

Прикладная геодезия
Лекция 8

Характеристики планово-картографической основы, используемой для проектирования строительства

Геодезическое обеспечение строительства



Инженерно-геодезические изыскания с получением:

- Инженерно-топографических планов;
- Цифровых моделей местности;
- Профилей.



Инженерно-геодезическое проектирование

- Составление планово-картографической основы в необходимых масштабах;
- Инженерно-геодезическое проектирование объекта;
- Геодезическая подготовка проекта к перенесения в натуру.



Строительно-монтажные работы

- Создание разбивочной сети;
- Разбивочные геодезические работы по выносу проекта в натуру;
- Выверка строительных конструкций при монтаже;
- Исполнительные съемки;
- Наблюдения за деформациями (при необходимости).

Инженерно-геодезические изыскания



Основные характеристики геопространственной информации



Старение планово – картографических материалов

Планы и карты стареют с течением времени. В районах с интенсивной деятельностью человека происходят изменения контуров до 5% - 15% в год. Срок давности инженерно-топографических планов как правило не более 2 лет.

Для поддержания **актуальности** информационного содержания планов и карт выполняется обновление:

корректировка -нанесение новых контуров и удаление исчезнувших, если измерения на превышают 10- 30% для различных по сложности категорий местности;

полное обновление – составление новых планов на основе новых съемок, (старение больше 35%).

Расчет степени старения:

$$\text{а) } \begin{matrix} \text{(а)} \\ \lambda = 100 \sqrt{\frac{p}{P}} \%, \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{б)} \\ \lambda = 100 \sqrt{\frac{p}{P}} \%, \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{в)} \\ \lambda = 100 \sqrt{\frac{p}{P}} \%, \end{matrix}$$

$$\lambda = 100 \sqrt{\frac{p}{P}} \%, \quad \lambda = 100 \sqrt{\frac{p}{P}} \%,$$

$$\lambda = 100 \sqrt{\frac{p}{P}} \%,$$

Оценки достоверности и полноты:

Точностные характеристики планов :

1. Точность топографического плана (точность изображения ситуации и рельефа).
2. Детальность и полнота отображения.
3. Точность определения расстояний.
4. Точность определения направлений и углов.
5. Точность определения площадей.
6. Точность определения высот, превышений и уклонов.

Точность изображения ситуации и рельефа.

Точность топографического плана характеризуется погрешностью планового положения точек ситуации относительно пунктов геодезической сети. Точность изображения рельефа характеризуется погрешностью горизонтали по высоте (ср. кв. погрешностей высот точек, лежащих на горизонтали). Инструкция по съемкам в крупных масштабах задает средние ошибки положения на плане предметов и контуров местности: с четкими очертаниями не более 0,5 мм, на открытой местности, 0,7 мм в горной и залесенной местности.

Средняя квадратическая погрешность связана со средней при нормальном законе распределения соотношением

$$m = 1,25Q$$

Для планов это соотношение составляет

$$m = 1,06Q$$

То есть, средняя квадратическая погрешность примерно равна средней ошибке.

Для инженерно-топографических планов важной характеристикой является ошибка взаимного положения. Так предельная ошибка взаимного положения близлежащих зданий и сооружений на застроенной территории не должна превышать 0,4 мм. Зная допустимую точность взаимного положения можно рассчитать масштаб съемки. Если положение четких контуров должно отображаться с точностью в 0,5 м, то необходим масштаб

$$\frac{1}{M} = \frac{0,4 \text{ мм}}{0,5 \text{ м}} = \frac{1}{1250} \approx \frac{1}{1000}$$

Ранее проектирование строительных объектов выполнялось не на оригиналах топографического плана, а на их копиях (за исключением САПР, использующих ЦММ), Любая копия имеет ошибки больше, чем оригинал, копирование на кальку выполняется с СКП 0,1 мм. В настоящее время копии равноточны оригиналу.

