

# Основы проектирования железных дорог

## Практические занятия № 11, 12, 13

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ТРАССЫ. Часть I

1. Общие положения.
2. Методика построения продольного профиля трассы.
3. Анализ и корректировка положения проектной линии.
4. Взаимное расположение элементов плана и продольного профиля.

# 1. Общие положения

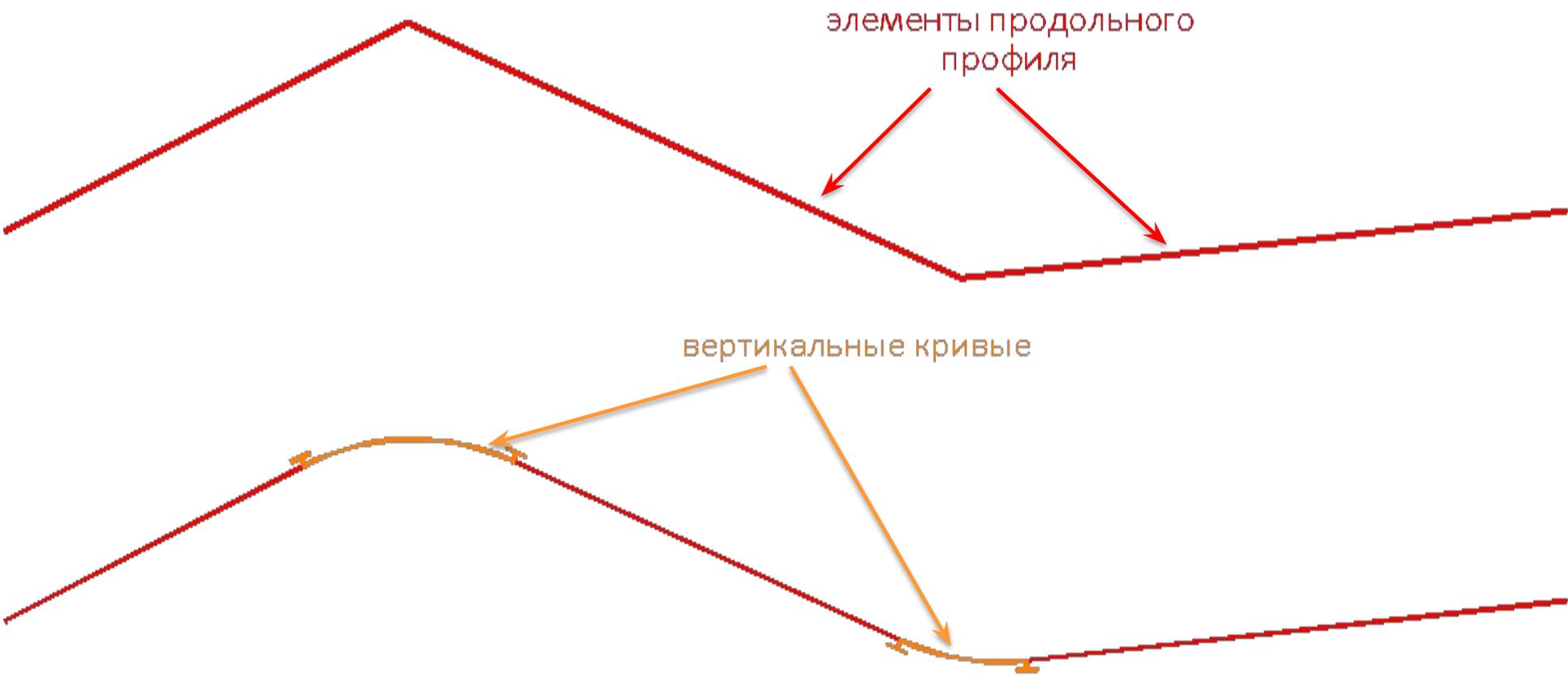
Продольный профиль трассы – это развертка проекции оси пути и поверхности земли на вертикальную плоскость.



# Общие положения

Проектная линия продольного профиля описывает положение трассы в вертикальной плоскости на уровне бровок земляного полотна.

Она состоит из прямолинейных отрезков с различными уклонами, называемых **элементами продольного профиля**, и **вертикальных кривых**, сопрягающих эти отрезки.



# Общие положения

Продольный профиль трассы вычерчивается на стандартной сетке.

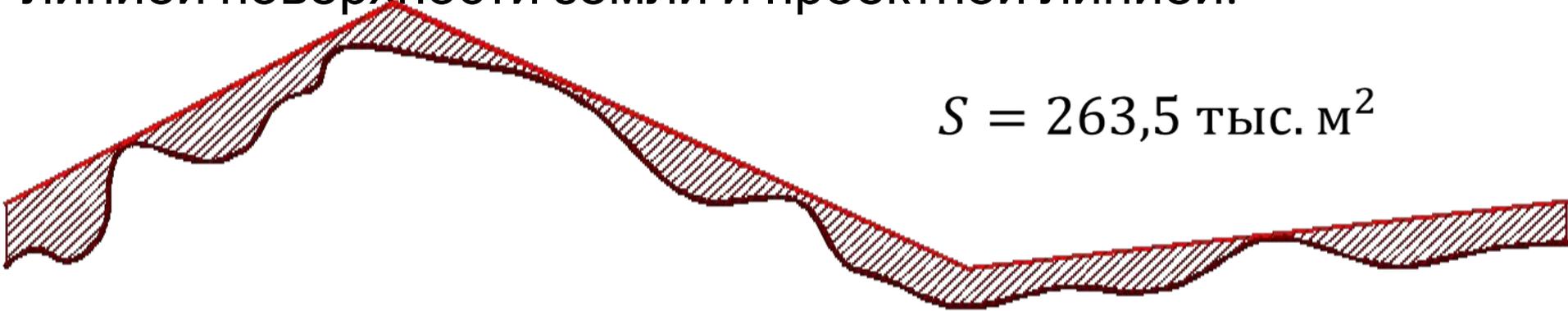
Составление схематического продольного профиля ведется в следующих масштабах: горизонтальном – равном масштабу карты (1:1); вертикальном масштабе 50:1 (1 м высоты равен 50 единицам чертежа AutoCAD или Компас).

