

**УДК 622.68**

Ерофеева Наталья Валерьевна, доцент, к.т.н.

(КузГТУ, г. Кемерово)

Natalya V. Erofeeva, associate professor, candidate of engineering sciences

(KuzSTU, Kemerovo)

**КРАТКАЯ МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ПРОДОЛЬНОГО  
ПРОФИЛЯ ТРАССЫ КАРЬЕРНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ****A BRIEF METHODOLOGY FOR CONSTRUCTING A  
LONGITUDINAL PROFILE OF A QUARRY HIGHWAY ROUTE**

Тяговый расчет карьерного автомобильного транспорта невозможен без определения действующего на заданном маршруте значений сопротивления движению на наклонных, криволинейных участках дороги.

Представлена методика построения продольного профиля трассы карьерной автомобильной дороги. Одним из параметров, определяющих сопротивление движению, является уклон. Для его определения необходимо построить продольный профиль трассы автомобильной дороги. Сопротивление от кривизны дороги учитывают дополнительным подъемом. Профиль трассы строят для движения в прямом и обратном направлениях, то есть для движения автотранспорта в грузовом и порожняковом направлениях.

Traction calculation of a quarry motor transport cannot be performed without determining the values of resistance to movement on inclined, curved sections of the road operating on a given route.

The method of constructing the longitudinal profile of the highway route is presented in the work. The slope is one of the parameters that determine the resistance to movement. The longitudinal profile of the quarry highway route must be constructed to determine the slope. The resistance from the curvature of the road is taken into account by an additional lift. The profile of the route is built for traffic in the forward and reverse directions, that is, for the movement of vehicles in the cargo and empty directions.

К исходным данным для построения расчетного продольного профиля карьерной автомобильной дороги является план трассы, взятый из плана горных работ в масштабе с нанесенными высотными отметками, характеристика дорожного покрытия (рис. 1).

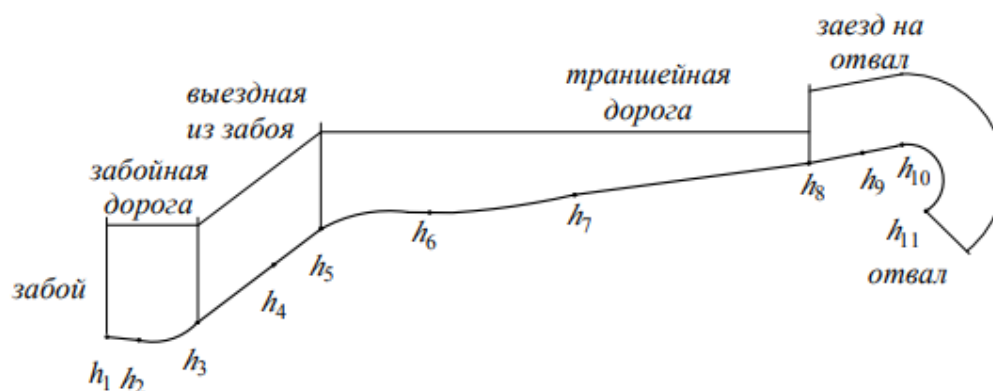


Рис. 1. План трассы

Трассу разбивают на участки, которые имеют высотные отметки. Производят нумерацию участков трассы (рис. 2).

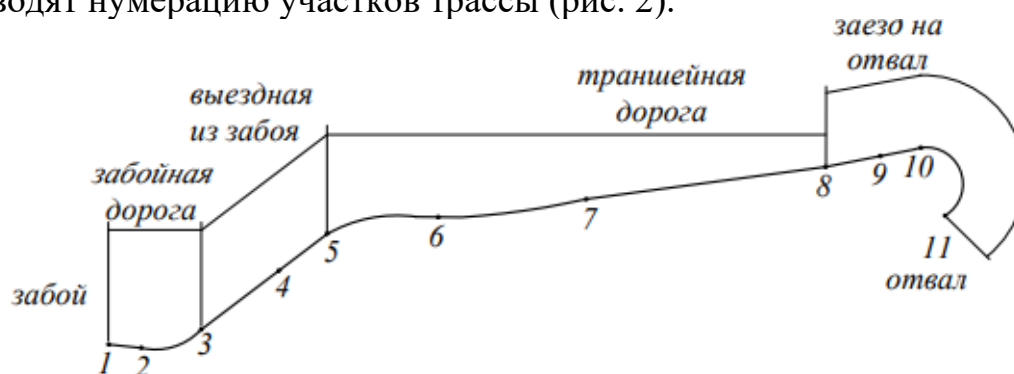


Рис. 2. Нумерация участков трассы

Определяют длины участков трассы между отметками (рис. 3).