Точность изображения рельефа

Средние ошибки съемки рельефа относительно ближайших реперов не должны превышать $\frac{1}{4}$ **высоты сечения рельефа** при углах наклона менее 2 градусов.

$\frac{1}{3}$ высоты сечения рельефа при углах наклона 2-6 градусов. На незастроенных, залесенных территориях допуски увеличиваются в 1,5 раза.

Точность изображения рельефа

В соответствии с действующим СП 47.13330.2016
ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА.
Основные положения. Актуализированная версия СНиП
11-02-96

Средние ошибки съемки рельефа относительно
ближайших реперов не должны превышать **1/4**
высоты сечения рельефа при углах наклона менее
2 градусов.

1/3 высоты сечения рельефа при углах наклона 2-6
градусов. На незастроенных, залесенных
территориях допуски увеличиваются в 1,5 раза.

Таким образом, достоверность информации, представленной на планах характеризуется

- Средней квадратической погрешностью планового положения твердых контуров величиной 0,3-0,4 мм. Точность изображения рельефа $1/4-1/3$ от высоты сечения рельефа. (Фактическая погрешность изображения рельефа по результатам многочисленных исследований составляет $1/4-1/5$ от высоты сечения)
- . Погрешности планового положения и съемки рельефа не зависят от метода съемки.

ДЕТАЛЬНОСТЬ

это - степень подобия изображения на плане контуров ситуации и рельефа.

Связана с обобщением изображения, его генерализацией, как принято называть в картографии. Инструкции по съемкам в крупных масштабах требуют, чтобы ошибки за счет обобщения контуров не превышали 0,5 мм на плане. Для архитектурных деталей допускается ошибка обобщения не более 0,3 мм на плане. Детальность зависит от метода съемки, мензольные планы детальнее тахеометрических, наиболее детальны фотопланы.

ПОЛНОТА ПЛАНА

ПОЛНОТА плана это степень его насыщенности объектами ситуации и элементами рельефа отображение которых необходимо и возможно при данном масштабе съемки. Полнота плана регламентируется мин размерами объектов, которые необходимо отображать при данном масштабе съемки и мин расстояниями между ними. Полнота плана является одним из главных масштабообразующих факторов при съемках застроенных территорий. Например при отображении густой сети коммуникаций , проложенных на различных уровнях, условные знаки будут читаться если расстояние между ними на плане будет не менее 1 мм, при густоте проложения коммуникаций через 0,5 м на местности масштаб съемки будет

$$\frac{1}{M} = \frac{1\text{мм}}{0,5\text{м}} = \frac{1}{500}$$

Точность расстояний, измеренных на плане

На точность измеренного на плане расстояния влияют следующие факторы:

$$m_s^2 = m_{st}^2 + m_{s_{iz}}^2 + m_{s_d}^2 \quad (1) \quad \text{где:}$$

m_{st} ошибка расстояния, вызванная ошибками положения конечных точек;

$m_{s_{iz}}$ погрешность, появляющаяся за счет способа измерения расстояния;

m_{s_d} погрешность возникающая за счет деформации бумаги (топоосновы).

Точность расстояний, измеренных на плане

Расстояние по координатам точек можно рассчитать по формуле

$$S^2 = (X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2$$

продифференцировав выражение по всем независимым переменными заменив дифференциалы квадратами средних квадратических погрешностей получим

$$S^2 m_S^2 = (X_B - X_A)^2 m_{XA}^2 + (X_B - X_A)^2 m_{XB}^2 + (Y_B - Y_A)^2 m_{YA}^2 + (Y_B - Y_A)^2 m_{YB}^2$$

учитывая что,

$$m_{ti}^2 = m_{Xi}^2 + m_{Yi}^2$$

получим

$$m_{St}^2 = \frac{m_{tA}^2}{2} + \frac{m_{tB}^2}{2} \quad \text{или} \quad m_{St} = \sqrt{\frac{m_A^2 + m_B^2}{2}}$$