Проектные отметки Бровки земляного полотна	
Проектные уклоны	
Отметки земли	
Расстояния	
Пикеты	
План I пути	
Километры	

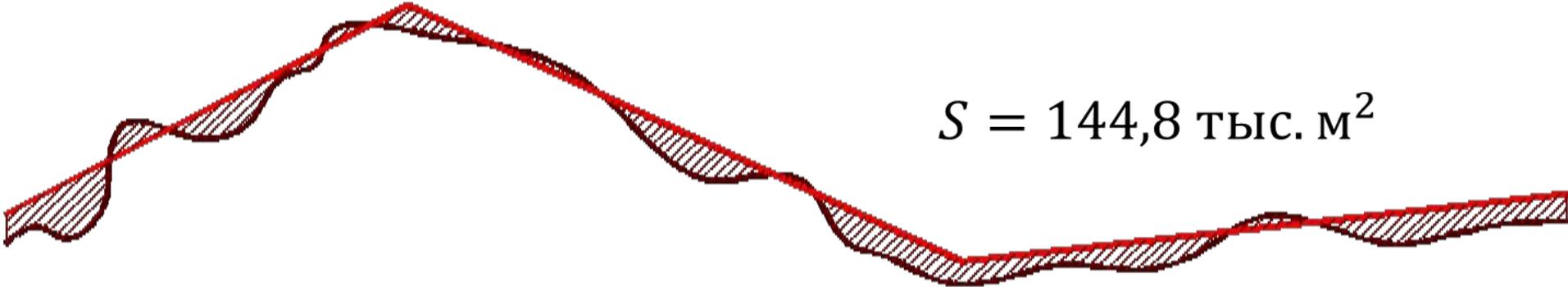


## Общие положения

В процессе проектирования продольного профиля рассматриваются различные варианты построения проектной линии. Основным критерием для выбора лучшего варианта является **минимум объема строительных работ по сооружению земляного полотна**, который будет зависеть от площади, ограничиваемой линией поверхности земли и проектной линией.



$S = 263,5 \text{ тыс. м}^2$



$S = 144,8 \text{ тыс. м}^2$

# Общие положения

При необходимости рассматривают возможность изменения плана трассы, если это позволит значительно сократить объем земляных работ.



## 2. Методика построения продольного профиля трассы

Построение продольного профиля выполняется для двух вариантов.

При наличии двух вариантов плана трассы, продольный профиль проектируется для них. Начальная и конечная точки должны быть общими для обоих сравниваемых вариантов трассы.

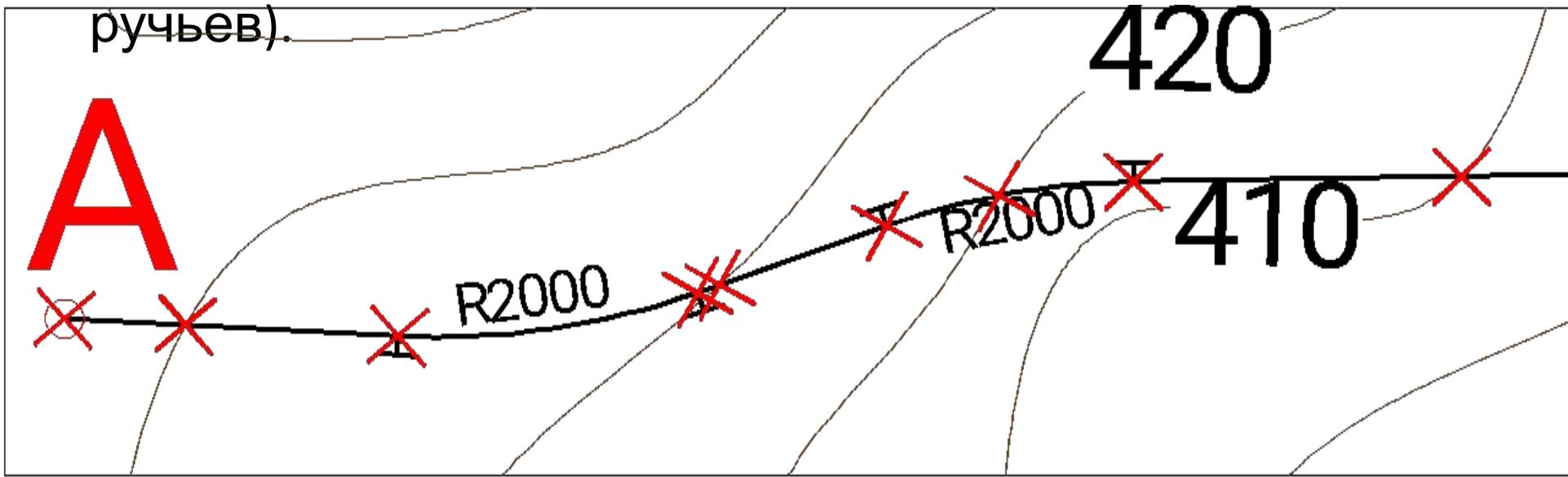
Если на предыдущих этапах проектирования в ходе анализа сравниваемых вариантов плана трассы, выбран один наиболее рациональный, то два варианта продольного профиля разрабатываются для выбранного плана трассы путем изменения положения проектной линии.

Положение проектной линии может отличаться в пределах одного или нескольких участков трассы.

# Методика построения продольного профиля трассы

Построение линии поверхности земли выполняется по **основным (характерным) точкам рельефа** по трассе:

- ✓ начальная и конечная точки – оси станций А и В;
- ✓ опорные точки С и D – точки входа и выхода с промежуточной станции;
- ✓ точки пересечения с горизонталями;
- ✓ точки начала и конца круговых кривых НКК и ККК;
- ✓ точки перелома профиля земли по трассе (точки пересечения с водоразделами, логами, руслами рек и ручьев).

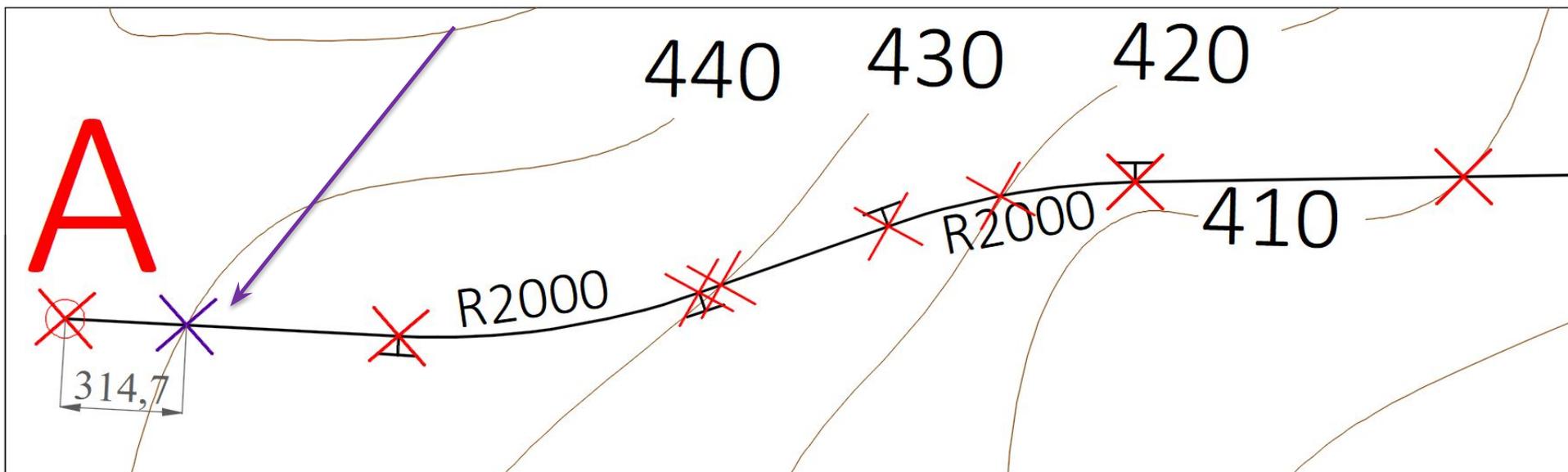


# Методика построения продольного профиля трассы

Для характерных точек необходимо определить:

- ✓ расстояние от оси станции А (принимая данную точку за ноль);
- ✓ отметку земли методом интерполяции между горизонталями.

