

5.2 ОБЪЕМЫ РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Для составления проекта организации работ, выбора типов дорожных машин и оценки стоимости строительства должны быть определены объемы земляных работ. На рис. 5.2.1 показана геометрическая модель участка дороги между поперечными сечениями $i-1$ и i . Участок моделируется призматомидом с трапецевидными основаниями. Так как рабочие отметки в сечениях дороги, как правило, отличаются по значению, то в классическую формулу для определения объема правильной призмы добавляется поправка, называемая *поправкой на разность отметок*.

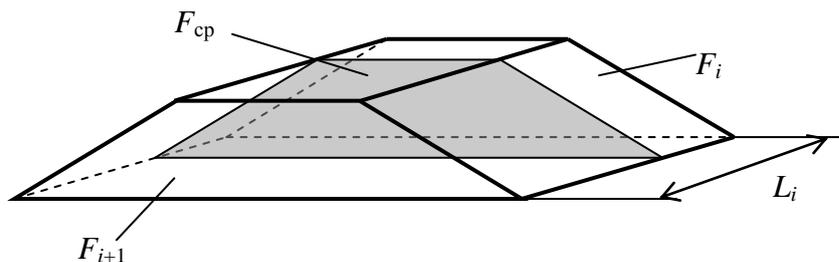


Рисунок 5.2.1 – Схема к определению объемов земляных работ

Объем призматоида может быть вычислен по одной из нижеприведенных формул: по формуле Мурзо

$$V_{\text{проф}} = \left(F_{\text{cp}} + \frac{m_i \cdot (h_i - h_{i+1})^2}{12} \right) \cdot L_i, \quad (5.2.1)$$

или по формуле Винклера

$$V_{\text{проф}} = \left(\frac{F_i + F_{i+1}}{2} - \frac{m_i \cdot (h_i - h_{i+1})^2}{6} \right) \cdot L_i, \quad (5.2.2)$$

где F_i , F_{i+1} , F_{cp} – площади поперечных сечений в начале, конце и середине участка; L_i – расстояние между сечениями земляного полотна i и $i+1$; h_i , h_{i+1} – рабочие отметки в i и $i+1$ сечениях, соответственно, m_i – заложение откоса насыпи в i -м сечении.

Объемы земляных работ, вычисленные по формулам (5.2.1) или (5.2.2), называют *профильными*. В них слагаемые $\frac{m_i \cdot (h_i - h_{i+1})^2}{12}$ и $\frac{m_i \cdot (h_i - h_{i+1})^2}{6}$ являются поправками на разность рабочих отметок. В курсовом проекте расчеты ведутся по формуле Винклера (5.2.2).

Поперечное сечение насыпи высотой до 6 м представляет собой трапецию, площадь которой определяется по формуле (5.2.3)

$$F_i = (b + m_i \cdot h_i) \cdot h_i, \quad (5.2.3)$$

где b – ширина земляного полотна. Расчетная схема приведена на рис. 5.2.2.

Поперечный профиль насыпи высотой более 6 м моделируется более сложной фигурой, состоящей из двух трапеций. Верхняя трапеция имеет высоту 6 м, нижняя – $h_i - 6$ м. На рис. 5.2.3 представлена наиболее общая схема поперечного профиля высокой насыпи, учитывающая устройство берм шириной b_6 и устройство откоса переменной крутизны ($n_i \geq m_i$).