Точность расстояний, измеренных на плане

Расстояние по координатам точек можно рассчитать по формуле

$$S^2 = (X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2, (2)$$

продифференцировав выражение по всем независимым переменными заменив дифференциалы квадратами средних квадратических погрешностей получим

$$S^2 m_S^2 = (X_B - X_A)^2 m_{XA}^2 + (X_B - X_A)^2 m_{XB}^2 + (Y_B - Y_A)^2 m_{YA}^2 + (Y_B - Y_A)^2 m_{YB}^2, (3)$$

учитывая что,

$$m_{ti}^2 = m_{Xi}^2 + m_{Yi}^2, (4)$$

получим

$$m_{St}^2 = \frac{m_{tA}^2}{2} + \frac{m_{tB}^2}{2} \quad \text{или} \quad m_{St} = \sqrt{\frac{m_A^2 + m_B^2}{2}}. (5)$$

При равенстве погрешностей точек А и В,
получим

$$m_{St} = m_t$$

Это справедливо, если точки А В сняты с ⁽⁶⁾ разных станций, если с одной, то они коррелированы и нужно учитывать к-т корреляции

$$m_{st} = m_t \sqrt{1-r} \quad , (7)$$

где к-т корреляции $r = 0,4-0,6$ (отношение погрешности опорной точки к погрешности контурной точки) при съемке точек А и В с одной станции. При съемке с разных станций корреляция отсутствует.

Точность измерения линии измерителем по масштабной линейке составляет $0,08 \text{ мм} \approx 0,1 \text{ мм}$.

на плане, то есть, $m_{S_{iz}} = 0,1 \text{ мм}$.

Погрешность вызванную деформаций топографической основы можно рассчитать по формуле

$$m_{S_d} = \frac{\mu_X - \mu_Y}{2}, \text{ где}$$

μ_X, μ_Y коэффициенты деформации бумаги по двум направлениям.

Для больших длин линий, расположенных на удалении от осевого меридиана необходимо учитывать поправку за искажение в проекции Гаусса-Крюгера, поправка вводится со знаком «-»

$$\Delta S = \frac{Y^2}{2R} S \quad \text{при } Y=300 \text{ км} \quad \frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{900}$$

Погрешность вызванную деформаций топографической основы можно рассчитать по формуле

$$m_{S_d} = \frac{\mu_X - \mu_Y}{2}, \quad (8) \quad \text{где}$$

μ_X, μ_Y коэффициенты деформации бумаги по двум направлениям.

Для больших длин линий, расположенных на удалении от осевого меридиана необходимо учитывать поправку за искажение в проекции Гаусса- Крюгера, поправка вводится со знаком «-»

$$\Delta S = \frac{Y^2}{2R} S, \quad (9) \quad \text{при } Y=300 \text{ км} \quad \frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{900}$$

Точность направлений, измеренных на плане

Характеризуется СКП дирекционного угла линии. Рассчитаем дирекционный угол по координатам точек А и В

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \operatorname{arctg} \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}. (10)$$

Продифференцировав это выражение и заменив дифференциалы квадратами ср. кв. погрешностей получим

$$m_\alpha = \frac{\rho}{S} \sqrt{\frac{m_A^2 + m_B^2}{2}}, (11)$$

Если погрешности точек А и В равны, то

$$m_{\alpha} = \frac{\rho}{S} m_t. (12)$$

Эта формула справедлива для независимых координат точек. Для зависимых

$$m_{\alpha} = \frac{\rho}{S} m_t \sqrt{1-r}. (13)$$

Точность углов на плане

Погрешность угла можно описать выражением

$$m_{\beta} = \sqrt{m_{\beta_{\alpha}}^2 + m_{\beta_{iz}}^2 + m_{\beta_d}^2} \quad (14), \text{ где}$$

$m_{\beta_{\alpha}}$ погрешность угла за счет ошибки направления;

$m_{\beta_{iz}}$ погрешность за счет собственно измерения на плане;

m_{β_d} погрешность за деформацию бумаги.

