

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛЕТНЁВОЙ ЗАПРУДЫ

Материал излагается по учебному пособию: Жуков В.И. Проектирование в сложных условиях: учеб. пособие. КрасГАСА, 2000. 95 с.

В зависимости от характера протекания воды по логу (оврагу) и размеров лога (оврага) для предотвращения размыва дна оврага устраивают:

1. Плетнёвые запруды, когда овраги широкие с небольшими продольными уклонами дна оврага до 50 ‰.

2. Барражи из бетона или каменной кладки, когда овраги характеризуются селевыми потоками или паводками и большими уклонами (более 50 ‰).

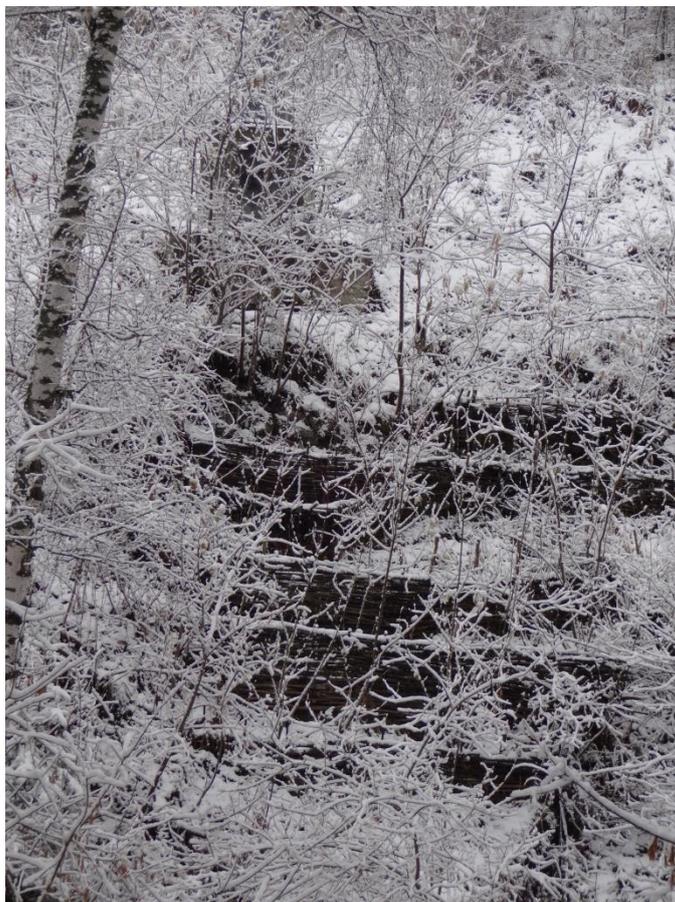


Рисунок 1 – Укрепление склонов косогора плетнёвыми запрудами (Белокуриха, 2015 г.)

С помощью плетнёвых запруд добиваются постепенного заполнения дна оврага и прекращения роста оврага в ширину и длину. Высота плетнёвой запруды назначается в зависимости от конкретных условий и колеблется от 0,5 до 1,0 м. Однорядные плетнёвые запруды высотой до 0,5 м выдерживают напор воды на гребне 0,2 – 0,3 м, двухрядные плетнёвые и деревянные запруды при высоте до 1 м выдерживают напор воды 0,3 – 0,5 м.

Для гидравлического расчёта плетнёвых запруд необходимы следующие данные:

- план оврага в горизонталях М 1:500 (1:1000);
- продольный профиль дна оврага;
- поперечное сечение оврага;
- расчётный расход Q_p ;
- средняя ширина оврага по дну b ;
- крутизна откосов оврага $1:m$ (1:1,5);
- уклон дна оврага i_0 ;
- грунт, слагающий дно и склоны оврага;
- допускаемая неразмывающая скорость для данного грунта $V_{доп}$;
- разность отметок оврага в голове и устье H .

Порядок расчёта:

1. Назначают $V_{доп}$ для данного типа грунта, слагающего дно и склоны оврага (табл. 1).

Таблица 1 –Допускаемые скорости воды для различных грунтов

Грунт		$V_{доп}$, м/с, при глубине, м			
		0,2 – 0,5	1	2	3 и более
Супесь	малоплотная	0,2	0,25	0,3	0,35
	среднеплотная	0,3	0,4	0,45	0,5
	плотная	0,4	0,5	0,55	0,6
	очень плотная	0,5	0,6	0,7	0,8
Глина и суглинок	малоплотные	0,35	0,4	0,45	0,5
	среднеплотные	0,7	0,85	0,95	1,1
	плотные	1,0	1,2	1,4	1,5
	очень плотные	1,25	1,4	1,9	2,1
Лёсс	малоплотный	0,3	0,4	0,45	0,5
	среднеплотный	0,6	0,7	0,8	0,85
	плотный	0,8	1,0	1,2	1,3
	очень плотный	1,1	1,3	1,5	1,7

2. Определяют гидравлические характеристики потока:

- площадь живого сечения.

$$\omega_0 = \frac{Q_p}{V_{доп}}$$

- глубину протекания

$$h_0 = \frac{\sqrt{b^2 + 4\omega_0 m} - b}{2m}.$$

- смоченный периметр

$$P_0 = b + 2h_0 \sqrt{1 + m^2}.$$

- гидравлический радиус

$$R_0 = \frac{\omega_0}{P_0}.$$

3. Находят коэффициент сопротивления (коэффициент Шези) по формуле Н.Н. Павловского C^1 , для чего сначала назначают коэффициент шероховатости n по табл. 2 и вычисляют показатель y по формуле