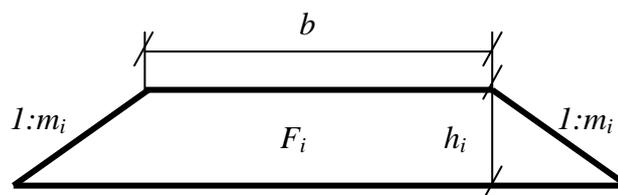


Рисунок 5.2.2 – Элементы поперечного сечения насыпи

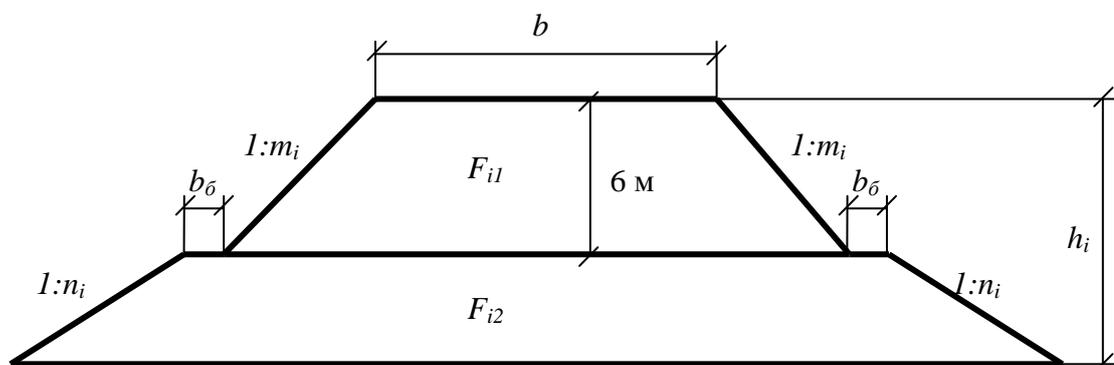


Рисунок 5.2.3 – Элементы поперечного сечения насыпи высотой более 6 м

Площадь этой фигуры вычисляется по формуле

$$F_i = F_{i1} + F_{i2} = [(b + 6 \cdot m_i) \cdot 6] + [(b + 2 \cdot m_i \cdot 6 + 2 \cdot b_\delta + n_i \cdot (h_i - 6)) \cdot (h_i - 6)]. \quad (5.2.4)$$

В площади поперечного сечения выемки необходимо учитывать площади кюветов, т.к. кюветы разрабатываются сразу в выемке (рис. 5.2.4). У насыпей объемы земляных работ в кюветах не учитываются, потому что кюветы нарезаются уже после возведения насыпи. Площадь поперечного сечения выемки вычисляется по формуле

$$F_i = (b + 2b_{\text{к,верх},i} + m_i \cdot h_i) \cdot h_i + 2F_{\text{к},i}, \quad (5.2.5)$$

где b – ширина земляного полотна, $b_{\text{к,верх},i}$ – ширина канавы поверху, $F_{\text{к},i}$ – площадь канавы.

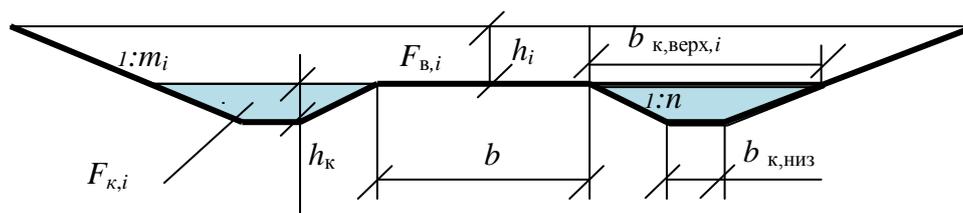


Рисунок 5.2.4 – Элементы поперечного сечения выемки

Ширина канавы поверху вычисляется по формуле

$$b_{\text{к,верх},i} = b_{\text{к,низ}} + (m_i + n) \cdot h_{\text{к}}, \quad (5.2.6)$$

где $b_{\text{к,низ}}$ – ширина канавы понизу, n – заложение внутреннего откоса выемки.

Площадь канавы, вычисляется по формуле

$$F_{\text{к},i} = \frac{b_{\text{к,низ}} + b_{\text{к,верх},i}}{2} \cdot h_{\text{к}}. \quad (5.2.7)$$

В том случае, когда выемка проектируется с закуветными полками (рис. 5.2.5), площадь сечения определяется по формуле

$$F_i = (b + 2b_{\text{к,верх},i} + 2b_{\text{п}} + m_i \cdot h_i) \cdot h_i + 2F_{\text{к},i}, \quad (5.2.8)$$

где $b_{\text{п}}$ – ширина закуветной полки.

