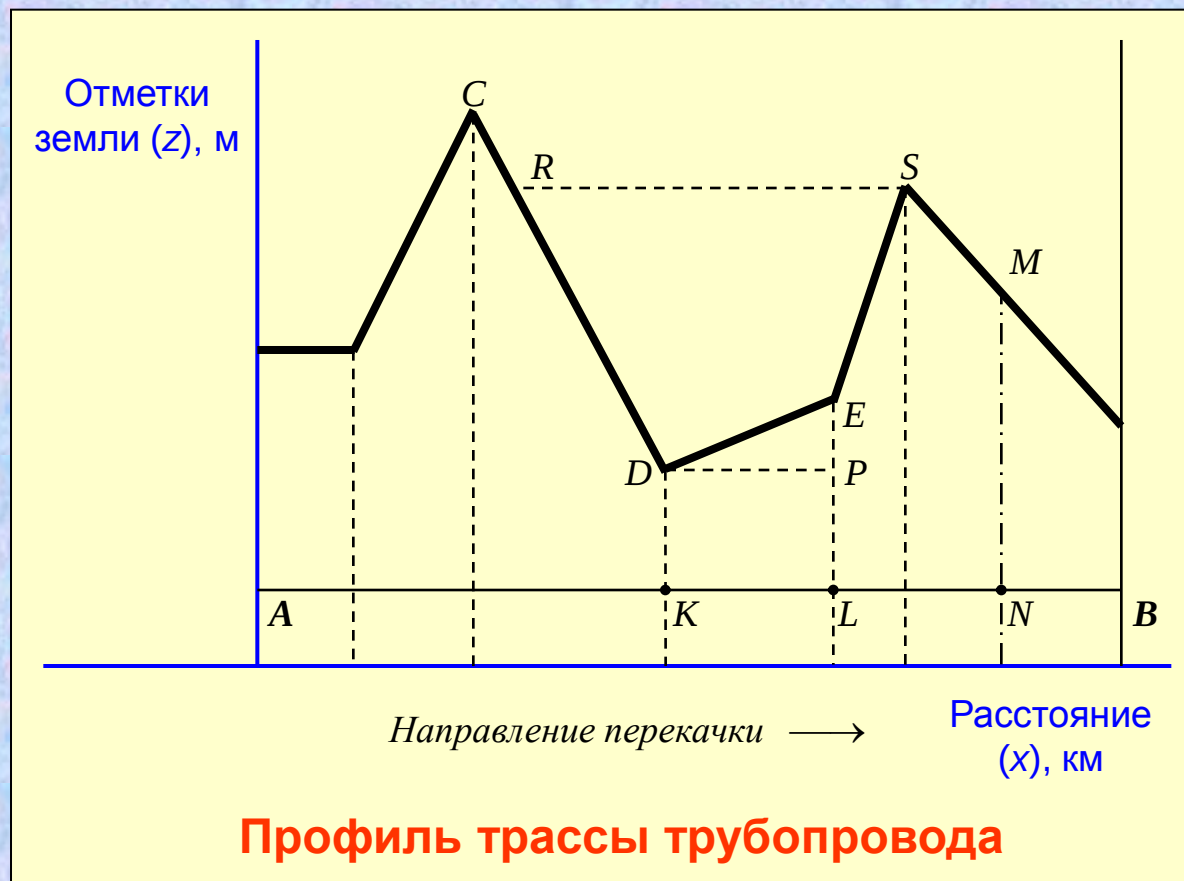


Трасса трубопровода и её профиль

Трассой трубопровода называют линию, разбитую на местности и определяющую направление оси трубопровода в каждой его точке. Эта линия, будучи нанесена на план местности, по которой проходит трубопровод, называется **планом трассы**.

Проекцию трассы на параллельную ей вертикальную плоскость называют **профилем трассы**, причём каждой точке этого профиля отвечает определенная отметка над уровнем моря (см. рисунок).



Профиль трассы используют при определении расчётной длины трубопровода и разности геодезических высот. На профиле ведётся расстановка нефтеперекачивающих станций (НПС). Профиль – чертёж, на котором отложены и соединены между собой характерные точки трассы. Расстояния от начального пункта и геодезические высоты этих точек – их координаты.

Профиль трассы строят так, что длина трубопровода определяется на нём горизонтальной прямой **AB**, являющейся **развёрткой трассы**. Сама же ломаная линия профиля является условной линией, характеризующей собой вертикальные уклоны отдельных участков трассы, но не их длину.

