

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Кафедра «Природообустройства и водопользования»

**В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Я.А. Аксёнов**

**Методическое пособие по проектированию быстротоков  
для закрепления вершин оврагов в населенных пунктах  
в помощь изучению дисциплин  
«Инженерное обустройство территорий»,  
«Основы градостроительства и планировка населённых мест»,  
«Инженерная защита окружающей среды»**

Брянск 2018 г.

УДК 711.437 (07)

ББК 85.118

В 19

**Василенков, В. Ф. Методическое пособие по проектированию быстротоков для закрепления вершин оврагов в населенных пунктах в помощь изучению дисциплин «Инженерное обустройство территорий», «Основы градостроительства и планировка населённых мест», «Инженерная защита окружающей среды» / В. Ф. Василенков, С. В. Василенков, Я. А. Аксёнов. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. – 22 с.**

Методическое пособие составлено в помощь изучению дисциплин «Инженерное обустройство территорий», «Основы градостроительства и планировка населённых мест», «Инженерная защита окружающей среды».

В пособии приведены примеры расчётов глубины воды на быстротоке, длины быстротока, глубины и длины водобойного колодца, справочный материал, необходимый для проектирования быстротоков в вершинах действующих оврагов, угрожающих устойчивости домов в населенных пунктах. Пособие составлено на основе учебника Угинчуса А.А. и Чугаева Е.А. «Гидравлика», 1971 г.

Пособие предназначено для бакалавров, обучающихся по направлениям «Природообустройство и водопользование» и «Землеустройство и кадастры».

Рецензент: доцент кафедры «Природообустройство и техноферная безопасность» Брянского ГИТУ Мельникова Е.А.

*Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссии института энергетики и природопользования от 22 января 2018 года, протокол № 4.*

© Брянский ГАУ, 2018

© В. Ф. Василенков, 2018

© С. В. Василенков, 2018

© Я. А. Аксёнов, 2018

### *Гидравлический расчет быстротока*

Вода оврага сбрасывается в русло реки бетонным каналом - быстротоком трапецеидального поперечного сечения. Поток в вершине оврага сопрягается с быстротоком при помощи переходного участка, имеющего горизонтальное дно, в конце которого (перед входом на быстроток) устанавливается критическая глубина  $h_k$  (рис. 5). Требуется:

- 1) построить кривую свободной поверхности водотока на быстротоке;
- 2) определить глубину и скорость в конце быстротока;
- 3) установить характер сопряжения потока с нижним бьефом;
- 4) определить глубину и длину водобойного колодца.

Данные для расчета: расход воды в канале  $Q=15$  м<sup>3</sup>/сек; ширина канала по дну  $b=2,5$  м; уклон канала  $i=0,14$ ; коэффициент шероховатости  $n=0,014$ ; коэффициент откоса  $m=1,0$ ; длина быстротока  $L=98$ м; глубина отводящего русла  $t=1,2$  м; высота стенки падения  $s=1,5$  м; ширину водобойного колодца  $B$  принимаем равно ширине потока поверху в конечном сечении быстротока.

## Решение

### 1 Построение кривой свободной поверхности водотока на быстротоке

Для построения кривой свободной поверхности используем уравнение неравномерного движения Бахмеева:

$$\frac{il}{h_0} = \eta_2 - \eta_1 - (1 - j_{\text{ср}})[B(\eta_2) - B(\eta_1)]$$

Предварительно найдем нормальную глубину  $h_0$ , критическую глубину  $h_k$  и гидравлический показатель русла  $x$ .

#### *Определение нормальной глубины*

Нормальную глубину найдем, построив кривую связи между модулем расходов (или расходов) и глубин наполнения исходя из зависимости:

$$Q = \omega C \sqrt{Ri}, \text{ или } \frac{Q}{\sqrt{i}} = \omega C \sqrt{R}.$$

Вычислим величину заданного модуля расхода:

$$K_0 = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{15}{\sqrt{0,14}} = 40 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

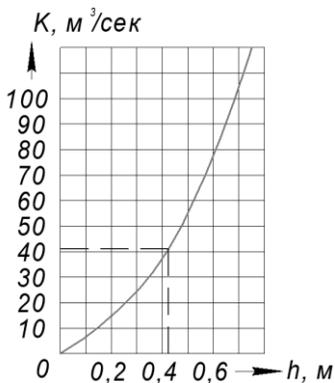


Рис. 1 Зависимость модуля расхода от глубины воды

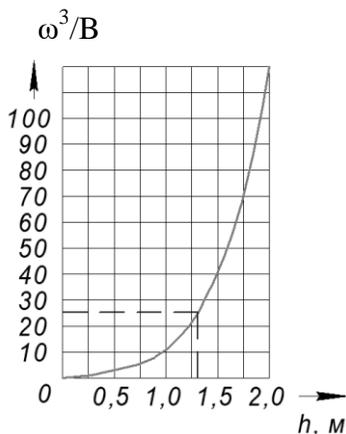


Рис. 2 Зависимость параметра  $\omega^3/B$  от глубины воды (нахождение  $h_k$ )

