

Площадное камеральное проектирование

Площадное камеральное проектирование – один из этапов процесса проектирования размещения объекта на местности и проектирования земляных работ на месте строящегося объекта.

Этапы площадного проектирования

Площадное проектирование начинают с нанесения на план границы сооружения. Следующие шаги проектирования:

- разбиение участка на регулярные фигуры, преимущественно квадраты, со стороной указанной в нормативных документах, исходя из назначения сооружения;
- получение отметок вершин фигур методом интерполяции;
- составление картограммы земляных работ в масштабе;
- вычисление объемов земляных работ и сверка баланса (если проектирование с балансом земляных работ).

При составлении картограммы земляных работ следует учитывать, что возможно проектирование наклонной и горизонтальной площадок. Наибольшее распространение получило горизонтальное проектирование с балансом земляных работ (объем насыпи равен объему выемки), называемое проектом вертикальной планировки застраиваемой территории и являющимся одной из составных частей генерального плана. В соответствии с этим проектом естественный рельеф строительной площадки преобразуется путем выполнения земляных работ. На рис. 1.2.1а представлен журнал высот при камеральной горизонтальной планировке, где H_j^i – отметка из

интерполяции вершины в i -том столбце по j -той строке. Точность – один знак после запятой.

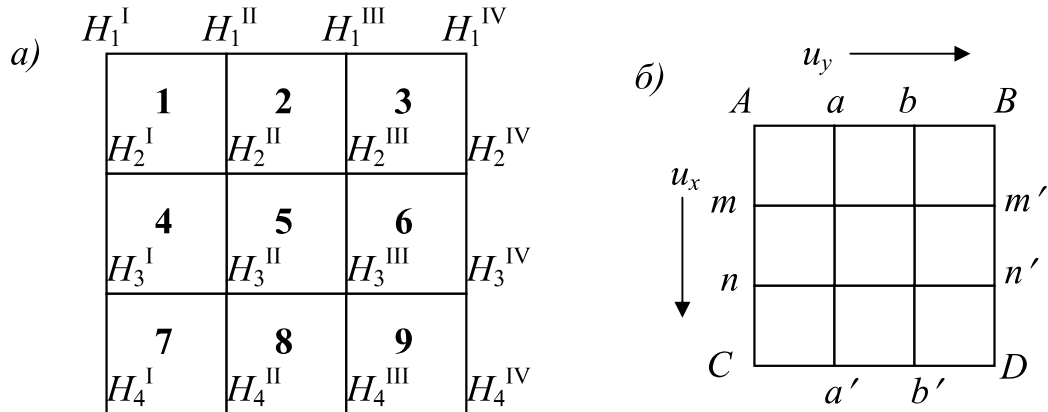


Рис. 1.2.1. Сетка квадратов: а – для проектирования горизонтальной площадки; б – для проектирования наклонной площадки.

Проектирование горизонтальной площадки

Проектирование горизонтальной площадки проводится по топографическим планам масштабов 1:5000 – 1:500. По журналу высот вершин для каждого квадрата вычисляют среднее значение отметки:

$$\left. \begin{aligned} H_1 &= \frac{H_1^I + H_1^{II} + H_2^I + H_2^{II}}{4}, \\ H_2 &= \frac{H_1^{II} + H_1^{III} + H_2^{II} + H_2^{III}}{4}, \\ &\dots \end{aligned} \right\}$$

Проектная отметка площадки с учетом соблюдения баланса земляных работ вычисляется как среднее значение из средних отметок в n квадратах:

$$H_0 = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n}{n}. \quad (1.2.1)$$

После приведения подобных, учитывая что в формировании H_1 реальные отметки H_j^i вносят различный вклад, получим формулу

$$H_0 = \frac{1 \cdot \sum H_{(1)} + 2 \cdot \sum H_{(2)} + 4 \cdot \sum H_{(4)}}{4 \cdot n}, \quad (1.2.2)$$

совершенно эквивалентную (1.2.1). Здесь $H_{(k)}$ – отметки, принадлежащие сразу k квадратам (см. рис. 1.2.1). Не сложно заметить, что при необходи-

мости формула (1.2.2) может быть расширена слагаемым $3 \cdot \sum H_{(3)}$. Далее вычисляют рабочие отметки всех вершин квадратов по обычной формуле как разность проектных и фактических высот. Если в формулу (1.2.2) вместо реальных отметок по тому же правилу подставить рабочие, то мы получим контроль правильности вычисления рабочих отметок, так как в этом случае левая часть формулы теоретически должна равняться нулю.