**Пример.** Ближайшей характерной точкой к точке А является место пересечения трассы с горизонталью, расстояние до нее составляет 314,7 м.



# Методика построения продольного профиля трассы

Полученные данные наносятся на стандартную сетку схематического продольного профиля в графы «Расстояния» и «Отметки земли».

**Пример.** Расстояние до точки 314,7 м откладывается от левой границы сетки профиля, которая принимается за ось станции А.



Проектные отметки бровки земляного полотна	
Проектные уклоны	
Отметки земли	440,00
Расстояния	
Пикеты	314,7
План I пути	
Километры	

# Методика построения продольного профиля трассы

Аналогичным образом определяются расстояния и отметки земли для всех характерных точек.



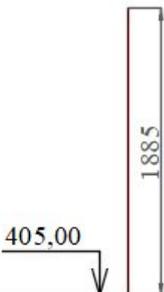
Проектные отметки бровки земляного полотна								
Проектные уклоны								
Отметки земли	440,00	434,67	430,50	430,00	424,96	420,00	412,65	410,00
Расстояния								
Пикеты								
План I пути								
Километры								



# Методика построения продольного профиля трассы

По полученным отметкам вычерчивается продольный профиль поверхности земли.

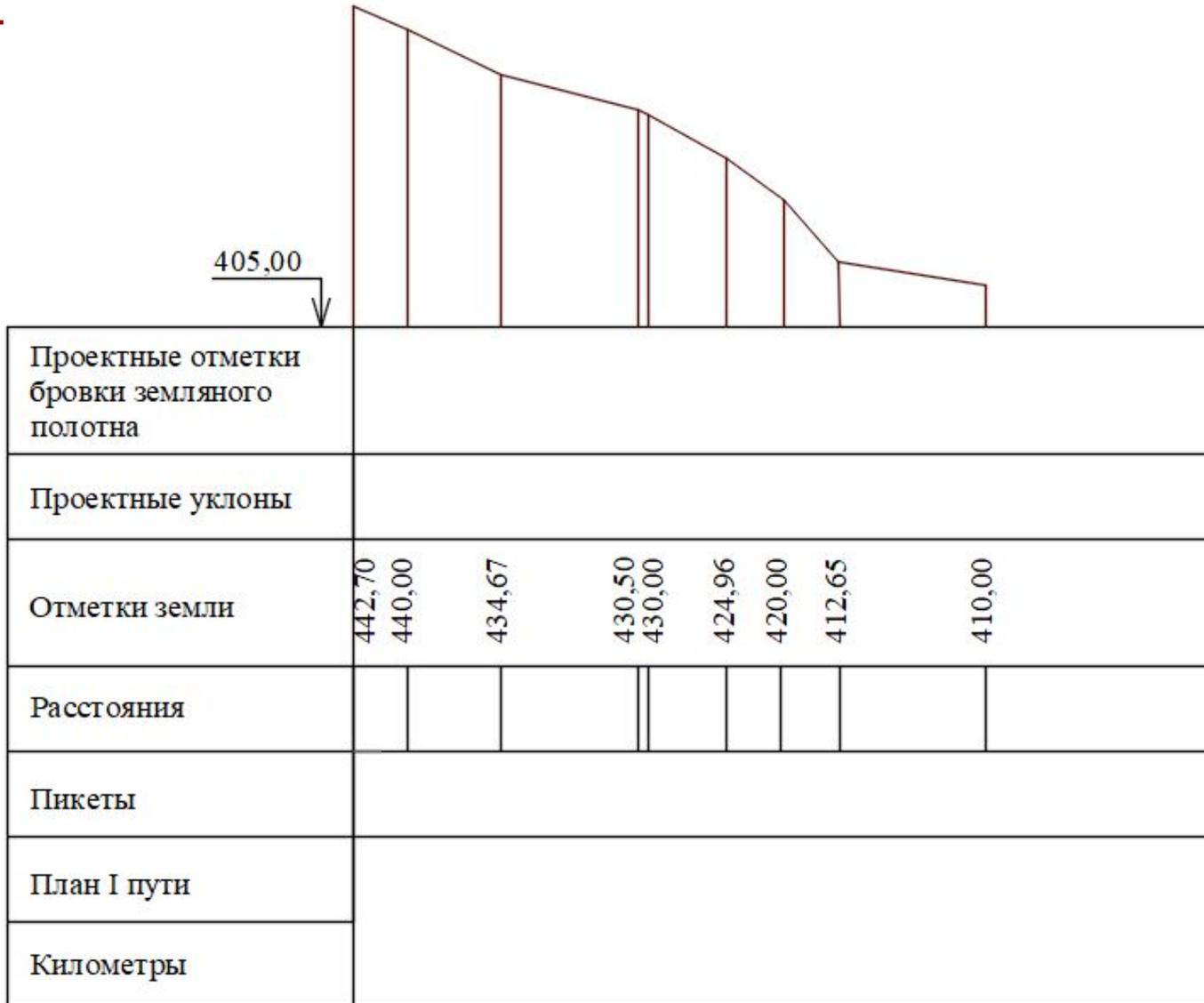
**Пример.** Отметка земли в точке А равна 442,70 м. От условного уровня откладывается расстояние  $\Delta h = 442,70 - 405,00 = 37,7$  м. В масштабе – 1885 м.



Проектные отметки бровки земляного полотна	
Проектные уклоны	
Отметки земли	442,70 440,00 434,67 430,50 430,00 424,96 420,00 412,65 410,00
Расстояния	
Пикеты	
План I пути	
Километры	

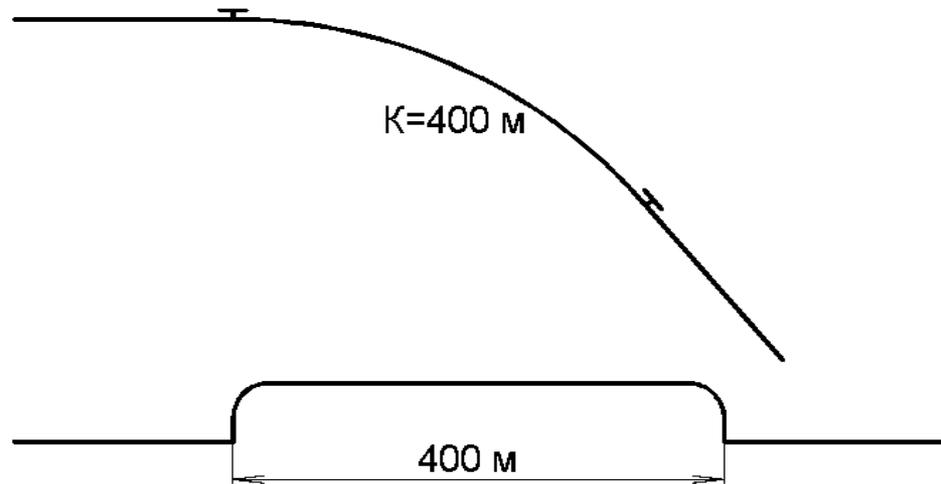
# Методика построения продольного профиля трассы

Полученные точки соединяются между собой, в результате чего получается **продольный профиль** **поверх**



# Методика построения продольного профиля трассы

В графе «План линии» вычерчивается план трассы (кривые показывают условно). Кривая в плане показывается выпуклостью «вверх», если она имеет поворот «вправо», и выпуклостью «вниз» – при повороте «влево».