Далее составляем таблицу, в которой, задаваясь последовательно значениями глубин  $h=0,3; 0,5; 0,7$  и  $1,0$ м, вычисляем соответствующие модули расхода (табл. 1)

$$K = \omega C \sqrt{R}.$$

По данным таблицы 1 строим (рис. 1) график  $K=f(h)$ , по которому, зная величину  $K_0=40$  м<sup>3</sup>/сек, находим искомую глубину  $h_0=0,42$  м.

Таблица 1

h, м	$\omega=h(b+mh),$ м <sup>2</sup>	$s=b+2h$ $\sqrt{1+m},$ м	$R=\frac{\omega}{\chi},$ м	C	$\sqrt{R},$ м <sup>1/2</sup>	K= $\omega C\sqrt{R},$ м <sup>3</sup> /сек	Примечание
0,3	0,84	3,35	0,25	57	0,50	23,5	$B=2,5$ м
0,5	1,50	3,91	0,38	62	0,62	57,2	$m=1,0$
0,7	2,24	4,48	0,50	64	0,71	101,0	С по формуле
1,0	3,50	5,32	0,66	67	0,81	190,0	Павловского при $n=0,014$

Определение критической глубины  $h_K$  на быстротоке

Критическую глубину находим из уравнения

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{\omega^3}{Bk}$$

Принимая  $\alpha = 1,1$ , вычисляем:

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{1,1 \cdot 15^2}{9,81} = 25,2 \text{ м}^5$$

Далее, задаваясь значениями  $h = 1,0; 1,5$  и  $2,0$  м,

определяем величины  $\frac{\omega^3}{B}$  (табл. 2).

Таблица 2

$h, м$	$\omega = h(6 + mh), м^2$	$\omega^3, м^6$	$B = b + 2mh, м$	$\frac{\omega^3}{B}, м^5$	Примечание
1,0	3,5	42,8	4,5	9,5	
1,5	6,0	216,0	5,5	39,2	m=1,0
2,0	9,0	729,0	6,5	112,0	b=2,5

По данным таблицы строим (рис. 2) кривую  $\frac{\omega^3}{B} = f(h)$

Откладывая по вертикальной оси величину  $\frac{\alpha Q^2}{g} = 25,2 м^5$ , получаем по графику соответствующую глубину  $h_k = 1,33 м$ .

#### Определение гидравлического показателя русла

Подставляя в уравнение

$$x = \frac{2[\lg K - \lg K_0]}{\lg h - \lg h_0},$$

значения  $h_0 = 0,42 м$  и  $h = 0,7 м$ , а также соответствующие им модули расхода

$K_0 = 40 м^3/сек$  и  $K = 101 м^3/сек$  (табл. 1), имеем

$$x = \frac{2[\lg 101 - \lg 40]}{\lg 0,7 - \lg 0,42} = 3,54$$

Полученное значение  $x$  округляем до ближайшего табличного значения (см. приложение). Принимаем  $x = 3,5$ .

*Построение вспомогательного графика  $J=f(h)$*

Задаваясь глубинами  $h=0,3$ ;  $0,5$ ; и  $1,0$  м, вычисляем величины  $i$  по формуле

$$J = \frac{aiC^2B}{g^\chi},$$

при этом соответствующие величины  $C$  и  $\chi$  можно взять из таблицы 1. Вычисленные значения  $J$  проставляем в таблицу 3. По данным таблицы 3 на рис. 3 построен график  $i=f(h)$ . Зная среднюю глубину  $h_{\text{ср}}$  на каждом участке потока, по этому графику легко найти  $J_{\text{ср}}$ .

Таблица 3

<b>h, м</b>	<b>C</b>	<b><math>\chi</math>, м</b>	<b>C<sup>2</sup></b>	<b>B, м</b>	<b>J</b>
0,3	57,0	3,35	3249	3,1	47,2
0,5	61,5	3,91	3782	3,5	53,1
1,0	67,0	5,32	4489	4,5	59,4

*Определение координат точек  
свободной поверхности потока*

Поверхность воды на быстротоке представляет собой кривую спада  $b_2$ . В начале быстротока устанавливается критическая глубина  $h_k$ . Далее, вниз по течению глубина потока

уменьшается и в конце быстротока установится глубина  $h_{\text{кон}}$ , близкая к нормальной глубине, так как свободная поверхность к линии NN подходит асимптотически.