Проектирование наклонной площадки

Проектирование наклонной площадки проводится для обеспечения стока воды с заданными продольным i_x и поперечным i_y уклонами и отметкой исходной точки H_A (рис. 1.2.1б).

Проектная отметка любой точки, расположенной на расстояниях dx и dy от начальной точки H_A , соответственно в направлении осей абсцисс и ординат, вычисляется по формуле

$$H_{пр.} = H_A + d_x \cdot i_x + d_y \cdot i_y, \quad (1.2.3)$$

где $dx = d_x \cdot i_x$; $dy = d_y \cdot i_y$.

Рабочие отметки всех вершин квадратов вычисляются как разность проектных и фактических отметок.

Вычисленные проектные и рабочие отметки при проектировании горизонтальной и наклонной площадок отмечают на план над соответствующими фактическими отметками.

Для проведения земляных работ по вертикальной планировке площадок рабочие отметки наносят со знаком плюс или минус на сторожках, забитых в землю в каждой вершине квадрата.

Положительная рабочая отметка выражает высоту *насыпи*, а отрицательная – глубину *выемки*.

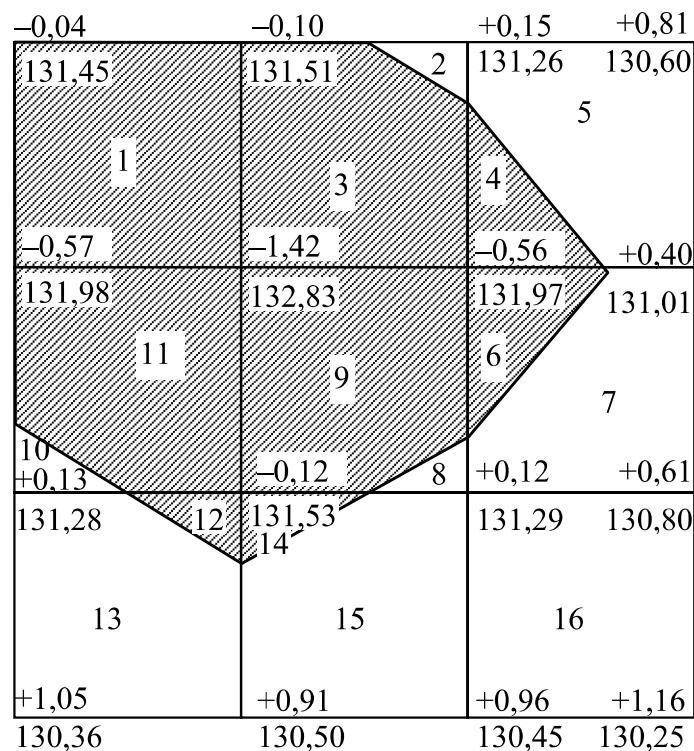
1. Картограмма земляных работ. Графическим документом по вертикальной планировке является *картограмма земляных работ*. На картограмме указываются фактические, проектные и рабочие отметки, положение *линии нулевых работ* (см. рис. 1.2.2). При переходе от насыпи к выемке и наоборот находится *точка нулевых работ*. Положение точек нулевых работ на сторонах квадратов в виде расстояния x_i от любой вершины, определяют аналитическим способом по формуле

$$x_i = \frac{r_i}{|r_i| + |r_{i+1}|} \cdot d_i, \quad (1.2.4)$$

где d_i – длина стороны квадрата; r_i и r_{i+1} – рабочие отметки.

Определение точек нулевых работ, расположенных на сторонах квадратов, проводится между смежными рабочими отметками, имеющими разные знаки.

