 10 ± 20 м. В вершинах квадратов забивают колья с указанием величины рабочих отметок. Во втором случае забивают колья по линии нулевых работ оформляющих плоскостей и при необходимости дополнительные колья внутри плоскости.

При выносе в натуру вертикальной планировки используют формулу для вычисления отсчетов по рейке, соответствующих проектным отметкам точек,

$$b = H_j - H_i^T$$
$$H_j = H_{Rp} + \alpha_{Rp}$$

горизонт инструмента; H_{Rp} -высота исходного репера; α -отсчет по рейке, установленной на репере; b - отсчет по рейке, соответствующий проектной высоте в i -й точке; H_i^T -проектная отметка i -й точки.

Иногда целесообразно при выносе в натуру проекта вертикальной планировки пользоваться наклонным лучом нивелира, который устанавливают параллельно проектному уклону планировки.

Тема 12. Составление картограммы и расчет объема земляных работ

Объемы земляных работ на объекте - важные показатели, которые определяют экономическую эффективность разработанного проекта вертикальной планировки.

Подсчет объемов земляных работ является необходимым условием определения стоимости, выбора методов и средств производства работ установления объемов грунта для подсыпки или вывоза его излишков. Подвозят грунт обычно с ближайших строительных объектов и используют его либо для засыпки ям, тальвегов, либо для устройства горок, брусстверов, валов. Излишки грунта при строительстве объектов ландшафтной архитектуры образуются обычно за счет копки котлованов под водоемы, под здания и сооружения. Такие излишки используются в целях различных геопластических решений по насыпки холмов, валов и т.п. В принципе вывозить излишки грунта или же, наоборот, ввозить не выгодно для производителей, ибо это сопряжено с высокими транспортными расходами. В ряде случаев, когда необходимые грунты для подсыпки поблизости отсутствуют, приходится предусматривать их подвозку из карьеров, а излишки грунтов, особенно, если они непригодны, сильно замусорены или токсичны - отвозить на свалку.

При разработке проектов вертикальной планировки объекта озеленения необходимо соблюдать баланс объёмов земляных работ, в этом случае перемещение земляных масс минимально и транспортные расходы отсутствуют.

Земляные работы должны производиться с использованием землеройно-транспортных машин - бульдозеров, автогрейдеров и скреперов.

Рассмотрим вертикальную планировку площадки методом отметок, информационным обеспечением которой служат отметки земли вершин сетки квадратов, предварительно разбитой на ее поверхности. Отметки вершин сетки квадратов могут быть определены либо по топографическому плану, либо в процессе геометрического нивелирования поверхности.

В процессе вертикальной планировки решаются следующие задачи:

- определяются параметры проектируемой поверхности;
- вычисляются проектные и рабочие отметки вершин сетки квадратов;
- составляется картограмма земляных работ;
- находятся объемы насыпей и выемок грунта.

Определение параметров проектируемой горизонтальной плоскости

Наиболее просто задача решается при проектировании горизонтальной площадки. В этом случае необходимо определить лишь H_0 - проектную отметку горизонтальной плоскости, которая является H_k -проектной отметкой каждой вершины сетки квадратов.

Проектная отметка горизонтальной плоскости при условии равенства объемов насыпей и выемок вычисляется по формуле

$$H_0 = \frac{\sum_{k=1}^n P_k H_k}{\sum_{k=1}^n P_k}$$

Где P_k -вес k - й вершины сетки квадратов. Это число указывает сколько раз отметка данной вершины участвует в вычислении H_0 ; H_k - отметка земли k -й вершины сетки квадратов.

Рабочие отметки вычисляются по формуле

$$h_{pk} = H_0 - H_k$$

Составление картограммы и расчет объема земляных работ.

Для того чтобы иметь представление о расположении на проектируемой площадке насыпей и выемок грунта, составляется на кальке картограмма земляных работ. Она служит для определения границ между выемками и насыпями с помощью рабочих отметок вершин сетки квадратов, значения которых записывают на картограмме у каждой ее вершины. Используя рабочие отметки рассчитывают и наносят на кальку точки нулевых работ, в которых пересекаются проектируемая плоскость и земная поверхность. Они располагаются между смежными точками, рабочие отметки которых имеют противоположные знаки. Их положение на линиях сетки квадратов вычисляют по формулам

$$x_0 = \frac{h_{p1}}{h_{p1} + h_{p2}} d$$

$$y_0 = \frac{h_{p1}}{h_{p1} + h_{p2}} d$$

где $(x, y)_0$ - расстояния до точки нулевых работ от смежных вершин сетки квадратов подписывают на картограмме вдоль сетки, на которой располагается указанная точка h_{p1} и h_{p2} - рабочие отметки смежных вершин сетки квадратов; d - расстояние между вершинами сетки квадратов.

Определив положение всех точек нулевых работ, соединяют смежные друг с другом, формируя тем самым изображение линии нулевых работ на картограмме.

