

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАГОРНОЙ КАНАВЫ

1 Устройство нагорной канавы

Нагорная канава предназначена для перехвата воды, стекающей по косогору к дороге, и для отвода этой воды к ближайшим искусственным сооружениям, в резервы и пониженные места рельефа (рис. 1).



Рисунок 1 - Нагорные канавы на косогоре

Нагорным канавам придают трапецеидальное поперечное сечение, размеры которого всегда приходится обосновывать гидравлическим расчетом. При расчете длинных канав учитывают увеличение бассейна вдоль канавы по мере удаления от водораздела. Поэтому сечение нагорных канав обычно подбирают по отдельным участкам по мере возрастания площади водосборных бассейнов. Соответственно и площади бассейнов разбивают на участки. По этим участкам определяют максимальные расчетные расходы воды.

Нагорные канавы трассируют на местности с таким уклоном, при котором вода не размывала бы грунт. Значения неразмывающих скоростей воды для различных грунтов приведено в табл. 1 и 2 [1].

Таблица 1 – Неразмывающие скорости для связных грунтов

Грунт	Разновидность грунта	$v_{нер}$ при глубине потока, м			
		0,4	1	2	3
Глины и суглинки	Малоплотные	0,35	0,4	0,45	0,50
	Средней плотности	0,70	0,85	0,95	1,10
	Плотные	1,0	1,2	1,4	1,5
	Очень плотные	1,4	1,7	1,9	2,1
Лессы	Средней плотности	0,6	0,7	0,8	0,85
	Плотные	0,8	0,9	1,2	1,3
	Очень плотные	1,1	1,3	1,5	1,7

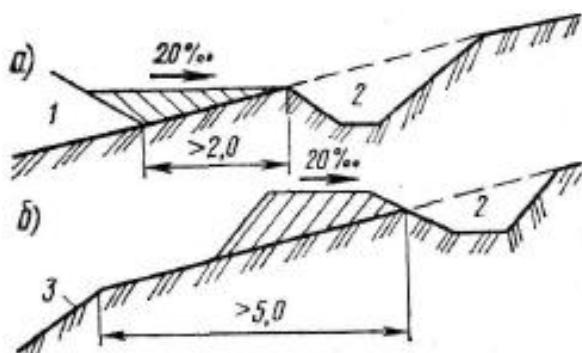


Рисунок 2 – Нагорные канавы:

а – у насыпи; б – у выемки; 1 – насыпь; 2 – нагорная канава; 3 – откос выемки

Если нагорная канава меняет уклон, ее разбивают на участки с разными уклонами дна и рассчитывают отдельно. Минимальный уклон дна канавы должен быть не менее 5‰.

Во избежание сплывов или оползания откосов выемки из-за переувлажнения грунта, которое может возникнуть в результате случайного засорения нагорной канавы, расстояние от наружной бровки выемки до канавы должно быть не менее 5 м (рис. 2). На косогорах круче 1:5 грунт из нагорных канав используют для

устройства невысокого валика (банкета) между выемкой и канавой. Банкет повышает безопасность дороги от затопления при переполнении нагорной канавы.

Таблица 2 –Неразмывающие скорости потока для однородных несвязных грунтов

Средний размер частиц грунта, мм	Допускаемые неразмывающие скорости потока, м/с для однородных несвязанных грунтов при глубине потока			
	0,5 м	1м	3 м	5 м
0,05	0,52	0,55	0,60	0,62
0,15	0,36	0,38	0,42	0,44
0,25	0,37	0,39	0,41	0,45
0,37	0,38	0,41	0,46	0,48
0,50	0,41	0,44	0,50	0,52
0,75	0,47	0,51	0,57	0,59
1,00	0,51	0,55	0,62	0,65
2,00	0,64	0,70	0,79	0,83
2,50	0,69	0,75	0,86	0,90
3,00	0,73	0,80	0,91	0,96
5,00	0,87	0,96	1,10	1,17
10,00	1,10	1,23	1,42	1,51
15,00	1,26	1,42	1,65	1,76
20,00	1,37	1,55	1,84	1,96
25,00	1,46	1,65	1,93	2,12
30,00	1,56	1,76	2,10	2,26
40,00	1,68	1,93	2,32	2,50
75,00	2,01	2,35	2,89	3,14
100,00	2,15	2,54	3,14	3,46
150,00	2,35	2,84	3,62	3,96
200,00	2,47	3,03	3,92	4,31
300,00	2,90	3,32	4,40	4,94

В местах перехода дороги из выемки в насыпь канавы отводят с нагорной стороны в резерв, а с низовой выводят на поверхность грунта в сторону выемки. Соответственно и площади бассейнов разбивают на участки. По этим участкам определяют максимальные расчетные расходы воды. Результаты расчетов сводят в таблицу [2].