Соединив точки нулевых работ, получают *линию нулевых работ*.



$H_0 = 131,41$ Сторона квадрата 20 м

Рис. 1.2.2. Картограмма земляных работ

2. Вычисление объемов земляных работ. Объем земляных работ наиболее часто вычисляют методом *четырёхгранных* или методом *трёхгранных призм*. Объем четырехгранной призмы определяется по формуле

$$V = \frac{\sum_{i=1}^4 r_i}{4} \cdot S,$$

где $\frac{\sum_{i=1}^4 r_i}{4}$ – высота однородной призмы, равная среднему арифметическому из рабочих отметок, находящихся в вершинах соответствующей положительной или отрицательной площадки площади S .

Аналогичным образом вычисляется объем трехгранной призмы:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^3 r_i}{3} \cdot S.$$

Объем пятигранных призм в смешанных квадратах целесообразно вычислять как разность объемов четырехгранных и трехгранных призм.

Подсчет объемов земляных работ, насыпей и выемок по методу квадратов производится для каждого квадрата или части.

После подсчетов объемов для отдельных квадратов вычисляют общий объем насыпи и выемки. Разница в объемах насыпи и выемки допустима до 3 – 5 % и определяется по формуле, до целых единиц:

$$f_{отн.} = \left| \frac{(\sum V^+) - (\sum V^-)}{(\sum V^+) + (\sum V^-)} \right| \cdot 100\%,$$

где $\sum V^+$, $\sum V^-$ – суммарные объемы насыпи и выемки по всем квадратам.

Линейное камеральное проектирование

Камеральное линейное проектирование проводят с целью предварительного определения в проекте всех линейных коммуникаций, необходимых для функционирования возводимого инженерного объекта.

Как было сказано выше, к основным линейным сооружениям относят *трассу* – ось проектируемого линейного сооружения, обозначенную в натуре или заданную на модели местности.

Элементы трассы, способы проектирования

Основными элементами трассы являются:

- *план*, то есть проекция оси трассы на горизонтальную плоскость;
- *продольный профиль* – вертикальный разрез по проектируемой линии.

Основой проектирования линейных сооружений является *трассирование* – комплекс работ по выбору оптимальной по заданным критериям положения трассы. Если трассу определяют по топографическим планам, аэрофотоматериалам или цифровым моделям местности, то трассирование называют *камеральным*; если она выбирается непосредственно на местности, то – *полевым*.

В зависимости от условий местности камеральное трассирование по карте выполняют или *способом попыток*, или построением *линии заданного уклона*.

1. Проектирование профиля способом построения линии заданного уклона. При проектировании посредством построения линии заданного уклона:

– Ось трассы намечают так, чтобы по ходу движения все время был заданный уклон i . Для этого на карте масштаба $1:M$ и высоте сечения рельефа Δh определяют величину заложения L для уклона трассирования i в масштабе карты

$$L = \frac{\Delta h}{i} \cdot \frac{1}{M}.$$

Из начальной точки, придерживаясь основного направления трассы, раствором циркуля равным L засекают соседнюю горизонталь. Из полученной точки вновь засекают этим же раствором циркуля точку следующей горизонтали и так далее. В местах, где расстояние между горизонталями больше заложения, точки выбирают свободно в необходимом направлении.

– Полученную таким образом извилистую кривую спрямляют, вписывают кривые и разбивают контрольные точки – *пикетаж*. Расстояние между пикетами зависит от вида сооружения и может быть 20, 50, 100, 500 и так далее метров.

– По горизонталям определяют высоты пикетов, плюсовых точек (места пересечения оси трассы с контурами местности) и характерных перегибов местности.

– По полученным данным составляют продольный профиль, по которому рассчитывают проектную линию.

2. Проектирование профиля способом попыток. При трассировании способом попыток на карте намечают кратчайшую линию между фиксированными точками, по которой и строят продольный профиль местности с проектом.