Например, расстояние между точками трассы **D** и **E** определяется не длиной отрезка **DE**, а длиной отрезка **KL** (следовательно, расстояние между точками **D** и **E** равно расстоянию между точками **E** и **M**, так как **KL = LN**)

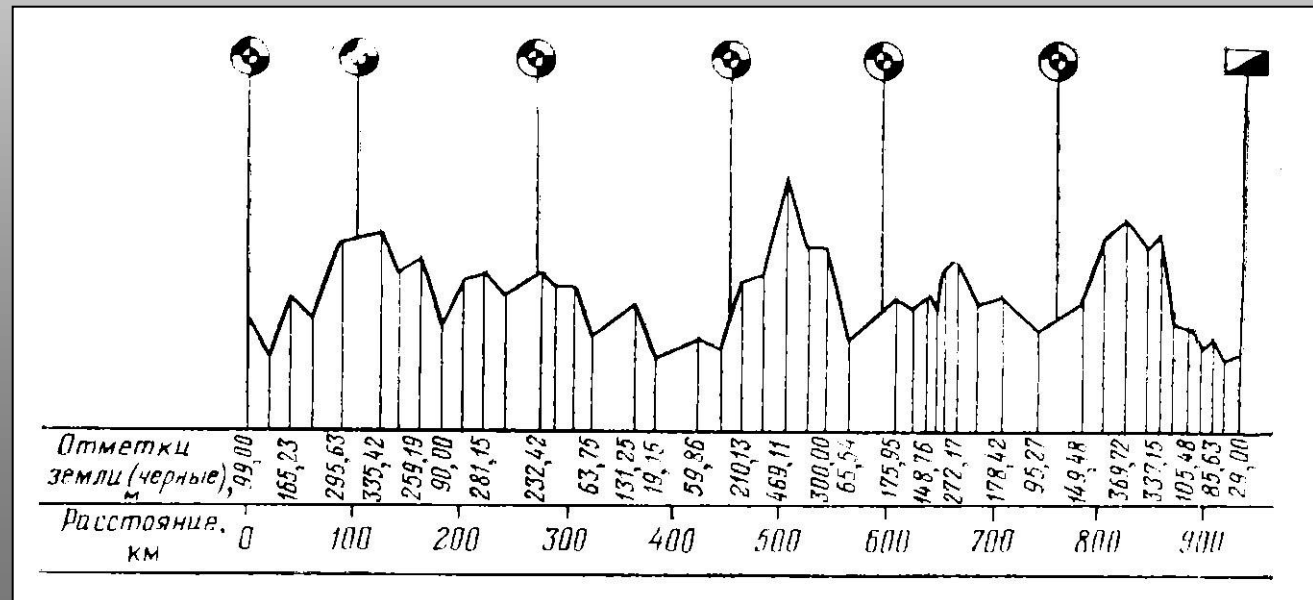
Ордината **KD** в принятом масштабе представляет отметку **z_D** точки **D** над уровнем моря. Разность ординат **$LE - KD = PE$** или **$z_E - z_D = \Delta z$** определяет собой в том же масштабе разность отметок точек **D** и **E** трассы трубопровода. При определении разности отметок **Δz** необходимо всегда вычитать значение предыдущей ординаты **z_D** из значения последующей ординаты **z_E** , т.е. необходимо брать разность отметок всегда против хода перекачки.

Для лучшего выявления местности вертикальный масштаб профиля обычно берут в несколько раз больше, чем горизонтальный масштаб. Таким образом, все возвышенности и впадины на трассе выступают резко, чертеж получается наглядным. Отношение вертикального к горизонтальному масштабу называется **искажением профиля**. Искажение может быть десятикратным, пятидесятикратным, стократным и т.п.

Точку профиля, резко возвышающуюся над соседними, называют **пиком** (точка **С**). Пониженный участок трассы, ограниченный с обеих сторон подъёмами, называют **карманом** или **мешком** (участок **RDES**).

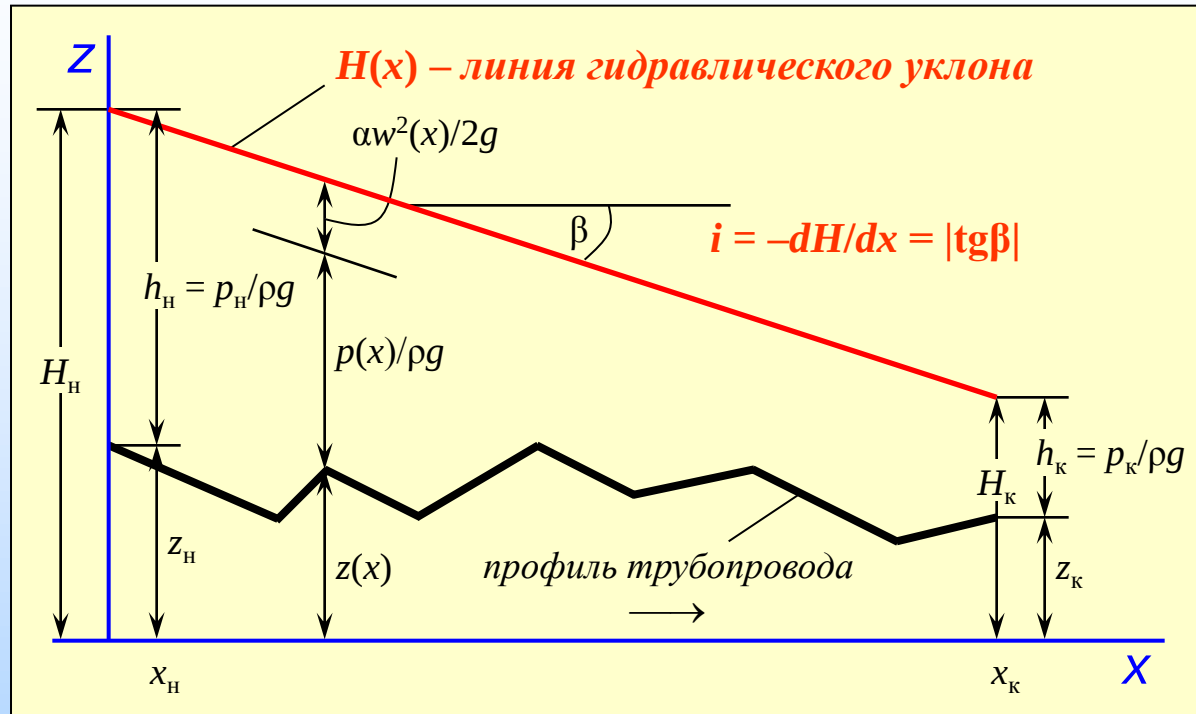
Длину трубопровода непосредственно по его трассе измеряют топографической лентой. При предварительных расчетах длину трубопровода можно определять по карте, причём точность измерения увеличивается с увеличением масштаба карты.