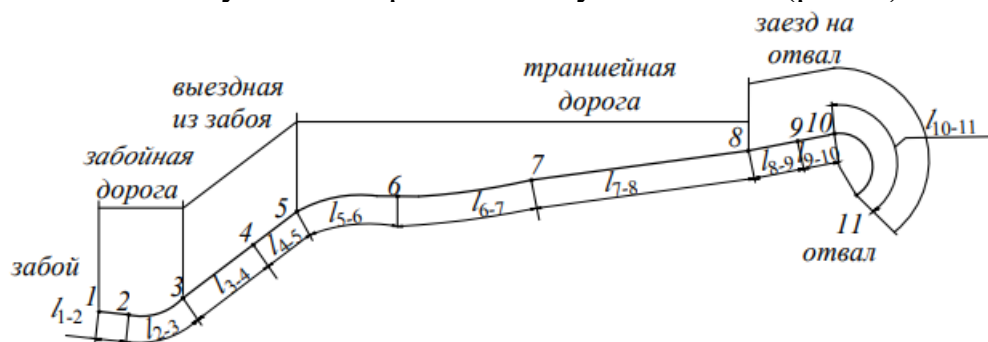


Рис. 3. Длина участков трассы между высотными отметками

Производят построение исходного продольного профиля трассы. Для этого рассчитывают уклоны на каждом участке (тыс. доли)

$$i = \frac{h_k - h_n}{l_i}, \quad (1)$$

где  $h_n$ ,  $h_k$  – высота отметки начала и конца участка, м;  $l_i$  – длина участка, м.

Результаты расчета заносят в таблицу 1.

Таблица 1

Элементы продольного профиля	Участок дороги	Высота отметки для элемента профиля		Разница высотных отметок	Длина элемента профиля	Уклон элемента продольного профиля	
		начала	конца				
		$h_n$ , м	$h_k$ , м			$i_i$ , (тыс. доли)	$i_i$ , ‰
1–2	забойная	$h_1$	$h_2$	$\Delta h_{1-2}$	$l_{1-2}$	$i_{1-2}$	$i_{1-2}$
2–3		$h_2$	$h_3$	$\Delta h_{2-3}$	$l_{2-3}$	$i_{2-3}$	$i_{2-3}$
3–4	выездная	$h_3$	$h_4$	$\Delta h_{3-4}$	$l_{3-4}$	$i_{3-4}$	$i_{3-4}$
4–5		$h_4$	$h_5$	$\Delta h_{4-5}$	$l_{4-5}$	$i_{4-5}$	$i_{4-5}$
5–6	траншейная	$h_5$	$h_6$	$\Delta h_{5-6}$	$l_{5-6}$	$i_{5-6}$	$i_{5-6}$
6–7		$h_6$	$h_7$	$\Delta h_{6-7}$	$l_{6-7}$	$i_{6-7}$	$i_{6-7}$
7–8	отвальная	$h_7$	$h_8$	$-\Delta h_{7-8}$	$l_{7-8}$	$-i_{7-8}$	$-i_{7-8}$
8–9		$h_8$	$h_9$	$\Delta h_{8-9}$	$l_{8-9}$	$i_{8-9}$	$i_{8-9}$
9–10		$h_9$	$h_{10}$	$\Delta h_{9-10}$	$l_{9-10}$	$i_{9-10}$	$i_{9-10}$
10–11		$h_{10}$	$h_{11}$	$\Delta h_{10-11}$	$l_{10-11}$	$i_{10-11}$	$i_{10-11}$

Знаки «+» и «-» перед значением уклона указывают соответственно подъем или спуск.