Снятие высот точек трассы с плана

При снятии высот точек трассы с плана используют обычный метод интерполяции. Для этого измеряют в *миллиметрах* кратчайшее расстояние l между горизонталями через определяемую точку и расстояние l_1 от горизонтали (например, 105-й, см. рис. 1.2.3) до определяемой точки. Зная се-

чение рельефа Δh , из обычной пропорции получают превышение между взятой горизонталью и определяемой точкой:

$$\begin{cases} \Delta h \rightarrow l \\ h \rightarrow l_1 \end{cases} \Rightarrow h = \Delta h \cdot \frac{l_1}{l}.$$

По известной высоте горизонтали и превышению получают высоту искомой точки.

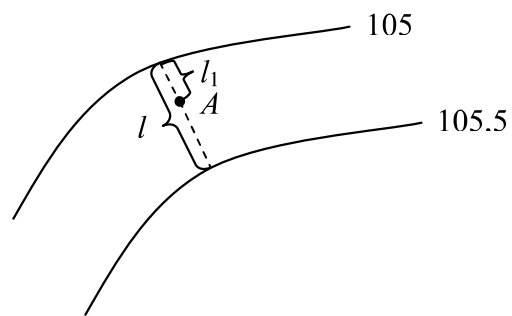


Рис. 1.2.3. Получение высот точек трассы через интерполирование

Круговая кривая, её элементы

Так как практически очень редко трасса имеет вид прямой линии от начальной до конечной точек, необходимо в повороты вписать кривую. Начальными элементами кривой является угол поворота трассы φ и радиус R вписанной кривой. Угол поворота φ измеряют транспортиром с точностью до $0,5^\circ$, а радиус выбирают исходя из нормативных документов или по специальному шаблону. По этим данным получают основные элементы круговой кривой: *тангенс* T , *кривую* K , *домер* D и *биссектрису* B с точностью $0,01$ м (см. рис. 1.2.4).

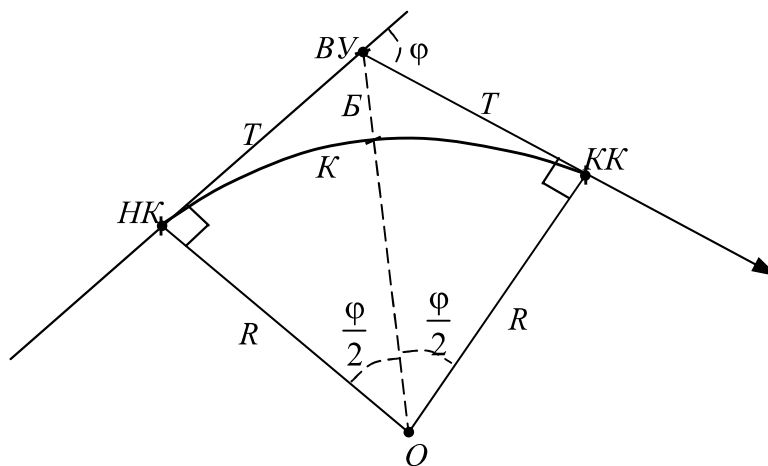


Рис. 1.2.4. Элементы круговой кривой

Тангенс T – расстояние от начала кривой HK до вершины угла BU (или от BU до конца кривой KK). Вычисляют из прямоугольного треугольника $BU-O-HK$ по радиусу R и половине угла поворота $\frac{\varphi}{2}$:

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\varphi}{2} \right). \quad (1.2.5)$$

Кривая K есть длина дуги, стягиваемая углом поворота φ , то есть расстояние по дуге от начала до конца кривой, которая вычисляется по формуле

$$K = \frac{\varphi^\circ \cdot \pi R}{180^\circ}. \quad (1.2.6)$$

Биссектриса B – разность между отрезком $O-BU$ и радиусом R :

$$B = (O - BU) - R = \frac{R}{\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)} - R. \quad (1.2.7)$$

Домер D есть разность между удвоенным тангенсом и кривой:

$$D = 2T - K. \quad (1.2.8)$$

По вычисленным величинам получают пикетаж начала и конца кривой. Для этого от пикетажного наименования вершины угла BV отнимают тангенс и получают HK в пикетах. Прибавляя к HK в пикетах значение кривой получают KK в пикетах и делают контроль:

BV в ПК	контроль	BV в ПК
$-T$ в м		$+T$ в м
HK в ПК		Σ в м или ПК
$+K$ в м		$-D$ в м
KK в ПК		KK в ПК

Точность – два знака после запятой.