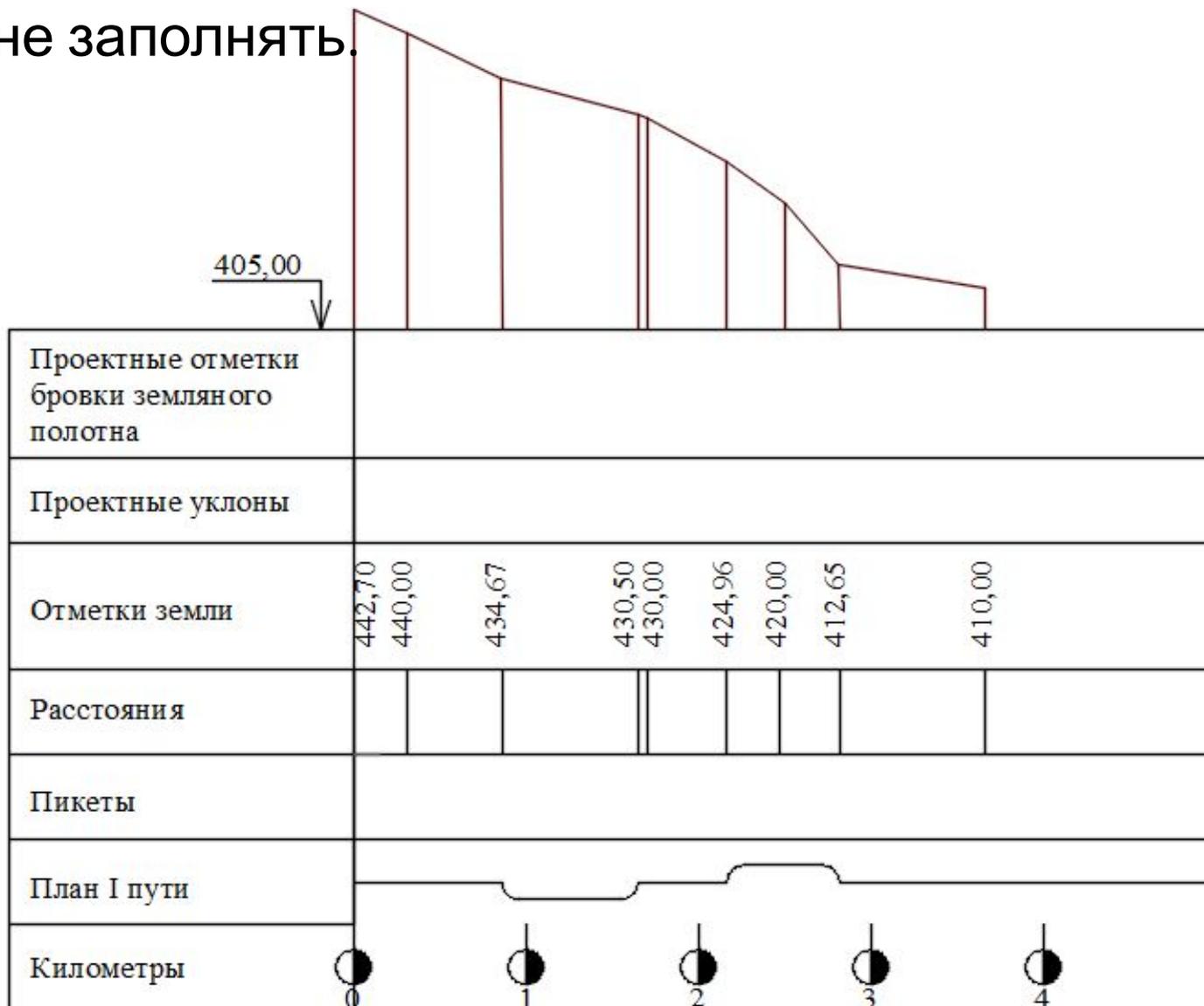
Внутри кривой подписываются следующие значения:

- ✓ угол поворота  $\alpha$ , °;
- ✓ радиус кривой  $R$ , м;
- ✓ тангенс кривой  $T$ , м;
- ✓ длина кривой  $K$ , м.

$$\alpha = 22,59^\circ, R = 2000 \text{ м}, \\ K = 788,70 \text{ м}, T = 399,46 \text{ м}$$

# Методика построения продольного профиля трассы

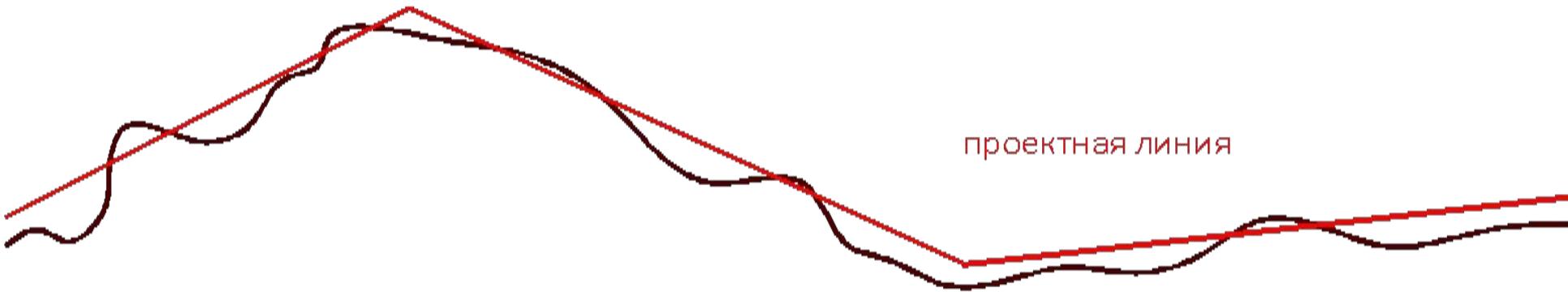
Далее заполняется графа «Километры». За «нулевой» километр принимается ось станции А. Графу «Пикеты» можно не заполнять.



# Методика построения продольного профиля трассы

Проектирование продольного профиля заключается в установлении положения **проектной линии** (на уровне бровки основной площадки земляного полотна) с определением проектных отметок.

Оптимальное положение проектной линии подбирают, стараясь обеспечить минимальные сбалансированные объемы земляных работ и минимальную сумму преодолеваемых высот.