Производят расчет средних (средневзвешенных) уклонов. Для упрощения расчетов заменяют несколько рядом расположенных элементов профиля с однотипным покрытием дороги средним уклоном (‰) (здесь  $h_n$ ,  $h_k$  – начальная и конечная высота отметки спрямляемого участка) [1]

$$i_c = \frac{h_k - h_n}{\sum l_i} \cdot 1000, \quad (2)$$

или средневзвешенным уклоном (‰) (здесь  $i_i$ ,  $l_i$  – уклон (‰) и длина (м) каждого из элементов средневзвешенного уклона)

$$i_{cb} = \frac{\sum i_i l_i}{\sum l_i} \cdot 1000, \quad (2)$$

Для карьеров пути спрямляют по следующим участкам: забойные, выездные, траншейные, отвальные и др. дороги. С целью уменьшения погрешности расчетов при допущении движения самосвала с одной скоростью по элементам различной крутизны допускается спрямлять элементы только одного знака и близкие по крутизне. Погрешность увеличивается с увеличением разницы в крутизне и длины элементов спрямляемого участка. Условие допустимости спрямления проверяется для каждого элемента на спрямленном участке по аналогии с железнодорожным путем согласно формуле (м)

$$l_i \leq \frac{2000}{\Delta i}, \quad (2)$$

где  $l_i$  – длина любого элемента на спрямляемом участке, м;  $\Delta i$  – абсолютная разность между средневзвешенным уклоном и уклоном проверяемого участка, ‰.

Кривые участки пути, встречающиеся при спрямлении, заменяются дополнительным подъемом на длине спрямляемого участка исходя из равенства работы сил сопротивления на кривой и дополнительным подъемом [1]:

$$w_{кр} l_{кр} = i_{кр} \sum l_i, \quad (2)$$

где  $l_{кр}$  – длина кривой, м;  $\sum l_i$  – длина спрямляемого участка, м.

Отсюда эквивалентный подъему уклон (‰)

$$i_{кр} = w_{кр} \frac{l_{кр}}{\sum l_i}. \quad (2)$$

Сопротивление (Н/кН или ‰) от кривизны до значения радиуса кривой  $R = 50 \div 70$  м определяют как [2]

$$w_{кр} = 300 \frac{200 - R}{200} \frac{R}{P}, \quad (2)$$

где  $P$  – полный вес самосвала, кН.

При бóльшем радиусе кривой сопротивления считают как

$$w_{кр} = (0,05 \div 0,08) w_j, \quad (2)$$

где  $w_j$  – динамическое сопротивление при трогании с места и изменении скорости, Н/кН или ‰.

При наличии нескольких кривых на спрямляемом участке высчитывают суммарный эквивалентный подъему уклон (‰) [1]

$$i_{крс} = \frac{\sum w_{кр_i} l_{кр_i}}{\sum l_i}. \quad (2)$$

Определяют приведенный средневзвешенный уклон (‰) как сумму средневзвешенного уклона при подъеме или спуске (с учетом знаков) и дополнительного подъема (знак перед дополнительным подъемом всегда положительный)

$$i_{св пр} = i_{св} + i_{крс}. \quad (2)$$

В случае присутствия на рассматриваемом участке подъемов с большим уклоном уточняют их реальную длину