Составление продольного профиля трассы

Продольный профиль трассы для проектирования сооружения линейного типа составляют на миллиметровой бумаге. Для большей наглядности масштаб для вертикальных расстояний принимают в 10 раз более крупным, чем для горизонтальных. При составлении профилей пользуются разграфкой установленного образца для размещения и записи необходимых данных. Она имеет следующие основные строки:

- план местности;
- фактические отметки;
- проектные отметки;
- уклоны;
- расстояния;
- план прямых и кривых.

Составление профиля начинают с нанесения *пикетов* и *плюсовых точек* по *расстояниям* и *высотам*. Наименование плюсовых точек на профиле не указывается, а о расстоянии их до пикетов судят по графе расстояний, в которой все точки наносятся по масштабу путем проведения вертикальных линий. Расстояния между точками записываются в промежутках между этими линиями. Расстояния равные расстоянию между пикетами могут не записываться. В графу *фактические отметки* записываются отметки пикетов и плюсовых точек, полученные из интерполирования. На этом заканчивается нанесение реального профиля. Следующий этап – проектирование оси сооружения.

1. Проектирование продольного профиля. Проектирование продольного профиля сводится к определению планового и высотного положения оси линейного сооружения. Проектирование ведется с использованием графо-аналитического метода, то есть основа – графические построения, а все расчеты ведутся аналитически.

Очевидно, что при проектировании необходимо придерживаться некоторых требований и правил.

Например, при проектировании земляного полотна дороги:

- проектные уклоны не должны превышать заданного допуска (назначается с точностью до одной промилле);
- проектируемые элементы профиля с одним уклоном должны быть максимально длинными, но при этом не должно возникать значительных выемок и насыпей;
- желательно чтобы переломы профиля не совпадали с плановыми кривыми;
- алгебраическая разность уклонов на смежных участках профиля не должна быть больше заданного предельного уклона, а где это трудно выполнить, проектируют горизонтальные площадки, но желательно в выемках не длинные, так как это затрудняет устройство водоотвода;
- объемы насыпей и выемок должны быть минимальными и примерно равными.

Начинать проектирование надо от мест с заданными высотами. Далее, используя построенную линию профиля местности, приближенно намечают первый участок проектной линии, по возможности приближая к поверхности земли, и вычисляют её уклон. Если уклон меньше предельного, то его берут в качестве окончательного. В противном случае конечную отметку повышают (понижают) до тех пор, пока уклон не окажется допустимым. Аналогично действуют и на последующих участках трассы, по возможности избегая затяжных подъемов и спусков с предельными уклонами. Таким образом, получают проектную линию трассы, состоящую из нескольких отрезков разных уклонов.

Если проектируют, используя известные высоты концов проектных отрезков, то вычисляют значения проектных уклонов i_j по формуле

$$i_j = \frac{H_{j+1} - H_j}{d_j}. \quad (1.2.9)$$

Значения уклонов заносят в строку *уклоны* (рис. 1.2.5), по которым последовательно вычисляют проектные отметки всех пикетов и плюсовых точек:

$$H_{i+1} = H_i + i_i \cdot d_i, \quad (1.2.10)$$

где d_j, d_i – расстояние между предыдущей и последующей точками.

Проектные отметки заносят в строку *проектные отметки* (рис. 1.2.5).