Пример профиля
трассы
трубопровода
(из проектной
документации)



Гидравлический уклон

На рисунке представлена одна из возможных графических интерпретаций уравнения Бернулли для магистральных трубопроводов.



На этом рисунке изображены: профиль трубопровода (жирная ломаная линия); линия $H(x)$ зависимости полного напора H от координаты x вдоль оси трубопровода (прямая линия с постоянным углом β наклона к горизонту) и три составляющие полного напора в произвольном сечении трубопровода:

- геометрический напор $z(x)$;
- пьезометрический напор $p(x)/\rho g$;
- скоростной напор $\alpha w^2(x)/2g$

Физически линию гидравлического уклона можно представить как ось воображаемого трубопровода, в верхний конец которого жидкость подаётся насосами, а оттуда движется самотёком под влиянием собственной тяжести, причём скорость её движения соответствует скорости в реальном трубопроводе.

Необходимым условием того, чтобы сечения трубопровода были заполнены жидкостью, является:

$$p > p_y \quad \text{или} \quad \rho g [H(x) - z(x)] > p_y$$

где p_y – упругость насыщенных паров транспортируемой жидкости, Па.

Геометрически это условие означает, что линия $H(x)$ гидравлического уклона должна проходить выше профиля $z(x)$ трубопровода на величину $p_y/\rho g$

Потери давления на трение определяются по формуле Дарси–Вейсбаха:

$$\Delta p_{\text{тр}} = \lambda \frac{L}{d_{\text{э}}} \frac{w^2}{2} \rho$$

Формулу Дарси–Вейсбаха также можно записать для величины потери напора от трения жидкости $h_{\text{тр}}$ (в м):

$$h_{\text{тр}} = \lambda \frac{L}{d_{\text{э}}} \frac{w^2}{2g}$$

Таким образом, для трубопровода с постоянным диаметром величину гидравлического уклона можно определить по формуле:

$$i = \frac{h_{\text{тр}}}{L} = \lambda \frac{1}{d_{\text{э}}} \frac{w^2}{2g}$$

Иногда гидравлический уклон измеряют в **м/км**, то есть в метрах падения напора на **1 км** протяженности трубопровода (**1 м/км** соответствует **$i = 0,001$**)

Другими словами, величина **$1000i$** даёт падение напора в метрах на **1 км** пути. Так, например, гидравлический уклон **$i = 0,003$** означает падение напора **3 м** на **1 км** пути, а **$i = 0,00075$** – падение напора **0,75 м** на **1 км** пути и т.д.

Гидравлический уклон для данного трубопровода зависит от расхода перекачки, при этом чем больше **V** , тем быстрее уменьшается напор, тем больше значение гидравлического уклона **i** .

Разность напора в начальной и конечной точках трубопровода (см. рисунок) – общая (суммарная) потеря напора складывается из потери напора на трение (формула Дарси–Вейсбаха) и разности геодезических высот (отметок) **Δz** :

$$h_{\text{н}} - h_{\text{к}} = h_{\text{тр}} \pm \Delta z = i \cdot L \pm \Delta z$$

Величина

$$\Delta z = z_{\text{к}} - z_{\text{н}} = \sum_{j=1}^n \Delta z_j$$

- **положительна** ($\Delta z > 0$), когда сумма участков подъёма больше суммы участков спуска,
- **отрицательна** ($\Delta z < 0$), когда сумма участков подъёма меньше суммы участков спуска

Перепад давления в простом «рельефном» трубопроводе (полные потери напора) определяется по формуле

$$\Delta p = p_{\text{н}} - p_{\text{к}} = \Delta p_{\text{тр}} \pm \Delta z \rho g$$

Потери напора на местные сопротивления в магистральных трубопроводах незначительны и ими можно пренебречь