Угол между направлениями АВ и ВС
можно вычислить по дирекционным углам

$$\beta = \alpha_{AB} - \alpha_{BC} \dots (15)$$

погрешность угла, при равенстве скп
дирекционных углов составит

$$m_{\beta_{\alpha}} = m_{\alpha} \sqrt{2} \dots (16)$$

Если дирекционные углы вычисляются по координатам точек то продифференцировав выражение

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} - \operatorname{arctg} \frac{Y_C - Y_B}{X_C - X_B}. (17)$$

затем заменив дифференциалы квадратами СКП получим

$$m_\beta = \frac{\rho}{S} m_t \sqrt{2 - \cos \beta}. (18)$$

СКП измерения угла геодезическим транспортиром, полученная по результатам экспериментальных данных, составляет **5 минут**.

Погрешность вызванную деформацией топографической основы можно рассчитать по формуле

$$m_{\beta_d} = \frac{\mu_Y - \mu_X}{\sqrt{2}} \sin \beta$$

Если дирекционные углы вычисляются по координатам точек то продифференцировав выражение

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} - \operatorname{arctg} \frac{Y_C - Y_B}{X_C - X_B}. (17)$$

затем заменив дифференциалы квадратами СКП получим

$$m_\beta = \frac{\rho}{S} m_t \sqrt{2 - \cos \beta}, (18)$$

Ср.кв. погрешность измерения угла геодезическим транспортиром, полученная по результатам экспериментальных данных, составляет **5 минут**. Погрешность вызванную деформацией топографической основы можно рассчитать по формуле

$$m_{\beta d} = \frac{\mu_Y - \mu_X}{\sqrt{2}} \sin \beta. (19)$$

Точность площадей, измеренных на плане.

Площадь многоугольника на плане может быть получена по графическим координатам (измеренным на плане) поворотных точек

$$2P = \sum_{i=1}^n Y_i (X_{i-1} - X_{i+1})$$
$$2P = \sum_{i=1}^n X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1}) \quad . (20)$$

Дифференцируя это выражение по всем независимым переменным и перейдя от дифференциалов к квадратам СКП получим для фигуры близкой к квадрату

$$m_P = m_t \sqrt{P} \quad . (21)$$

Для прямоугольника

$$m_P = m_t \sqrt{P} \sqrt{\frac{1 + K^2}{2K}} ..(22)$$

где K - коэффициент вытянутости отношение длины к ширине.

При измерении площади разбивкой на геометрические фигуры погрешность площади можно рассчитать по формуле профессора Маслова А.В.

$$m_{P,га} = 0,01 \frac{M}{10000} \sqrt{P} ..(23)$$

Для планиметра относительная ошибка площади составляет

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{1}{400}$$

Для больших площадей необходимо учитывать искажение, вызванное применяемой картографической проекцией, особенно при удалении от осевого меридиана на расстояния более 300 км.

$$\Delta P = \frac{Y^2}{2R^2} P \quad \text{для } Y=300 \text{ км} \quad \frac{\Delta P}{P} = \frac{1}{450}$$