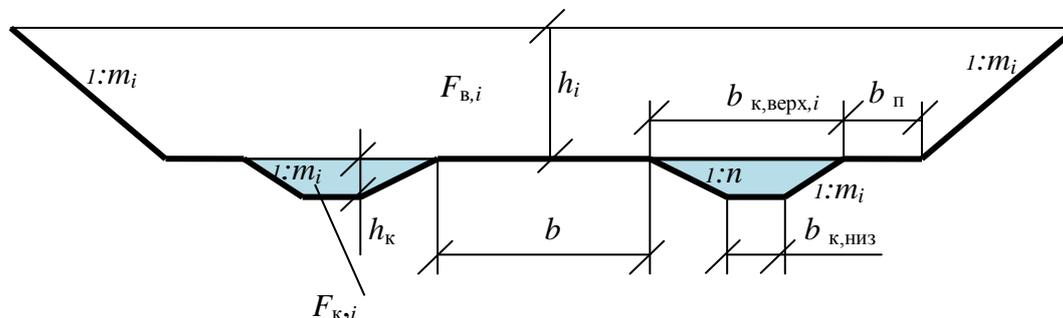


Рисунок 5.2.5 – Элементы поперечного сечения выемки с закуветными полками

Далее устанавливают поправки, которые увеличивают или уменьшают объемы земляных работ. Поправки вводят на следующие мероприятия:

- разность ширины земляного полотна (например, на участках устройства дополнительной полосы движения автотранспорта на подъеме);
- дополнительные объемы по отсыпке конусов у искусственных сооружений;
- устройство дорожной одежды;
- снятие растительного слоя грунта;
- искусственное уплотнение грунта в насыпях;
- косогорность (при поперечном уклоне более 100 ‰).

Поправку на устройство дорожной одежды (корытного типа) вычисляют по зависимости

$$\pm \Delta V_{\text{до}} = b_{\text{до}} \cdot h_{\text{до}} \cdot L_i, \quad (5.2.9)$$

где $b_{\text{до}}$ – ширина дорожной одежды, $h_{\text{до}}$ – толщина дорожной одежды.

Поправку вводят с отрицательным знаком при подсчете объемов насыпи, с положительным знаком – для выемки.

Поправку на снятие растительного грунта вычисляют следующим образом.

Для насыпи поправку находят по формуле

$$\Delta V_{\text{раст}} = (b + (m_i h_i + m_{i+1} h_{i+1})) \cdot h_p \cdot L_i. \quad (5.2.10)$$

Для выемки - по формуле

$$-\Delta V_{\text{раст}} = (b + b_{\text{к,верх},j} + b_{\text{к,верх},j+1} + m_i h_i + m_{i+1} h_{i+1}) \cdot h_p \cdot L_i. \quad (5.2.11)$$

В формулах (5.2.10) и (5.2.11) параметр h_p – толщина растительного слоя. Снятый растительный грунт складывают в отвалы в пределах полосы отвода для последующего укрепления откосов земляного полотна и боковых резервов.

Поправка на искусственное уплотнение грунта. В любом грунте есть поры - микроскопические пустоты заполненные воздухом или влагой, при выработке грунта таких пор становится слишком много, он становится рыхлым, плотность грунта в насыпи гораздо меньше плотности утрамбованного грунта. Следовательно, при возведении насыпи грунт искусственно

уплотняют, иначе со временем грунт под собственным весом и весом автотранспорта будет оседать. Отношение плотности грунта к его максимальной плотности называется *коэффициентом уплотнения*. Коэффициент уплотнения грунта k_y показывает, насколько хорошо уплотнён грунт, и может принимать значения от 0 до 1. Коэффициент уплотнения задается в задании на проектирование. Чтобы оценить требуемый объем грунта насыпи, профильный объем насыпи, с учетом поправок на устройство дорожных одежд и снятие растительного слоя, необходимо разделить на коэффициент уплотнения.

С учетом поправок требуемый объем грунта в насыпи составит

$$V_n = (V_{\text{проф}} + \Delta V_{\text{раст}} - \Delta V_{\text{до}}) / k_y. \quad (5.2.12)$$

Объем грунта в выемке

$$V_v = V_{\text{проф}} - \Delta V_{\text{раст}} + \Delta V_{\text{до}}. \quad (5.2.13)$$

Величины $V_{\text{проф,н}}$ и $V_{\text{проф,в}}$ вычисляются по формуле (5.2.2)

При подсчете объемов земляных работ мосты длиной не более 4 м и трубы не учитывают, т.е. считают их как бы заполненными грунтом.

Подготовка данных к расчету объемов земляных работ

В программе расчет объемов земляных работ ведется по формуле Винклера (5.2.2). Исходными данными являются рабочие отметки продольного профиля дороги и поперечные профили земляного полотна. Постоянными по всей длине дороги считаются параметры:

Ширина земляного полотна (м);

Ширина дна кювета (м);

Глубина кювета (м);

Заложение внутреннего откоса выемки;

Толщина дорожной одежды (м);

Толщина растительного слоя (м);

Ширина покрытия дорожной одежды (м);

Коэффициент уплотнения грунта насыпи.