# Методика построения продольного профиля трассы

Положение **проектной линии** начинают определять с точки А, проектная отметка в этой точке рассчитывается, исходя из сооружения земляного полотна в виде насыпи (минимальной высотой 0,7 м для однопутной линии над уровнем снежного покрова).

$$H_{\text{прА}} = H_{\text{зА}} + h_{\text{сн}} + h_{\text{н}},$$

$H_{\text{зА}}$  - отметка земли в точке А, м;

$h_{\text{сн}}$  - расчетная высота снежного покрова в районе проектирования, м;

$h_{\text{н}}$  - минимальная высота насыпи, рекомендуемая нормами (0,7 м – для однопутной линии в снегозаносимых районах).

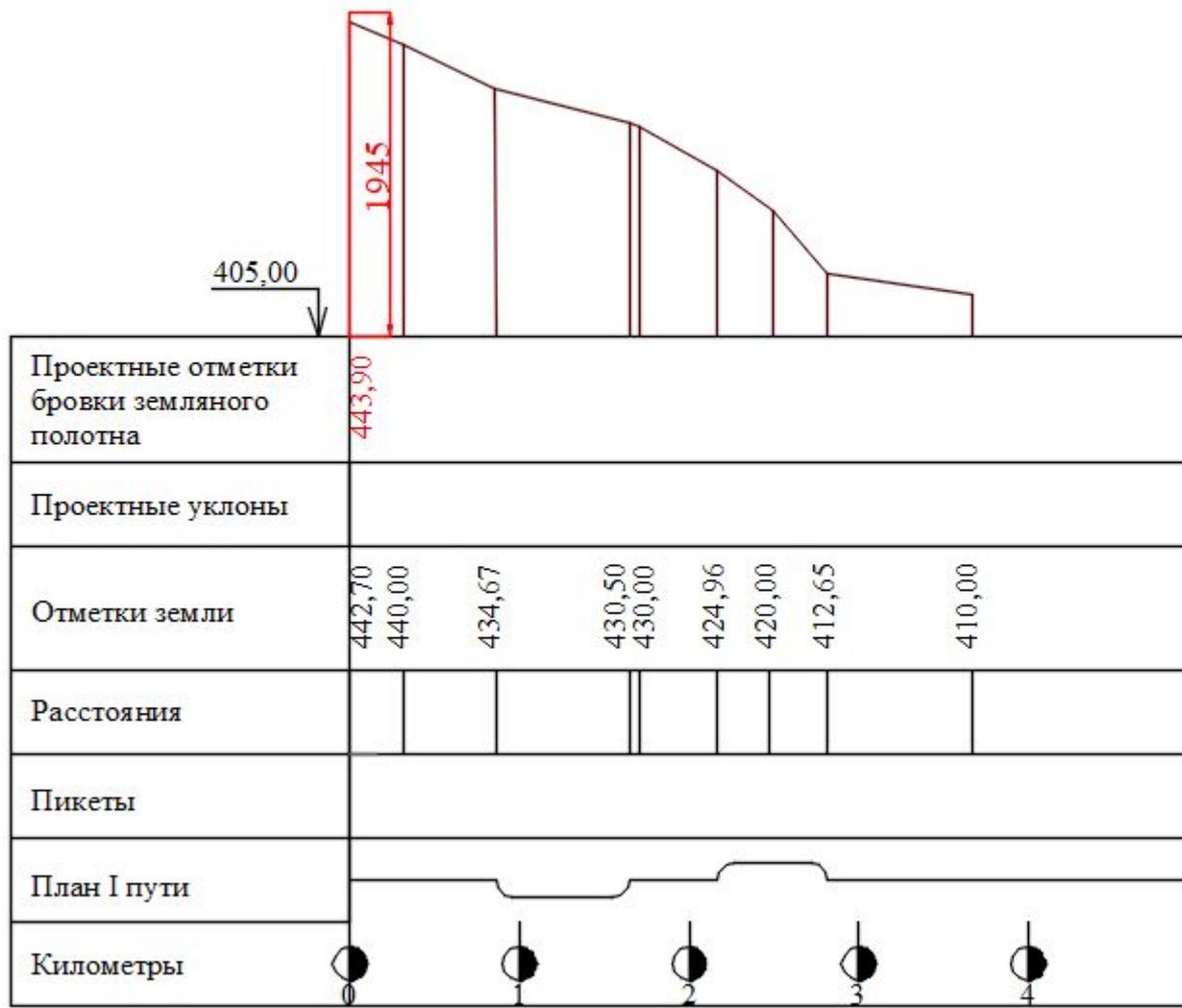
**Пример.** Проектная отметка в точке равна:

$$H_{\text{прА}} = 442,70 + 0,50 + 0,70 = 443,90 \text{ м.}$$

# Методика построения продольного профиля трассы

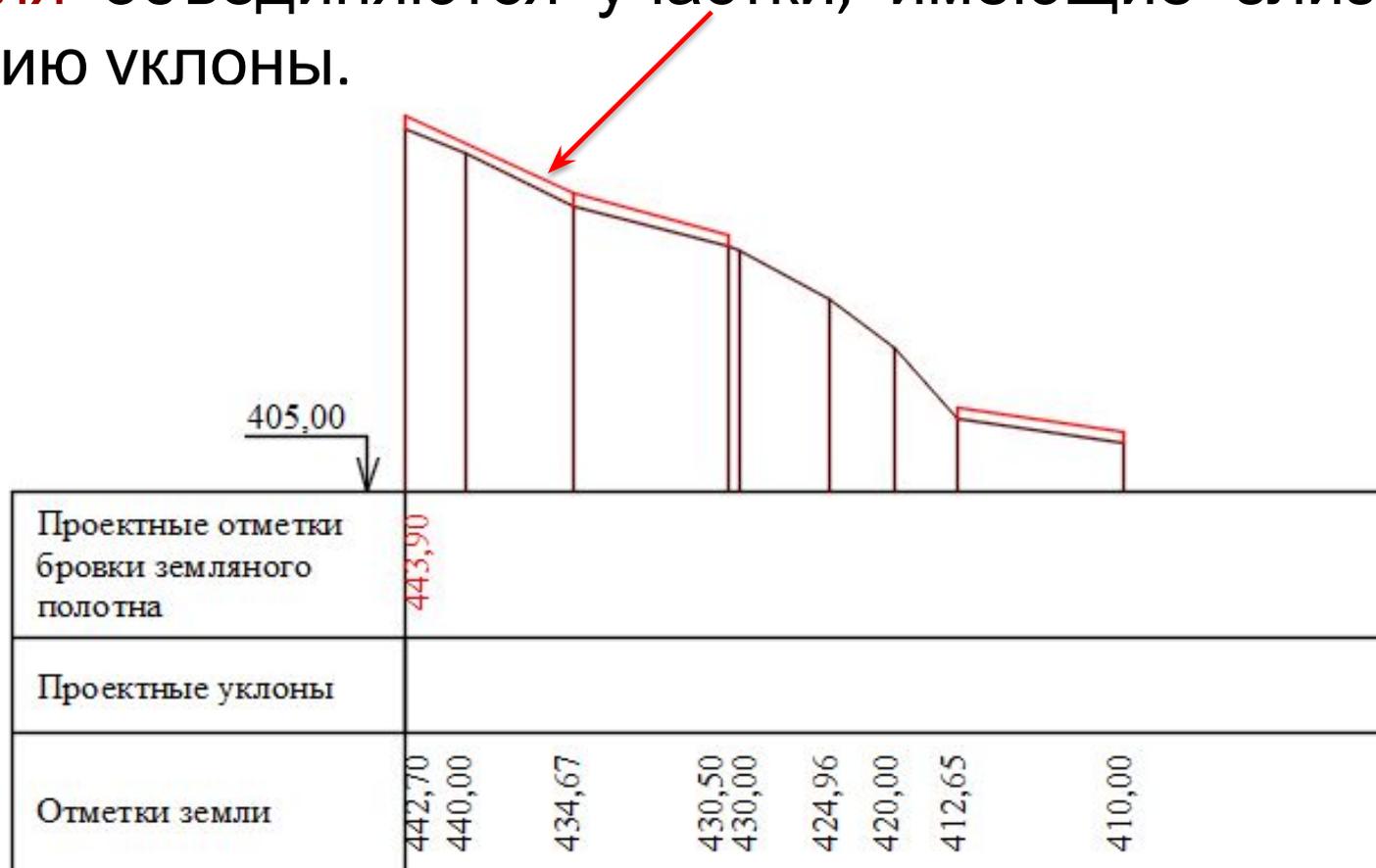
Превышение проектной отметки над условным уровнем составит:

$$\Delta h = 443,90 - 405,00 = 38,9 \text{ м. В масштабе} - 1945 \text{ м.}$$



# Методика построения продольного профиля трассы

Проектная линия имеет «обертывающее» положение для линии поверхности земли. При этом в **один элемент профиля** объединяются участки, имеющие близкие по значению уклоны.



Обычно этот способ построения проектной линии применяют на всех участках **вольного хода**.

# Методика построения продольного профиля трассы

На участках **вольного хода** особенно тщательно следует назначать длину элемента профиля и величину уклона, которая подбирается в зависимости от среднего уклона местности.

Длина элементов профиля должна быть возможно большей, но, как правило, не менее половины полезной длины приемо-отправочных путей (см. ПЗ 2).

Исключение составляют элементы переходной крутизны (наименьшие длины элементов переходной крутизны, в том числе разделительных площадок, приведены в таблице 3 СП 237.1326000.2015).

# Методика построения продольного профиля трассы

На участках **напряженного хода** положение проектной линии считается определенным – руководящий (или другой ограничивающий) уклон с учетом его смягчения при необходимости.

Ограничивающие уклоны смягчаются при их совпадении с кривыми в плане, а также в тоннелях и на подходах к ним. В этом случае определяют значение уклона трассирования:

$$i_{\text{тр}} = i_{\text{р}} - i_{\text{эк}},$$

где  $i_{\text{р}}$  - руководящий уклон, ‰;

$i_{\text{эк}}$  - эквивалентный уклон, ‰.

# Методика построения продольного профиля трассы

Величина эквивалентного уклона определяется по формулам:

- ✓ если длина кривой  $K$  больше или равна длине поезда  $l_{\Pi}$

$$i_{\text{ЭК}} = w_r = \frac{700}{R}; \quad (1)$$

- ✓ если длина кривой  $K$  меньше длины поезда  $l_{\Pi}$

$$i_{\text{ЭК}} = \frac{700}{R} \cdot \frac{K}{l_{\Pi}} = 12,2 \cdot \frac{\alpha}{l_{\Pi}}; \quad (2)$$

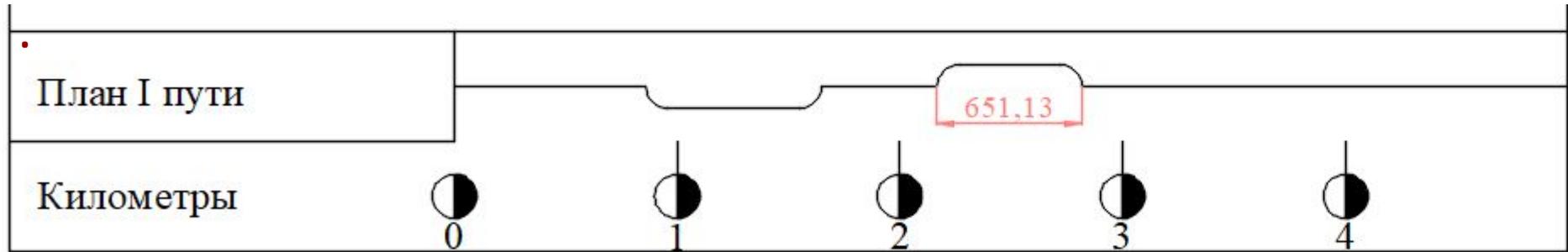
где  $w_r$  – дополнительное сопротивление от кривой, кгс/тс;

$R$  – радиус кривой, м;

$\alpha$  – угол поворота кривой, °.

# Методика построения продольного профиля трассы

## Пример



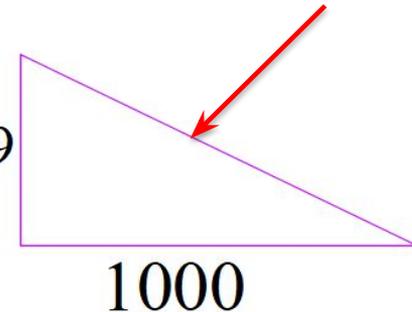
Величина эквивалентного уклона определяется по формуле 2, так как длина кривой  $K$  меньше длины поезда  $l_{\text{п}}$ :

$$i_{\text{ЭК}} = 12,2 \cdot \frac{\alpha}{l_{\text{п}}} = 12,2 \cdot \frac{19}{1050} = 0,22 \text{ ‰}.$$