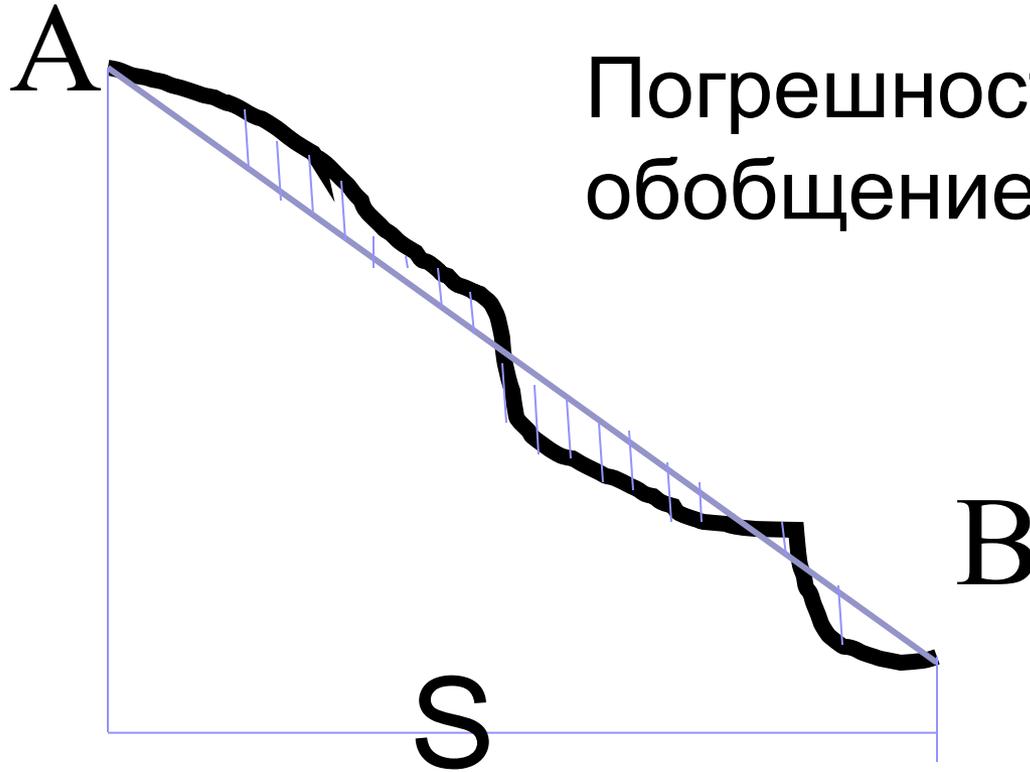
Точность определения высот точек, взятых с плана

За точность изображения рельефа на плане принято считать погрешность положения горизонтали по высоте относительно пунктов геодезической высотной сети. Ошибку положения горизонтали по высоте можно рассчитать по общепринятой формуле

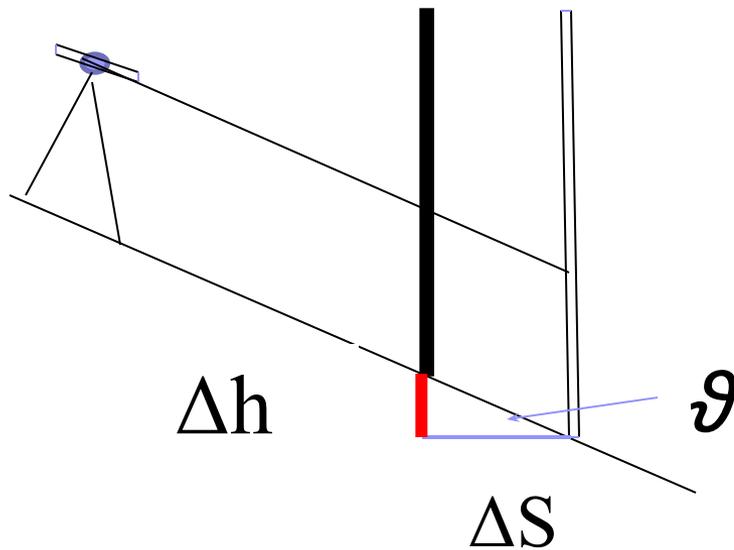
Коппе
$$m_H = a + btg\nu, (24)$$

В этой формуле «*a*»- это группа факторов, вызывающая погрешность определения высоты относительно съемочной станции. Группа факторов «*b*» приводит к сдвигу горизонтали в плане относительно съемочной станции, вызывая дополнительную погрешность по высоте, величина которой зависит также от угла наклона местности.

Погрешность за
обобщение рельефа



Влияние смещения точки в плане при съемке на погрешность положения точки по высоте



$$\Delta h = \Delta S \operatorname{tg} \vartheta$$

Есть ряд эмпирических формул различных авторов для получения погрешности положения горизонтали, например формула Видуева

$$m_z = 0.19h_c + 0.00016Mi, (25)$$

где h_c высота сечения рельефа

M знаменатель масштаба

i уклон.