$$l_{pi} = \sqrt{(h_k - h_n)^2 + l_i^2} . \quad (2)$$

Результаты расчетов заносят в таблицу 2, 3

Таблица 2

Элементы продольного профиля	Участок дороги	Высота отметки для элемента профиля		Разница высотных отметок	Длина элемента профиля	Уточненная длина элемента профиля	Уклон элементов продольного профиля	Средневзвешенный уклон	Абсолютная раз-ница между сред-ним невзвешенным уклоном и уклоном участка	Условие допустимости спрямления
		нача-ла	кон-ца							
		$h_n$ , м	$h_k$ , м		$l_i$ , м	$l_{pi}$ , м	$i_i$ , ‰	$i_{св}$ , ‰	$\Delta i$ , ‰	$2000/\Delta i$
1–2	з	$h_1$	$h_2$	$\Delta h$ , м	$l_{1-2}$	$l_{p1-2}$	$i_{1-2}$	$i_{св1-3}$	$\Delta i_{1-2}$	$2000/\Delta i_{1-2}$
2–3		$h_2$	$h_3$	$\Delta h_{1-2}$	$l_{2-3}$	$l_{p2-3}$	$i_{2-3}$		$\Delta i_{2-3}$	$2000/\Delta i_{2-3}$
3–4	в	$h_3$	$h_4$	$\Delta h_{2-3}$	$l_{3-4}$	$l_{p3-4}$	$i_{3-4}$	$i_{св3-5}$	$\Delta i_{3-4}$	$2000/\Delta i_{3-4}$
4–5		$h_4$	$h_5$	$\Delta h_{3-4}$	$l_{4-5}$	$l_{p4-5}$	$i_{4-5}$		$\Delta i_{4-5}$	$2000/\Delta i_{4-5}$
5–6	т	$h_5$	$h_6$	$\Delta h_{4-5}$	$l_{5-6}$	$l_{p5-6}$	$i_{5-6}$	$i_{св5-7}$	$\Delta i_{5-6}$	$2000/\Delta i_{5-6}$
6–7		$h_6$	$h_7$	$\Delta h_{5-6}$	$l_{6-7}$	$l_{p6-7}$	$i_{6-7}$		$\Delta i_{6-7}$	$2000/\Delta i_{6-7}$
7–8		$h_7$	$h_8$	$\Delta h_{6-7}$	$l_{7-8}$	$l_{p7-8}$	$-i_{7-8}$	—	—	—
8–9	о	$h_8$	$h_9$	$-\Delta h_{7-8}$	$l_{8-9}$	$l_{p8-9}$	$i_{8-9}$	$i_{св8-10}$	$\Delta i_{8-8}$	$2000/\Delta i_{8-8}$
9–10		$h_9$	$h_{10}$	$\Delta h_{8-9}$	$l_{9-10}$	$l_{p9-10}$	$i_{9-10}$		$\Delta i_{9-9}$	$2000/\Delta i_{9-10}$
10–11		$h_{10}$	$h_{11}$	$\Delta h_{9-10}$	$l_{10-11}$	$l_{p10-11}$	$i_{10-11}$		$\Delta i_{10-10}$	$2000/\Delta i_{10}$

Таблица 3

Элементы продольного профиля	Участок дороги	Радиус кривой	Сопротивление от кривизны	Длина кривой	Длина элемента профиля	Эквивалентный подъемный уклон	Суммарный эквивалентный подъемный уклон	Средневзвешенный уклон	Приведенный средневзвешенный уклон
		$R_i$ , м	$w_{кр i}$ , ‰	$l_{кр i}$ , м	$l_i$ , м	$i_{кр i}$ , ‰	$i_{кр ci}$ , ‰	$i_{св}$ , ‰	$i_{св пр i}$ , ‰
1–2	з	—	—	—	$l_{1-2}$	$i_{кр 2}$	—	$i_{св1-3}$	$i_{св пр1-3}$
2–3		$R_2$	$w_{кр 2}$	$l_{кр 2}$	$l_{2-3}$		—		
3–4	в	—	—	—	$l_{3-4}$	—	—	$i_{св3-5}$	—
4–5		—	—	—	$l_{4-5}$	—	—		
5–6	т	$R_5$	$w_{кр 5}$	$l_{кр 5}$	$l_{5-6}$	$i_{кр 5}$	$i_{кр c5-6}$	$i_{св5-7}$	$i_{св пр5-7}$
6–7		$R_6$	$w_{кр 6}$	$l_{кр 6}$	$l_{6-7}$	$i_{кр 6}$			
7–8		—	—	—	$l_{7-8}$	—			
8–9	о	—	—	—	$l_{8-9}$	—	—	$i_{св8-10}$	$i_{св пр8-10}$
9–10		—	—	—	$l_{9-10}$	—			
10–11		$R_{11}$	$w_{кр 11}$	$l_{кр 11}$	$l_{10-11}$	$i_{кр 7}$			