Параметр «Уположение откоса высокой насыпи» используется при подсчете площади поперечного сечения насыпи высотой более 6 м. Если насыпь имеет переменную крутизну, то уположению откоса придают значение 0,25 (т.е. закладывается уположение нижней части откоса на четверть; заложение верхней части откоса задается в столбце m на соответствующем пикете). Если используется тип высокой насыпи с бермами и постоянной крутизной откоса, то параметру «Уположение откоса высокой насыпи» придают значение 0 и в столбце «Ширина закюветной полки выемки или бермы насыпи, м» на соответствующем пикете задают ширину бермы.

Далее вводится информация для каждого расчетного сечения: пикет (ПК), расстояние между вводимыми сечениями (L), рабочая отметка (h), заложение откоса (m). Для высокой насыпи с переменной крутизной откоса задается заложение откоса верхней части насыпи.

Обязательно должны быть указаны сечения, в которых происходит переход через 0. Рабочие отметки для выемки вводятся со знаком минус. Объемы работ для насыпей и выемок суммируются отдельно. Образец расчета приведен в табл. 5.2.1.

Таблица 5.2.1 – Расчет объемов земляных работ

Ширина земляного полотна ,м	12
Ширина дна кювета в выемке,м	0,4
Глубина кювета в выемке, м	1,2
Заложение внутреннего откоса выемки	4
Уположение откоса высокой насыпи	0,25
Толщина дорожной одежды, м	0,72
Ширина дорожной одежды, м	8
Толщина растительного слоя, м	0,3
Коэффициент уплотнения грунта насыпи	0,98

(3 - для дорог IV,V кат., 4 - для дорог I-III кат.)

(0,25 - для насыпи с переменной крутизной откоса 0,25; 0 - для насыпи с бермами)

Вводимые данные					Параметры кювета		Площадь поперечного сечения, м ²		Площадь среднего сечения, м ²	Профильные объемы, м ³		Поправки, м ³		Объемы работ, м ³	
ПК	L, м	h, м	t	Ширина закюветной полки выемки или бермы насыпи, м	ширина поверху, м	площадь, м ²	насыпи	выемки		насыпь	выемка	на снятие растительного слоя	на устройство дорожной одежды	насыпь с учетом к-та уплотнения	выемка
0+00	0	1,2	4	0	0,00	0,00	20,16	0,00	0	0	0	0	0	0	0
0+65	65	0	4	0	10,00	6,24	0,00	12,48	10,08	593	0	129	-374	354	0
1+00	35	-0,6	6	0	12,40	7,68	0,00	39,60	26,04	0	899	-323	202	0	777
1+57	57	-2,1	1,55	4	7,00	4,44	0,00	86,90	63,25	0	3573	-422	328	0	3480
2+00	43	-3,7	1,5	4	7,00	4,44	0,00	155,22	121,06	0	5178	-223	248	0	5202
3+00	100	-0,8	6	0	12,40	7,68	0,00	49,57	102,39	0	9410	-628	576	0	9358
4+52	52	0	4	0	10,00	6,24	0,00	12,48	31,03	0	1590	-460	300	0	1430
5+00	48	1,6	4	0	0,00	0,00	29,44	0,00	14,72	625	0	121	-276	479	0
6+00	100	3,7	1,5	0	0,00	0,00	64,94	0,00	47,19	4609	0	264	-576	4384	0
7+00	100	5,2	1,5	0	0,00	0,00	102,96	0,00	83,95	8339	0	426	-576	8356	0
7+80	80	7,9	1,5	0	0,00	0,00	189,32	0,00	146,14	11545	0	494	-461	11815	0
8+00	20	4,1	1,5	0	0,00	0,00	74,42	0,00	131,87	2565	0	123	-115	2625	0
9+00	100	3,2	1,5	0	0,00	0,00	53,76	0,00	64,09	6389	0	354	-576	6292	0
10+00	100	1,8	4	0	0,00	0,00	34,56	0,00	44,16	4285	0	648	-576	4446	0
10+90	90	1,2	4	0	0,00	0,00	20,16	0,00	27,36	2441	0	368	-518	2338	0
Итого										41389	20650			41090	20247