Точность определения превышений можно оценить на основе формулы

$$h = H_A - H_B$$

дифференцируя это выражение по всем независимым переменным и заменив дифференциалы квадратами ср. кв погрешностей получим

$$m_h = \sqrt{m_{H_B}^2 + m_{H_A}^2} \quad \text{при} \quad m_{H_F} = m_{H_B}$$

$$m_h = m_H \sqrt{2}, (26)$$

Для коррелированных горизонталей

$$m_h = m_H \sqrt{2(1-r)}. (27)$$

В научной литературе рекомендуется вычислять коэффициент корреляции по формуле

$$r = \exp\left(\frac{0.18S}{\sqrt{S_0}}\right), (28)$$

S -расстояние между точками А и В,

S_0 -расстояние между пикетами по инструкции.

Точность определения уклонов на плане

Уклон это тангенс угла наклона, его можно получить через превышение h и горизонтальное проложение

$$i = \frac{h}{S} \quad \text{Прологарифмируем это выражение}$$

$$\ln i = \ln h - \ln S;$$

затем продифференцируем выражение по всем независимым переменным и перейдем к СКП, в результате получим выражение (29)

$$\lambda = 100 \sqrt{\frac{p}{P}} \%,$$

Учитывая, что относительная ошибка превышения
намного больше относительной ошибки расстояния.

Т.е., $\frac{m_h}{h} \gg \frac{m_S}{S}$; получим, что

$m_i = \frac{im_h}{h}$, подставив значение уклона получим

$$m_i = \frac{h m_h}{S h} = \frac{m_h}{S} \quad m_i = \frac{m_H \sqrt{2}}{S}; (30)$$

для коррелированных горизонталей формула примет
вид

$$m_i = \frac{m_H \sqrt{2(1-r)}}{S}. (31)$$

- Предмет и задачи курса Прикладная геодезия.
- Основные виды инженерно – геодезических работ (составные части Прикладной геодезии).
- Понятие о топографо (инженерно)-геодезических изысканиях площадок и трасс.
- понятие об инженерно-геодезическом проектировании сооружений.
- Понятие о геодезических разбивочных работах.
- Понятие о геодезической выверке конструкций и технологического оборудования.
- Понятие о геодезических наблюдениях за деформациями сооружений.
- Понятие об исполнительных съемках.
- Особенности инженерно-геодезических работ.
- Инженерно – геодезическое проектирование вертикальной планировки. Общие сведения о вертикальной планировке.
- Классификация и характеристики методов проектирования вертикальной планировки.
- Способы вычисления объемов земляных тел (земляных работ).
- Способ квадратных призм для определения объемов земляных работ.
- Способ треугольных призм для определения объемов земляных работ.
- Способ суммирования рабочих отметок центров точности для определения объемов земляных работ.
- Способ горизонтальных пластов для определения объемов земляных работ.
- Способ изораб для определения объемов земляных работ.
- Способ вертикальных профилей для определения объемов земляных работ.
- Проектирование горизонтальной площадки по результатам нивелирования по квадратам под условием баланса земляных работ.
- Точность определения объемов земляных работ.
- Составление картограммы земляных работ.
- Порядок проектирования вертикальной планировки внутриквартальной территории.
- Построение типовых высотных поперечников при проектировании вертикальной планировки внутриквартальной территории.
- Вычисление проектных высот углов квартала при проектировании вертикальной планировки внутриквартальной территории.
- Типовые случаи размещения проектных плоскостей при внутриквартальной планировке территории.
- Определение объемов земляных работ по вертикальной планировке улиц без учета поперечного профиля.
- Определение объемов земляных работ по вертикальной планировке улиц с учетом типовых поперечников.
- Изображение проектного рельефа способом проектных (красных) горизонталей.
- Картограмма земляных работ.
- Инженерно-геодезические задачи, решаемые при вертикальной планировке (передача высоты, построение линии заданного уклона, построение проектной плоскости).
- Математическое моделирование вертикальной планировки на при мере преобразования рельефа по улице.
- Характеристики планово – картографического материала, используемого для проектирования строительства инженерных сооружений.
- Точность изображения ситуации и рельефа на топографическом плане.
- Детальность и полнота плана.
- Точность расстояний, измеренных на плане.
- Точность направлений, измеренных на плане.
- Точность углов, измеренных на плане.
- Точность площадей, измеренных на плане.
- Точность определения высот точек, взятых с плана.
- Точность определения уклонов по плану.