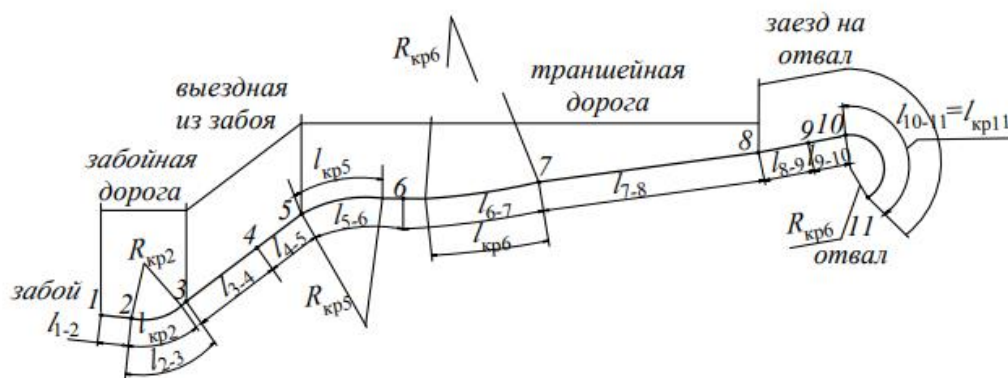


Рис. 4. Определение криволинейных участков трассы

Производится построение расчетного продольного профиля трассы ломанными прямыми в масштабе горизонтальном 1:10000 (1:10000; 1:5000) и вертикальном 1:200 (1:1000; 1:500) в прямом и обратном направлениях (рис. 5).

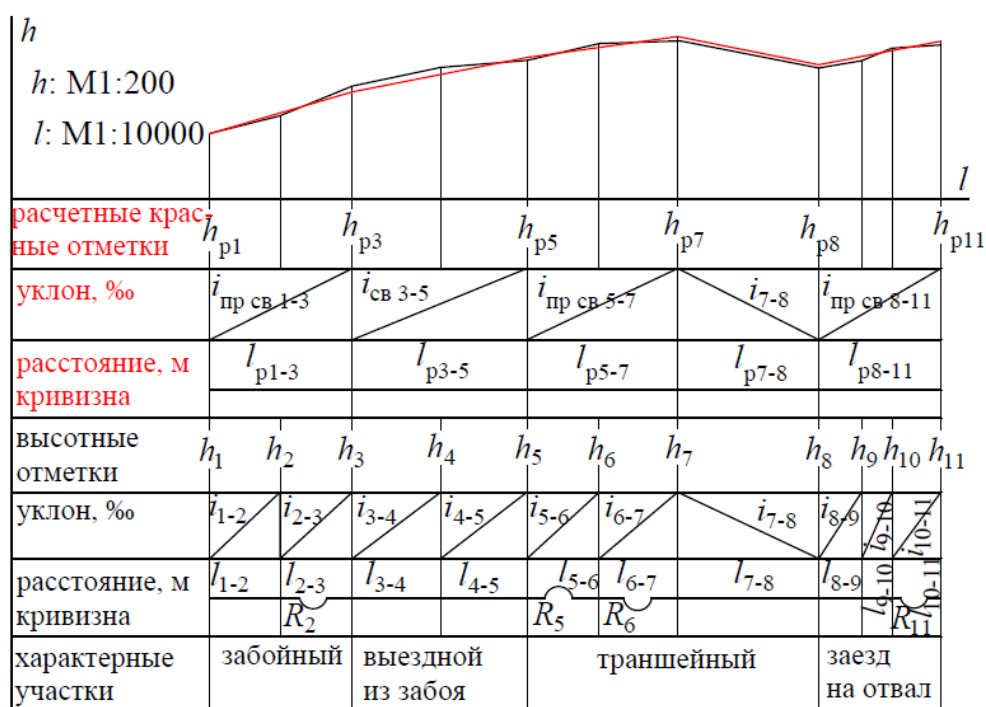


Рис. 5. Продольный профиль карьерной автомобильной дороги в ломаных линиях

Таким образом, используя расчетный продольный профиль карьерной автомобильной дороги можно значительно сократить объем вычислений сопротивлений движению автосамосвала для каждого участка.

---

### Список литературы

1. . Транспорт на горных предприятиях. Под общей ред. Б. А. Кузнецова. Изд. 2-е, перераб и доп. Москва : Недра, 1976. –552 с
2. Спиваковский, А.О. Транспортные машины и комплексы открытых горных разработок : учебник для вузов / А.О. Спиваковский, М. Г. Потапов. Москва : Недра, 1983. – 383 с.