2 Назначение расчетного максимального расхода воды

Размеры поперечного сечения нагорной канавы назначаются в соответствии с расчетным максимальным расходом воды заданной вероятности превышения. Вероятность превышения расчетного максимального расхода воды – это вероятность его превышения еще большим по значению расходом воды. Ее назначают в зависимости от категории дороги и вида искусственного сооружения. В соответствии со СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги» [3] для водоотводных канав и кюветов вероятность превышения назначается по табл. 3.

Расчетный максимальный расход ливневого стока заданной вероятности превышения определяется по формуле [2]

$$Q_p = 16,7 a_{\text{час}} K_t F \alpha \varphi, \quad (1)$$

где $a_{\text{час}}$ – интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин, зависящая от номера ливневого района и вероятности превышения; K_t – коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности; F – площадь водосборного бассейна, км²; α – коэффициент потерь стока; φ – коэффициент редукции.

Таблица 3 – Вероятность превышения расчетных расходов воды для нагорных канав

Категория дороги	Вероятность превышения, %
I, II	2
III	3
IV, V	4

Сначала карандашом на карте наносят границы водосборного бассейна, с которого вода будет поступать в нагорную канаву. Границами бассейна являются водораздельные линии, а также участки существующих и проектируемых дорог. Далее определяют площадь F и длину водосборного бассейна L . Для этого разбивают выделенный бассейн на квадраты. На карте масштаба 1:10000 квадрат площадью 1 см² соответствует 0,01 км². Длина бассейна определяется по тальвегу (линии наиболее низких отметок) от самой верхней точки бассейна с отметкой H_{max} до створа канавы (его отметку обозначим, как H_{min}).

Уклон тальвега определяется по формуле

$$i = \frac{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}}{L}. \quad (2)$$

Далее по карте-схеме устанавливают номер ливневого района (рис. 3) и по специальным таблицам определяют $a_{\text{час}}$, K_t (табл. 4 и 5). Учитывая задержку проникания воды в грунт при сильных ливнях, рекомендуется принимать коэффициент потерь стока $\alpha = 1$. Для суглинистых грунтов и $F < 1$ км² рекомендуется принимать $\alpha = 0,62$.

Коэффициент редукции вычисляем по формуле

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{10 \cdot F}}.$$

При этом для $F \leq 0,1$ км² $\varphi = 1$.

Таблица 4 – Интенсивность ливня часовой продолжительности

Район	$a_{\text{ч}}$, мм/мин, при вероятности превышения, %							
	10	5	4	3	2	1	0,3	0,1
1	0,27	0,27	0,29	0,32	0,34	0,40	0,49	0,57
2	0,29	0,36	0,39	0,42	0,45	0,50	0,61	0,75
3	0,29	0,41	0,47	0,52	0,58	0,70	0,95	1,15
4	0,45	0,59	0,64	0,69	0,74	0,90	1,14	1,32
5	0,46	0,62	0,69	0,75	0,82	0,97	1,26	1,48
6	0,49	0,65	0,73	0,81	0,89	1,01	1,46	1,79
7	0,54	0,74	0,82	0,89	0,97	1,15	1,50	1,99
8	0,79	0,98	1,07	1,15	1,24	1,41	1,78	2,07
9	0,81	1,02	1,11	1,20	1,28	1,48	1,83	2,14
10	0,82	1,11	1,23	1,35	1,46	1,74	2,25	2,65