Объем земляных работ в квадратах, через которые не проходит линия нулевых работ, вычисляют по формуле

$$V = \frac{S}{4} \sum_{i=1}^4 h_{pi}$$

где S - площадь квадрата, m^2 ; $\sum_{i=1}^4 h_{pi}$ - сумма рабочих отметок вершин данного квадрата, m .

В случае, если линия нулевых работ пересекает квадрат, образуя при этом треугольник, то объем земляных работ вычисляют по формуле

$$V = \frac{S}{3} \sum_{i=1}^3 h_{pi}$$

где S - площадь треугольника, m^3 ; $\sum_{i=1}^3 h_{pi}$ - сумма рабочих отметок вершин данного треугольника, m .

Если же, линия нулевых работ пересекая квадрат и образует при этом пятиугольник, то для определения объема земляных работ его разбивают на прямоугольник и трапецию. В результате образуется дополнительная точка, рабочую отметку которой необходимо для вычисления объемов перемещаемого грунта в прямоугольнике и трапеции

$$h_{px} = \frac{h_{p1} - h_{p2}}{d} x_0$$

где $(h)_{p1 p2}$ - рабочие отметки вершин сетки квадратов, между которыми находится точка с определяемой рабочей отметкой. Вычисленные объемы земляных работ на каждом элементарном участке площадки записывают в ведомость. Допустимые расхождения объемов насыпи и выемки не должны превышать 3% от общего объема земляных работ.

Обычно проектируют наклонные плоскости, которые являются сглаживающими и называются его оформляющими плоскостями рельефа. Они рассчитываются под условием соблюдения минимума или баланса объемов насыпей и выемок грунта.

Определение параметров наклонной плоскости, сглаживающей рельеф.

Параметрами наклонной плоскости, сглаживающей рельеф, являются уклоны i_x и i_r по двум её осям, а также (H_0, X_0, Y_0) пространственные координаты центра тяжести

площадки. Для определения указанных выше параметров выбирают на участке проектирования правую систему координат.

Отметка центра тяжести вычисляется по следующей формуле

$$H_0 = \frac{\sum_{k=1}^n P_k H_k}{\sum_{k=1}^n P_k},$$

а координаты центра тяжести находят с помощью зависимостей

$$X_0 = \frac{\sum P_k X_k}{\sum P_k}; \quad Y_0 = \frac{\sum P_k Y_k}{\sum P_k}$$

где $(X, Y)_k$ -прямоугольные координаты k -й вершины сетки квадратов; p_k - вес данной вершины - число, указывающее сколько раз данная вершина участвовала в определении центра тяжести данного участка проектирования.

Для нахождения положения в пространстве проектируемой наклонной плоскости вычисляют i_x и i_r - ее уклоны в выбранной произвольно системе координат. Эту процедуру выполняют на каждом элементарном участке проектирования (между смежными вершинами) с помощью зависимостей

$$i_{xk;r+1} = \frac{(H_k - H_{k+1})x}{D_{k;k+1}}$$

$$i_{yk;r+1} = \frac{(H_k - H_{k+1})y}{D_{k;k+1}}$$

где $(H_k, H_{k+1})_{x,y}$ - значения отметок смежных вершин сетки вдоль осей соответственно абсцисс и ординат; $D_{k;k+1}$ -расстояние между смежными вершинами сетки квадратов вдоль соответствующих осей.

Суммируя найденные значения элементарных уклонов, определяют интегральные уклоны по каждой оси системы координат по формулам

$$i_x = \frac{1}{n} \sum_{T=1}^n i_{xT}; (T = 1, 2, \dots, n)$$

$$i_y = \frac{1}{l} \sum_{P=1}^l i_{yP}; (P = 1, 2, \dots, l)$$

где n и l - число элементарных уклонов соответственно вдоль осей абсцисс и ординат.

Величины i_x и i_r - позволяют вычислить i - суммарный уклон площадки и дирекционный угол направления этого уклона - α

Значение вычисляют по формуле

$$i = (i_x^2 + i_y^2)^{1/2}$$

Дирекционный угол суммарного направления уклона на площадке вычисляют по формуле

$$\alpha = \arctg(i_y/i_x)$$

Составление картограммы и расчет объемов перемещаемого грунта на плоскости, сглаживающей рельеф.

Для составления картограммы вычисляют проектные отметки вершин сетки квадратов по формуле

$$H_{Ty} = H_0 - i_x (x_j - x_0) - i_y (Y_j - Y_0)$$

где $(X, Y)_j$ - соответственно абсцисса и ордината j-й вершины в выбранной системе координат на площадке.

Проектные отметки записывают у каждой вершины сетки квадратов а h_{pj} - рабочие отметки вершин вычисляют по формуле

$$h_{pk} = H_0 - H_k$$

и записывают у каждой вершины на картограмме.

Вычисленные рабочие отметки вершин сетки квадратов позволяют подсчитать объемы земляных работ. Для этого определяют на картограмме положение точек нулевых работ, используя формулы:

$$x_0 = \frac{h_{p1}}{h_{p1} + h_{p2}} d$$

$$y_0 = \frac{h_{p1}}{h_{p1} + h_{p2}} d$$

Вычисленные значения x_{0j} и y_{0j} подписывают на картограмме у соответствующих ее линий. Соединяя точки нулевых работ между собой образуют линии, ограничивающие участки насыпей и выемок.