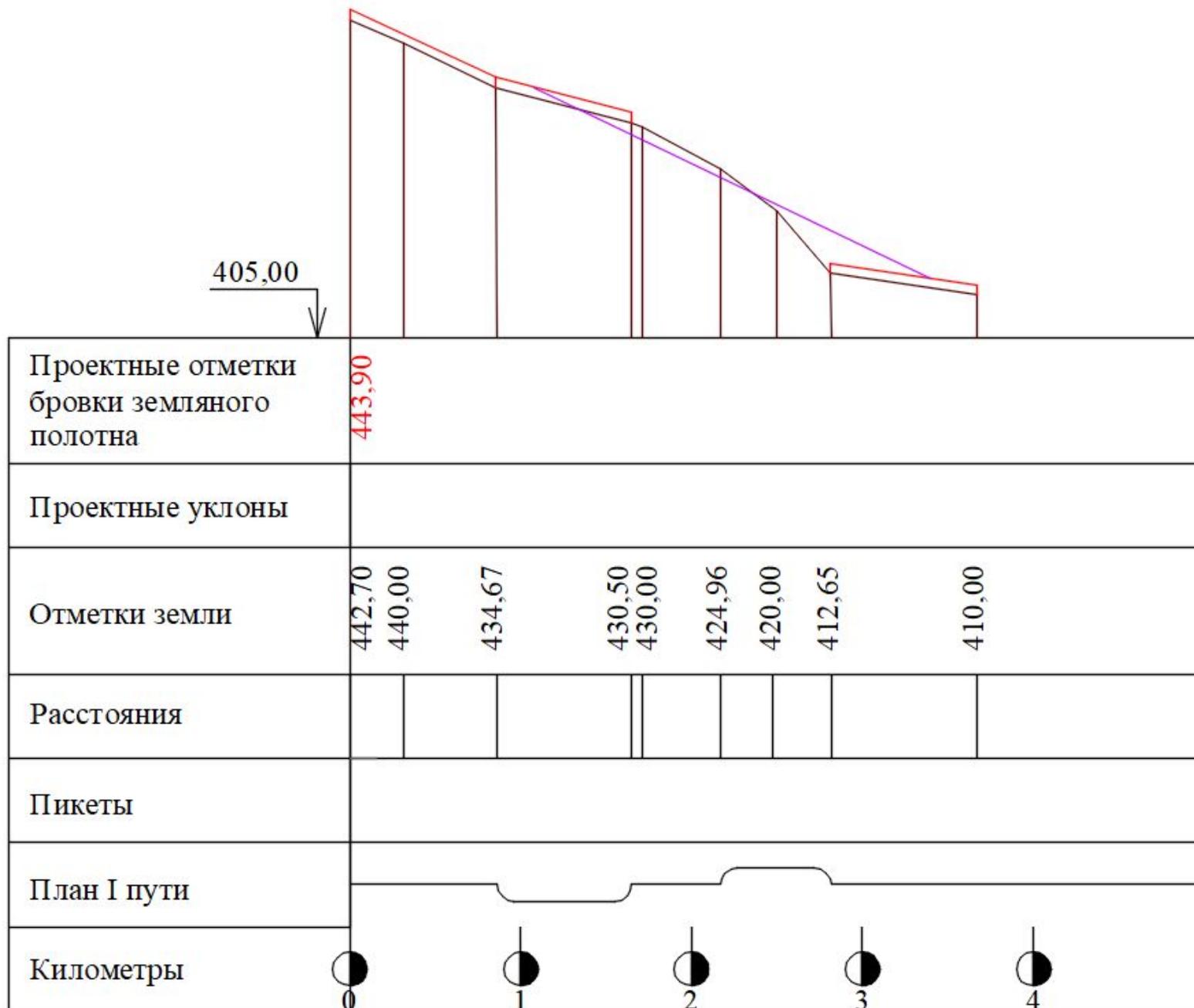
$$i_{\text{тр}} = 10 - 0,22 = 9,78 \text{ ‰}.$$

Линия, соответствующая уклону трассирования, вычерчивается отдельно, а затем переносится на соответствующий участок продольного профиля.

$$9,78 \cdot 50 = 489$$

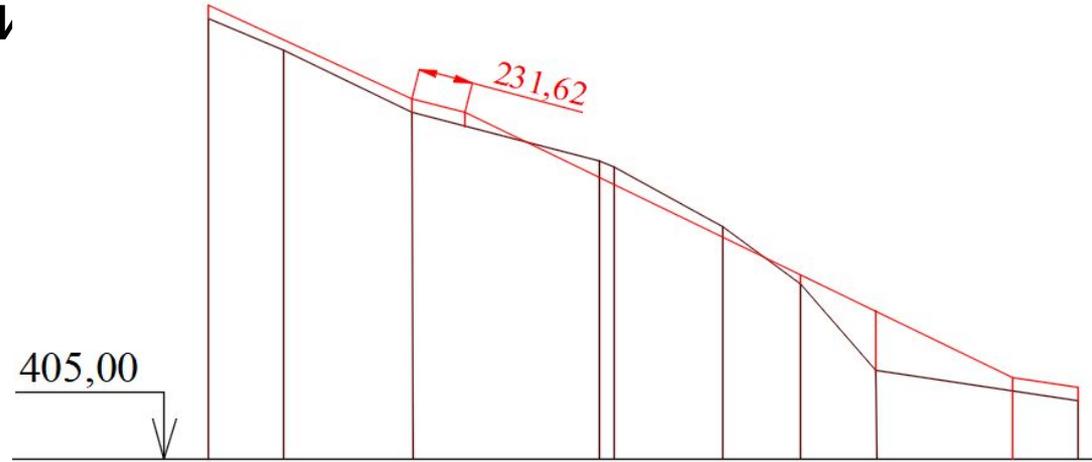


# Методика построения продольного профиля трассы

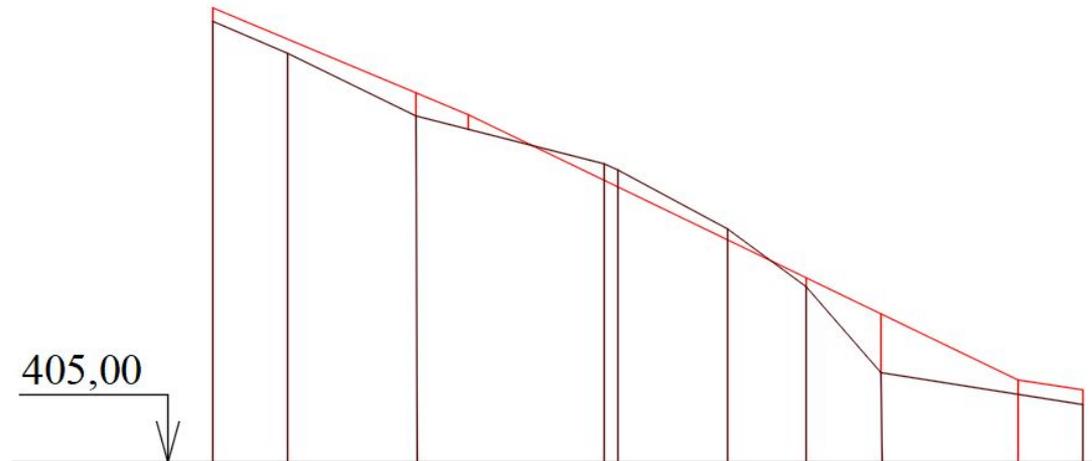


# Методика построения продольного профиля трассы

После сопряжения элементов продольного профиля участков напряженного и вольного ходов длина одного из элементов оказалась менее половины полезной длины приемо-отправочного пути



Поэтому было выполнено спрямление проектной линии.



# Методика построения продольного профиля трассы

К продольному профилю путей в пределах отдельных пунктов предъявляются особые требования. В нормальных условиях проектирования уклоны не должны превышать 0-1,5 ‰, в трудных условиях – 2,5 ‰. Предпочтительным видом конструкции земляного полотна является насыпь.