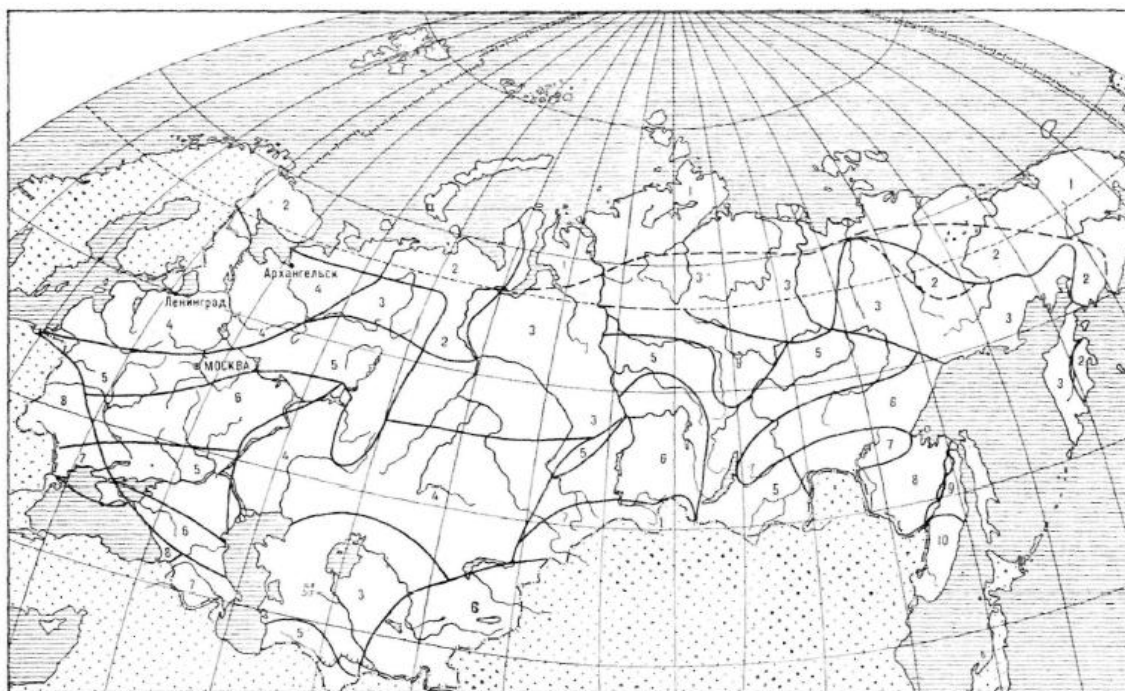


Рисунок 3 – Карта-схема ливневых районов

Таблица 5 – Коэффициент перехода

L , км	Значения K_t при уклоне бассейна i								
	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	
0,15	4,21	Полный сток 5,24							
0,30	2,57								3,86
0,50	1,84								2,76
0,75	1,41	2,08	2,97	4,50	5,05				
1,0	1,16	1,71	2,53	3,74	4,18	4,50	4,90	5,18	
1,25	1,00	1,49	2,20	3,24	3,60	3,90	4,23	4,46	
1,50	0,88	1,30	1,93	2,82	3,15	3,40	3,70	3,90	
1,75	0,80	1,18	1,75	2,58	2,84	3,06	3,33	3,52	
2,0	0,73	1,07	1,59	2,35	2,64	2,85	3,09	3,27	
2,5	0,63	0,92	1,37	2,02	2,26	2,44	2,65	2,80	
3,0	0,56	0,82	1,21	1,79	2,0	2,16	2,34	2,49	

3 Гидравлический расчет канавы

1. Строят план нагорной канавы на карте, определяют расчетные максимальные расходы воды по участкам.

2. Находят глубину наполнения канавы и скорость перетекания воды графо-аналитическим способом [4].

2.1. Задают параметры поперечного сечения канавы: ширину канавы b , заложения откосов m_1 и m_2 .

2.2. Назначают глубину воды в канаве h , например, 0,1 м.

2.3. Определяют площадь живого сечения потока воды в канаве по формуле

$$\omega = b \cdot h + \frac{m_1 + m_2}{2} \cdot h^2.$$

2.4. Находят смоченный периметр канавы по формуле

$$\chi = b + h \cdot (\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2})$$

2.5. Вычисляют гидравлический радиус

$$R = \frac{\omega}{\chi}.$$

2.6. Определяют значение $\omega R^{2/3}$. Результаты расчетов сводят в таблицу (табл. 4). Далее назначают новую глубину потока $h=0,2$ м и повторяют расчеты.