Конец курса «Прикладная
геодезия» в 6 семестре.

Спасибо за внимание!

Применение математического моделирования для решения задач организации рельефа

В общем виде, чисто математически, задача математического программирования состоит в отыскании набора переменных x_j , где $j = 1, 2, \dots, n$

удовлетворяющих систему ограничений $\varphi(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq (\leq) b_i, i = 1, 2, \dots, n$

и приводящих функцию цели к экстремуму $F(x_1, x_2, \dots, n) \Rightarrow \min(\max)$

В зависимости от вида функции цели, вида ограничений, а также требований к оптимальному решению различают следующие виды математического программирования:

- линейное;
- нелинейное;
- параметрическое;
- целочисленное;
- стохастическое;
- динамическое и др.

Основные этапы решения задачи линейного программирования

- 1) постановка задачи, заключается в словесной формулировке задачи с указанием цели и критерия оптимальности;
- 2) математическая формулировка задачи, которая заключается в формализации постановки задачи, то есть, выражении её математическими символами в виде математической модели. Математическая модель включает функцию цели, систему ограничений, представленные неравенствами и уравнениями;
- 3) сбор необходимых количественных данных и составление исходной матрицы;
- 4) решение системы уравнений и неравенств, входящих в математическую модель с учетом функции цели;
- 5) анализ и корректировка решения.