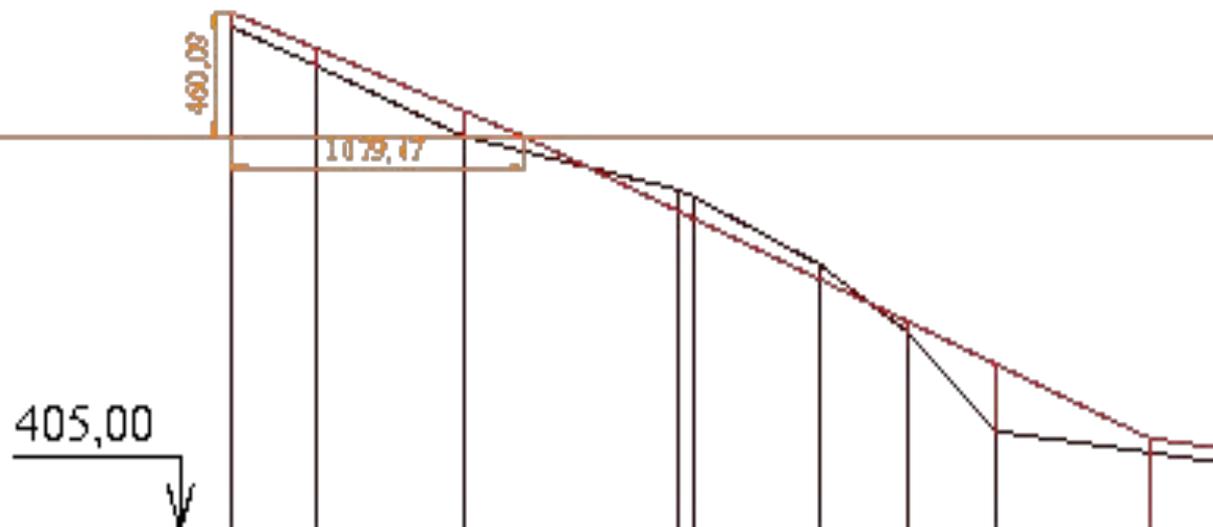


# Методика построения продольного профиля трассы

Далее заполняется графа «Проектные уклоны». Здесь приводятся длины и уклоны элементов проектной линии.

Уклон элемента приблизительно равен тангенсу угла наклона проектной линии к горизонту:

$$i = \frac{460,09}{1079,67} \cdot 1000 = 8,52 \text{ ‰}.$$



Проектные отметки  
бровки земляного  
полотна

443,90

Проектные уклоны

8,52

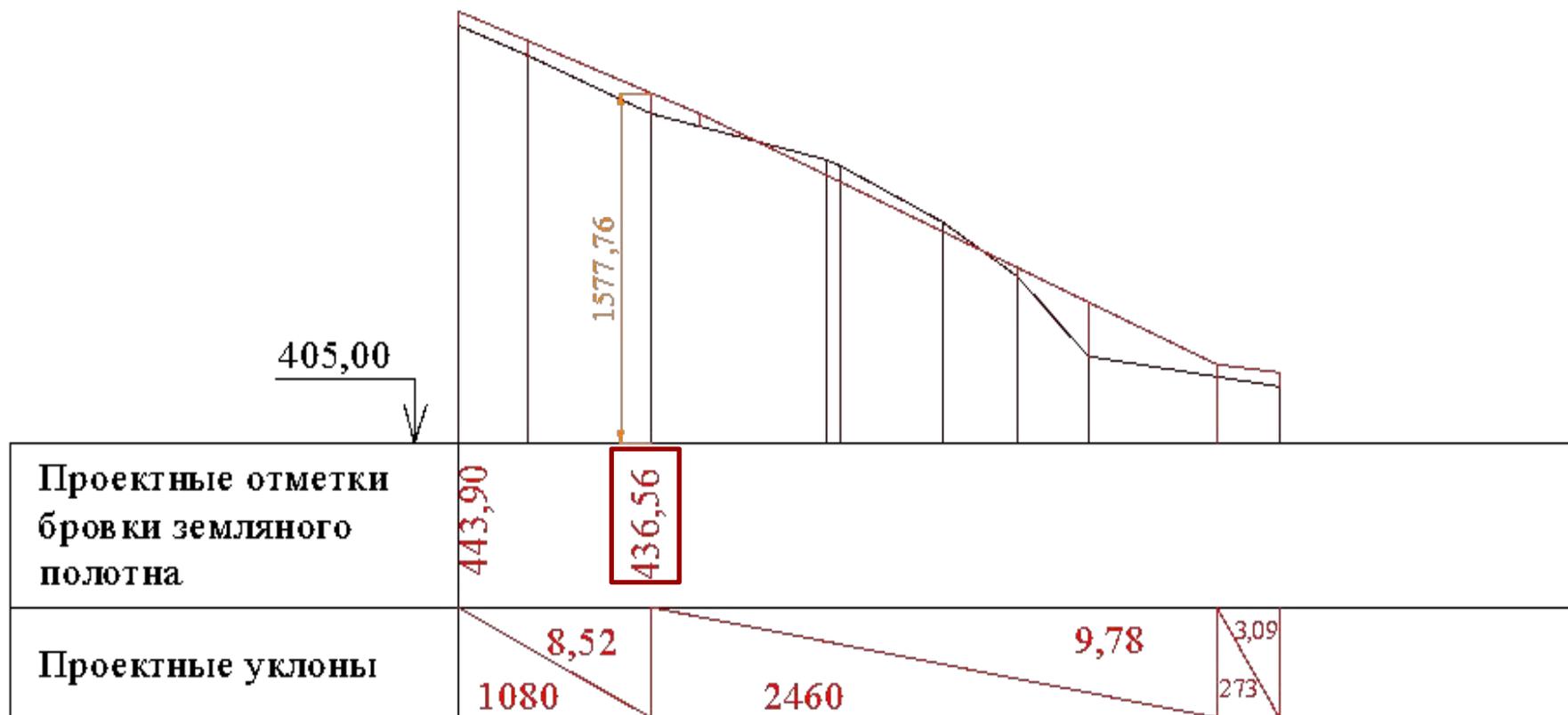
1080

# Методика построения продольного профиля трассы

Определяются проектные отметки бровки земляного полотна и вносятся в соответствующую графу. Отметки можно определять графическим способом, измеряя расстояние от условного уровня до проектной линии в характерных точках.

В точке перелома профиля отметка будет равна:

$$H_{\text{пр}} = \frac{1577,76}{50} + 405 = 436,56 \text{ м.}$$



# Методика построения продольного профиля трассы

Проектные отметки бровки земляного полотна можно рассчитывать аналитическим способом по формуле:

$$H_{\text{пр}}^2 = H_{\text{пр}}^1 + i \cdot l_{1-2} \cdot 10^{-3},$$

где  $H_{\text{пр}}^2$ ,  $H_{\text{пр}}^1$  - проектные отметки бровки земляного полотна в расчетной и соседней с ней точках соответственно, м;

$i$  - уклон элемента продольного профиля, ‰;

$l_{1-2}$  - расстояние между точками 1 и 2, м.

В точке 2 проектная отметка будет равна:

$$H_{\text{пр}}^2 = 443,90 + 8,52 \cdot 314,7 \cdot 10^{-3} = 441,22 \text{ м.}$$