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75(\sqrt{n} - 0,1)\sqrt{R_0}.$$

Тогда

$$C = \frac{1}{n} R_0^y.$$

Таблица 2 – Коэффициенты шероховатости русел

Вид русла	n
Естественные земляные русла в очень хороших условиях (чистые, прямые, незасоренные)	0,025
Хорошее состояние поверхности ложа периодического русла Русла больших и средних рек равнинного типа Потоки периодического действия (большие и малые при хорошем состоянии ложа)	0,033
Сравнительно чистые русла постоянных равнинных водотоков в обычных условиях (извилистые с некоторыми неправильностями в направлении струй или прямых, но с отмелями или промоинами) Земляные русла периодических водотоков в относительно благоприятных условиях	0,04
Значительное засоренные, частично заросшие русла Русла больших и средних рек значительно засоренные, извилистые и частично заросшие Поймы больших и средних рек, покрытые травой и кустарником Периодические (ливневые и весенние) водотоки, несущие во время паводков заметное количество наносов с крупногалечным или покрытым растительностью ложем	0,05

¹ Коэффициент Шези играет в практических расчетах важную роль и поэтому должен определяться возможно точнее. Величина коэффициента C зависит от шероховатости стенок и дна русла, от геометрической формы и размеров поперечного сечения русла и определяется по эмпирическим формулам, предложенным различными авторами на основе опытных данных.

Глухие поймы, сплошь лесные таёжного типа; склоны бассейнов в естественном состоянии	0,200
Русла и поймы сильно заросшие (со слабым течением), с большими глубокими промоинами	0,080

4. Вычисляют уклон дна оврага, при котором отсутствует размыв данного грунта, то есть при $V_{\text{доп}}$,

$$i_p = \frac{V_{\text{доп}}^2}{C^2 R_0}. \quad (1)$$

Если существующий уклон $i_0 > i_p$, то скорость протекания больше допускаемой скорости и будет иметь место размыв дна оврага.

5. Назначают предварительно высоту плетнёвой запруды из диапазона $h = 0,5 - 1,0$ м.

6. Принимают полученный по формуле (1) уклон i_p за уравнительный и определяют расстояние между запрудами (уклон измеряется в тысячных долях)

$$l_3 = \frac{h}{i_0 - i_p}.$$

Вычисленное значение округляют до целого значения.

7. Определяют количество запруд, для этого сначала находят разность высот между соседними запрудами

$$h_1 = \frac{hi_0}{i_0 - i_p}.$$

Тогда количество запруд

$$n_3 = \frac{H}{h_1}.$$

Полученное число округляют до целого значения.

8. Проверяют условие, при котором реализуется режим течения с затопленным гидравлическим прыжком. Для этого заменяют русло фиктивным призматическим и его трапециевидное поперечное сечение – прямоугольным, равновеликим по площади. При глубине h ширина фиктивного прямоугольного русла составит

$$b_{\text{фик}} = \frac{\omega_0}{h}.$$

Для неё определяют погонный (удельный) расход воды на 1м фиктивной ширины русла

$$q_{\text{фик}} = \frac{Q_p}{b_{\text{фик}}}$$

и критическую глубину

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q_p^2}{g b_{фик}^2}},$$

где α – коэффициент Кориолиса ($\alpha = 1,1$), g – ускорение свободного падения ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$).

Так как введение плетнёвых запруд делает уклон дна оврага меньше критического уклона, то в этом случае глубину фиктивного потока можно оценить по приближённой формуле

$$h_{фик} = 0,7 h_{кр}.$$

Скорость фиктивного потока воды

$$V_{фик} = \frac{q_{фик}}{h_{фик}}.$$

и полный напор

$$Z = \frac{V_{фик}^2}{2g} + h + \frac{h_{фик}}{2}.$$

Глубина воды в сжатом сечении

$$h_c = \frac{Q_p}{b_{фик} \sqrt{2gZ}}.$$

Вторая сопряжённая глубина

$$h_c'' = \frac{h_c}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8h_{кр}^3}{h_c^3}} - 1 \right).$$

Если выполняется условие

$$h_c'' < h_0,$$

то гидравлический прыжок затоплен. В противном случае следует увеличить значение допускаемой скорости $V_{доп}$ (увеличить предполагаемую глубину потока или предусмотреть укрепление дна русла) или же использовать другие инженерные решения для защиты оврага, например, барражи.

9. Проверяют достаточность принятого расстояния между запрудами. Для этого вычисляют:

- длину прыжка

$$l_{пр} = 2,5(1,9h_c'' - h_c);$$

- дальность падения струи

$$l_{пад} = V_{фик} \sqrt{\frac{2h + h_{фик}}{g}};$$

- длину кривой спада

$$l_{\text{сп}} = 3h_{\text{кр}}.$$

Необходимое расстояние между запрудами

$$L = l_{\text{пад}} + l_{\text{пр}} + l_{\text{сп}}.$$

Это значение сравнивают с l_3 . Если $l_3 \geq L$, то принятое расстояние между запрудами достаточное.

10. Назначают длину водобойной площадки (длина укрепления за запрудой)

$$l_{\text{пл}} = 2h.$$