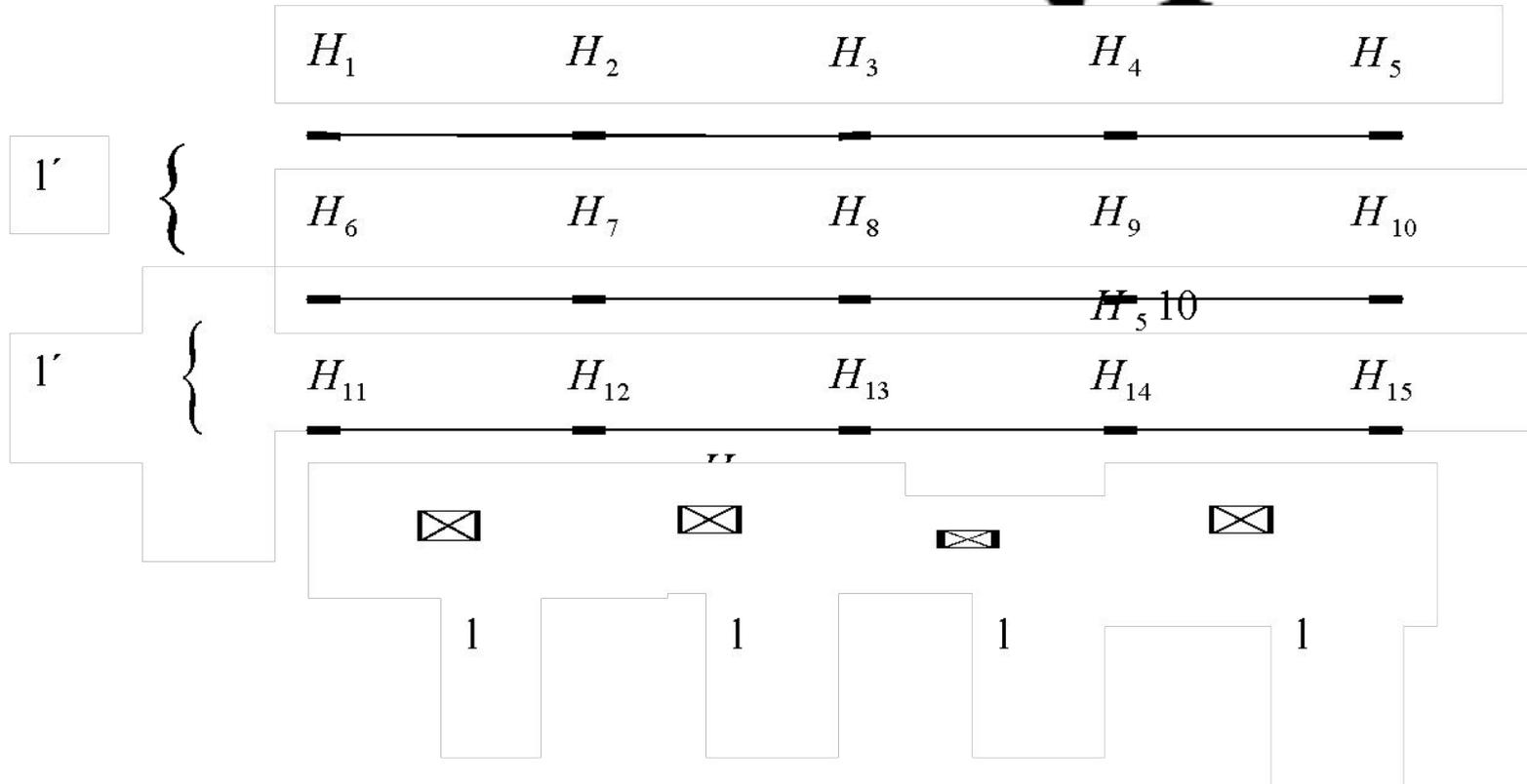


На четвертом этапе решение системы уравнений и неравенств может быть выполнено следующими способами:

- графическим;
- распределительным;
- симплексным и их модификациями

Симплексный способ является наиболее универсальным, используемым для решения любых задач.

$$\lambda = 100 \sqrt{\frac{p}{P}} \%,$$



На генеральном плане поселения исходная поверхность задана высотами земли H_j , требуется составить проект вертикальной планировки (преобразования рельефа) улицы с соблюдением следующих условий:

- 1) продольные уклоны отдельных участков улицы должны быть в пределах от i_{\min} до i_{\max} ;
- 2) поперечные уклоны двускатной улицы должны быть в пределах от i'_{\min} до i'_{\max} ;
- 3) разность уклонов на смежных участках не должна быть больше величины Δi_{\max} ;
- 4) проектная отметка в начале улиц должна быть равна отметке исходной поверхности, а проектная отметка в конце улицы не менее отметки исходной поверхности;
- 5) Объем выемки должен быть равен объему подсыпки.

Цель: требуется определить проектные отметки Z_j , удовлетворяющие всем указанным условиям и обращающие в \min суммарный объем земляных работ

Формализуем условия , предъявленные к проекту. По продольным уклонам можно записать 12 неравенств вида

и 12 неравенств вида , при , всего 24 условия.

$$\frac{Z_j - Z_{j-3}}{l'} \geq i_{min}$$

По поперечным уклонам запишем пять условий вида , пять условий вида , пять условий вида , пять , при , всего 20 условий.

Третье условие можно записать в следующем виде , при , таких условий возникает три.

Четвертое условие запишем в виде уравнения и неравенства

;

.

Условие равенства объемов земляных работ выражается формулой , где - вес рабочей отметки, равный площади выемки или подсыпки, а - рабочая отметка. Выразив рабочие отметки через принятые нами обозначения отметок топографической поверхности и проектных отметок получим уравнение для равенства объемов земляных работ .