Затем квадраты, пересекаемые линией нулевых работ, разбивают на элементарные участки, если это необходимо, и подсчитывают их площади. Недостающие рабочие отметки вновь образованных точек вычисляют линейным интерполированием между рабочими отметками смежных вершин по формуле

$$h_{px} = \frac{h_{p1} - h_{p2}}{d} x_0$$

Расхождения в объемах земляных работ выемок и насыпей не должны превышать, 3% от их общего объема.

Используя значения рабочих отметок вычисляют средние отметки каждой элементарной фигуры, а затем и объемы насыпей или выемок грунта по формулам

$$V = \frac{S}{4} \sum_{i=1}^4 h_{pi} \text{ и } V = \frac{S}{3} \sum_{i=1}^3 h_{pi}.$$

После этого интерполированием определяют положение проектных горизонталей на сторонах площадки и рисуют их с выбранным шагом. При этом проектные горизонталы должны быть перпендикулярны направлению главного уклона.

При проектировании вертикальной планировки методами проектных профилей объемы земляных работ определяют как суммы объемов работ (отдельно для выемок и отдельно для насыпей) на участках между соседними поперечными профилями.

Степень точности подсчетов зависит от частоты расположения поперечных профилей, которые обычно проектируются в точках перегиба продольного профиля, а также между ними (обычно, по дорогам, через 20 м) и в том числе в местах наибольших и наименьших отметок. Объем земляных работ на каждом участке определяют по формуле:

$$V = \frac{1}{2} L (F_1 + F_2)$$

Где F_1 и F_2 - площади сечений поперечных профилей соответственно насыпей или выемок;

L - расстояния между линией контура профилей.

На участках парковых дорог с дорожными одеждами рабочие отметки определяют по основанию дорожного корыта. Данные подсчета объемов земляных работ по участкам заносят в ведомости с суммированием частных объемов отдельно для насыпей и отдельно для выемок.

Определение объемов земляных работ на нелинейных участках выполняют методом профилей (при больших размерах планируемых территорий) и подсчет ведут в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Объем земляных работ в данном случае будет равен среднему значению из двух подсчетов.

Объем земляных работ при выкопке котлованов под водоемы или засыпке глубоких ям, может определяться как объем фигуры, приближающейся по геометрической форме к образуемой насыпи или выемке (параллелепипед, призма, пирамида прямая или усеченная, конус).

При насыпке гор, брусчатых валов (исключая случаи гидронамыва) структура насыпного грунта нарушается и объем его увеличивается по сравнению с естественным состоянием. Приращение, т.е. увеличение объемов при разрыхлении грунта, следует учитывать степень его разрыхляемости непосредственно после его разработки и после его оседания, уплотнения.

Так, увеличение объема песчаного грунта составляет: первоначальное - на 8...17 %, остаточное - на 1...3 %, торфа, соответственно - на 20...30 %; суглинка - на 14...28 % и 1,5...5.%; глины - на 24...30 % и 4...7 каменистого фунда - на 30... 45 % и 10...20 %; скального грунта - на 45... 50 и 20...30%.

Объемы земляных работ в проекте объекта озеленения определяются учетом грунта, вытесняемого фундаментом какого-либо паркового здания; (павильона, сооружения), грунта из котлована под водоем, грунта под насыпи для устройства горки или вала, грунта, вытесняемого дорожными одеждами и подземными сетями.

Ориентировочные объемы работ определяют по формулам: для фундаментов зданий :

$$V = \left(1 + \frac{P}{100}\right) \sum b \cdot H_F \cdot l$$

где P- процент остаточного разрыхления фунта; b,l - ширина и длин фундамента, м ; H_F- глубина заложения фундамента, м. Для котлованов под водоемы:

$$V = \left(1 + \frac{P}{100}\right) \sum F \cdot H_b$$

Где F - средняя площадь сечения котлована, в м; H_b - средняя глубина котлована. Для конструкций парковых дорог, проездов, площадок

$$V = \left(1 + \frac{P}{100}\right) \sum h \cdot B \cdot l_n$$

где h-толщина дорожной одежды, м;

B- ширина дороги, м; l_n - протяженность дороги в зоне выемки, м.

В пределах планируемой территории могут оказаться почвофунты которые подлежат замене на другие; например, может возникнуть необходимость удалить слой торфа с участка дороги или какого-либо сооружения или слой растительной земли. В этих случаях до разработки чертежа общей картограммы земляных работ необходимо разработать специальную картограмму в пределах территории, где залегают пласты торфа или ценной растительной земли, её плодородного горизонта.

На объектах, где имеются крупные по площади участки насаждений ценным травянистым покровом и которые не затрагиваются проектом вертикальной планировки, картограмма земляных работ разрабатывается по отдельным элементам - по дорогам, площадкам, участкам под водоемы физкультурные площадки, площади и др.