Таблица 6 – Расчетная таблица

h , м	b , м	m_1	m_2	ω , м ²	χ , м	R , м	$R^{2/3}$	$\omega R^{2/3}$
0,1	0,5	1,5	1,5	0,065	0,86	0,076		0,01
0,2								0,04
0,3								0,092
0,4								0,165
0,5								0,266

2.7. С другой стороны,

$$\omega \cdot R^{2/3} = \frac{Q_p \cdot n}{\sqrt{i}} = a,$$

где n – коэффициент шероховатости (см. табл. 7), i – продольный уклон канавы.

2.8. Строят график. Откладывают на оси абсцисс значение a , находят глубину наполнения канавы h_1 и для него значение $R^{2/3}$ (рис. 4).

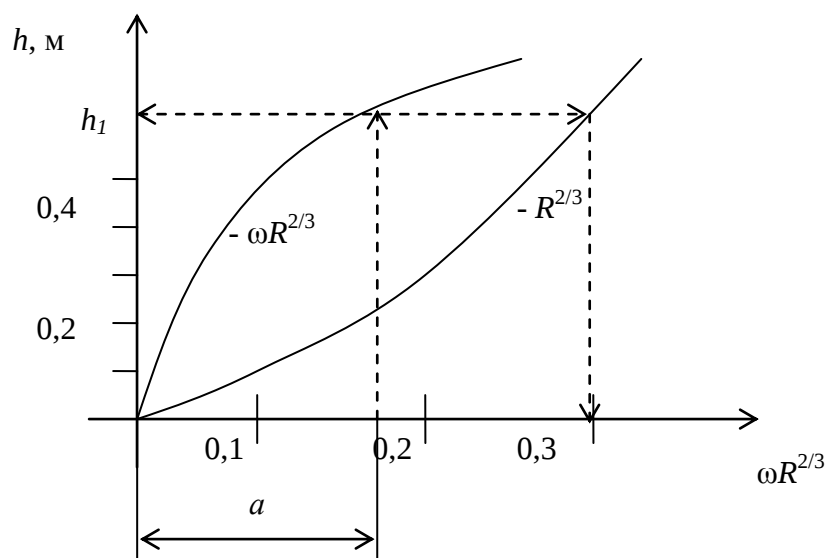


Рисунок 4 – Пример графика

2.9. Рассчитывают среднюю скорость потока при глубине h_1 по формуле Шези-Маннинга

$$v = \frac{R^{2/3}}{n} \cdot \sqrt{i}.$$

2.10. Вычисляют площадь живого сечения потока ω , расход воды

$$Q = \omega \cdot v.$$

и минимальную глубину канавы

$$h_{min} = h_1 + 0,2.$$

3. На лист формата А1 выносят:

- план нагорной канавы с площадью водосборного бассейна в масштабе 1:50;
- продольный профиль нагорной канавы (рис. 5) [5];
- поперечный профиль канавы.

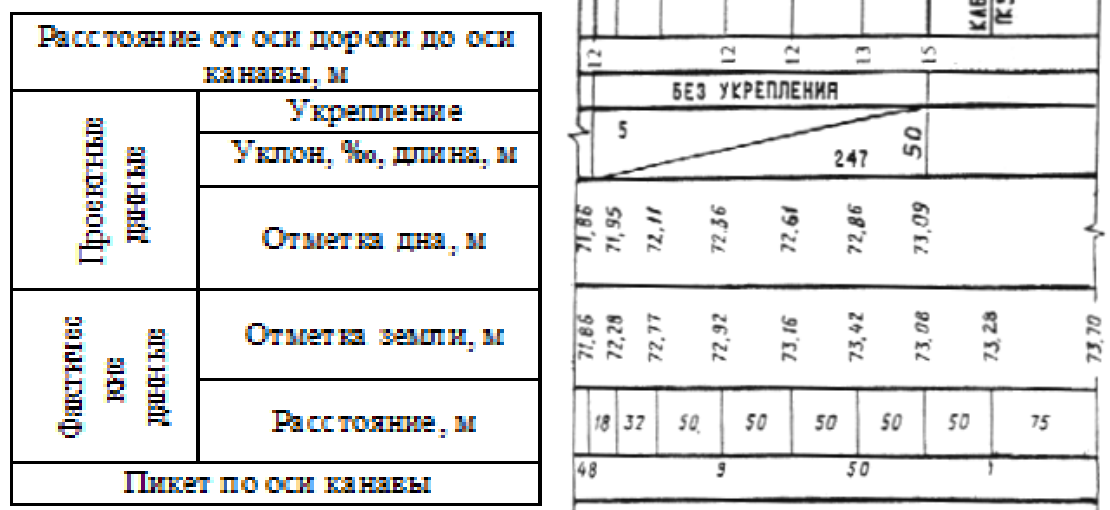


Рисунок 5 – Пример оформления продольного профиля канавы

Таблица 7 – Значения коэффициента шероховатости [6]