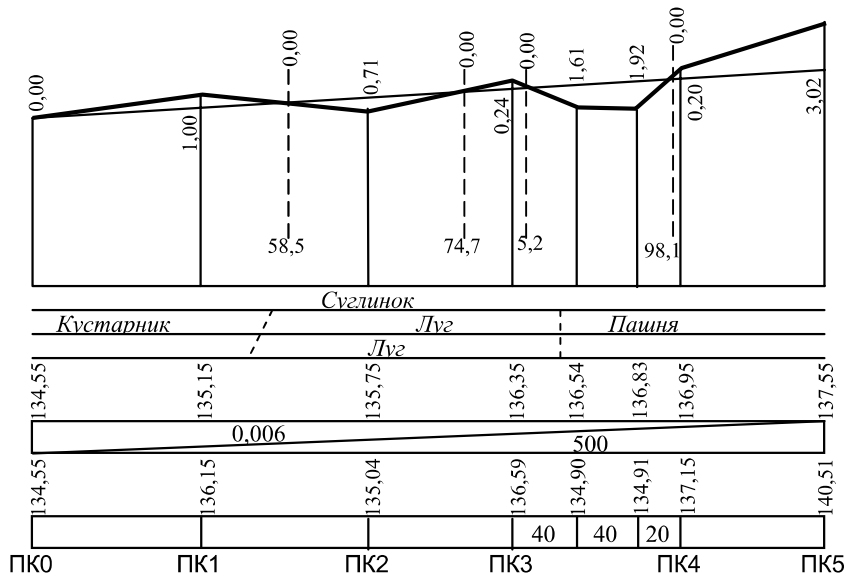


Рис. 1.2.5. Профиль продольного нивелирования.
 Масштабы: горизонтальный 1 : 2000; вертикальный 1 : 200

Если проектная линия задается проектной отметкой начальной точки и уклонами проектной линии на каждый участок трассы, проектные отметки, лежащие на прямой профиля, также могут быть вычислены по формуле (1.2.10).

Далее находят разность между проектной отметкой и отметкой земли, которая показывает высоту насыпи или глубину выемки и называется *рабочей отметкой* r_i . Рабочие отметки вычисляются для всех точек профиля и записываются над проектной линией, если они относятся к насыпи,

и под ней при выемке. При переходе от насыпи к выемке и наоборот находится точка *нулевых работ* (рис. 1.2.6).

На профиле необходимо указать расстояние от этой точки до ближайшего младшего пикета. Это расстояние x_i для точек с расстоянием d_i и рабочими отметками r_i и r_{i+1} находим по формуле (1.2.4) (см. рис. 1.2.6).

Зная расстояние x_i , определяют отметку точки нулевых работ по формуле (1.2.10).

В графе *план круговых кривых* наносят ось сооружения и в масштабе откладывают начало и конец кривой, расстояния от них до ближайших пикетов слева и справа. В этой же графе записывают все данные о кривой: φ , R , T , K *Д* и *Б*.

Оформление профиля. Профиль оформляют тушью в три цвета. Все данные, относящиеся к полевым работам: графы расстояние, отметки земли, ситуация, линия профиля – показывают черным цветом. Данные, относящиеся к проектированию: проектные линии, уклоны, проектные и рабочие отметки – красным цветом. Точки нулевых работ оформляют синим цветом.

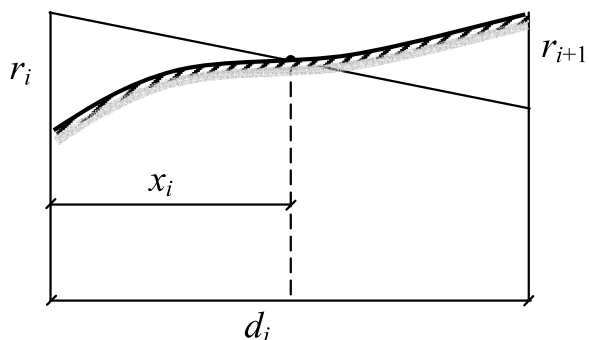


Рис. 1.2.6. Схема определения положения точки нулевых работ

При возникновении необходимости детальной

разбивки круговых кривых используют способы прямоугольных координат (перпендикуляров), углов и хорд.

Вопросы для самоконтроля

1. Цели и этапы проектирования инженерных объектов.
2. Состав чертежей и работ на этапах проектирования.
3. Проект производства геодезических работ.
4. Площадное камеральное проектирование.
5. Проектирование горизонтальной и наклонной площадки.
6. Линейное камеральное проектирование.
7. Элементы трассы, построение профиля.
8. Способы проектирования профиля.