Укрепление	Коэффициент шероховатости, n
Засев трав, одерновка	0,025
Мощение	0,02
Бетонные плиты	0,017
Неукрепленные канавы	0,03

На рис. 6 приведен участок дороги с нагорной канавой.

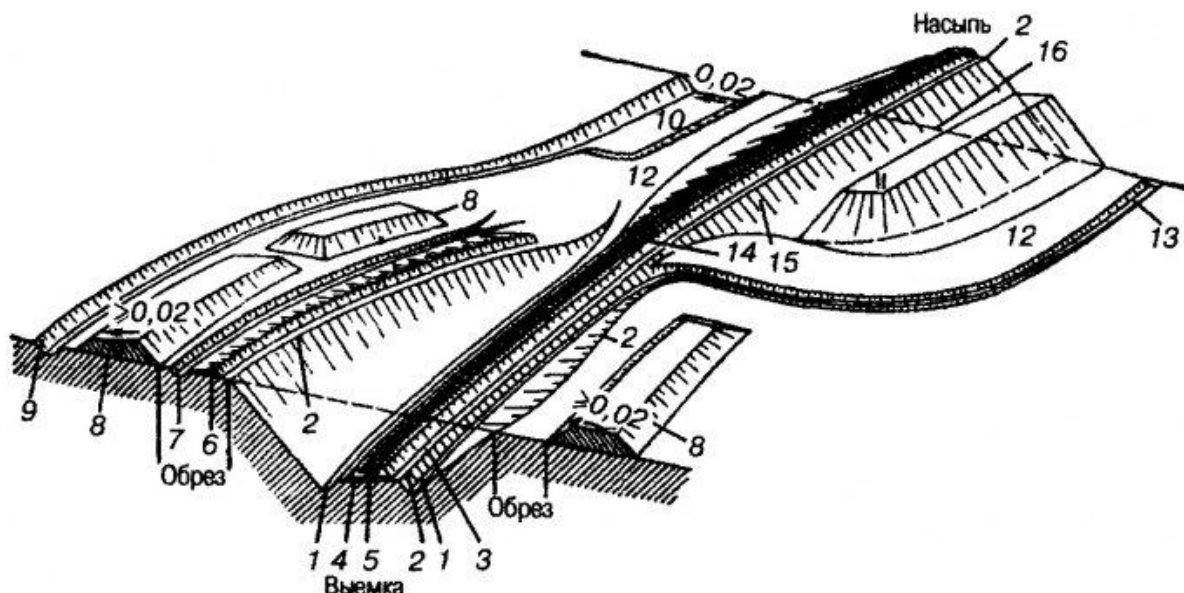


Рисунок 6 – Участок дороги с нагорной канавой. 1- кюветы; 2 – бровка; 3 – обочина; 4 – сливная призма; 5 – проезжая часть; 6 – банкет; 7 – забанкетная канава; 8 – кавальер; 9 - нагорная канава; 10 – резерв; 11 – контрбанкет; 12- берма; 13 – водоотводная продольная канава; 14 – нулевое место; 15 – откос; 16 – тело насыпи

Список использованных источников

1. СНиП 06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения.
2. Федотов, Г.А., Пospelов, П.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн.1: Учебник. – М.: Высш. шк., 2009. – 646 с.
3. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2013. – 139 с.
4. Автомобильные дороги (примеры проектирования): учеб. пособие для вузов / под ред. В.С. Порожнякова. – М.: Транспорт, 1983.
5. ГОСТ Р 21.1703-97. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. – М.: Госстрой России, 1997.
6. Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника / под ред. Г.А. Федотова. – М.: Транспорт, 1989. – 437 с.
7. <http://scbist.com/wiki/10630-nagornaya-kanava.html>