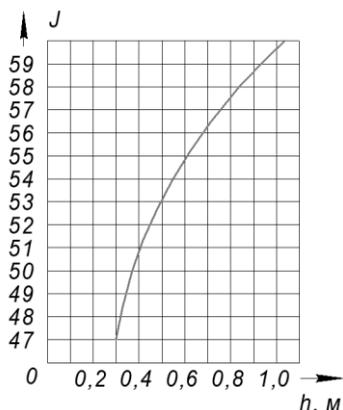


Рис. 3 Зависимость параметра J от глубины воды

Разбиваем заданное русло на несколько участков. Задаваясь глубинами в начале и в конце каждого участка (начиная от глубины критической), вычисляем длины участков  $l$  по уравнению Бахметева, которое представим в виде

$$l = \frac{h_0}{i} \{ \eta_2 - \eta_1 - (1 - i_{\text{cp}}) [B(\eta_2) - B(\eta_1)] \}.$$

Зная глубину в начале 1-го участка  $h_1 = h_k = 1,33$  м, задаемся глубиной  $h_2 = 1,0$  м. Вычислив относительные глубины

$$\eta_1 = \frac{h_1}{h_0} = \frac{1,33}{0,42} = 3,21 \text{ и } \eta_2 = \frac{1,00}{0,42} = 2,41,$$

находим по таблице (см. приложение) при  $X=3,5$  и  $t>0$  величины  $B(\eta_1)=0,022$  и  $B(\eta_2)=0,046$ .

По кривой  $J=f(h)$  (рис.3) находим для глубины

$$h_{cp} = \frac{1,33+1}{2} = 1,16 \text{ м}$$

значение

$$i_{cp} = 60,6.$$

Длина участка

$$l = \frac{0,42}{0,14} [2,41 - 3,21 - (1 - 60,6)(0,046 - 0,022)] = 1,92 \text{ м.}$$

Аналогично определяем координаты других точек кривой спада. Глубину в конце последнего 4-го участка принимаем равной

$$h_{кон} = h_0 + 0,22 = 0,42 + 0,02 = 0,44 \text{ м.}$$

Результаты вычислений сведены в табл. 4.

Таблица 4

Номер участка	$h_1, \text{ м}$	$h_2, \text{ м}$	$\eta_1$	$\eta_2$	$B(\eta_1)$	$B(\eta_2)$	$h_{cp}, \text{ м}$	$J_{cp}, \text{ м}$	$l, \text{ м}$	примечание
1	1,33	1,00	3,21	2,41	0,022	0,046	1,16	60,6	1,92	
2	1,00	0,80	2,41	1,93	0,046	0,080	0,90	58,5	4,35	$X=3,5$
3	0,80	0,60	1,93	1,45	0,080	0,179	0,70	56,0	14,70	$h_0=0,42\text{м}$
4	0,60	0,44	1,45	1,05	0,179	0,689	0,52	53,4	78,60	

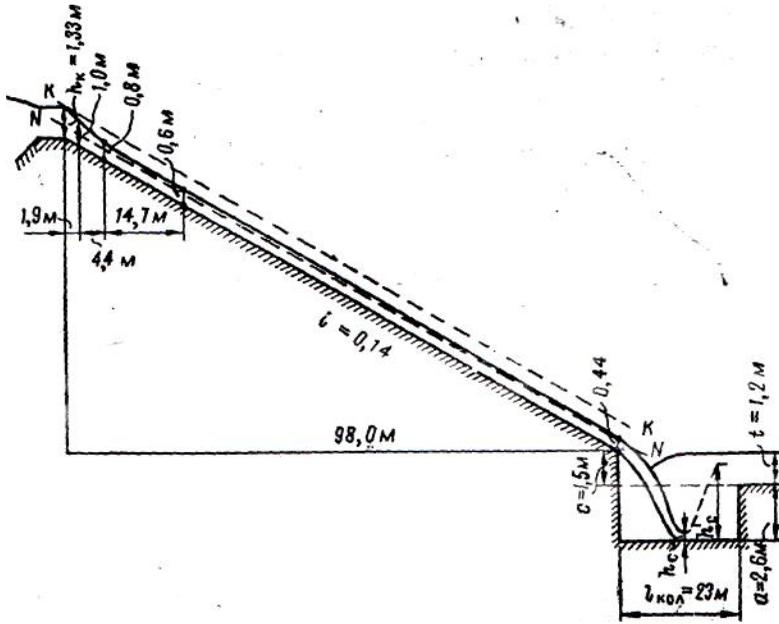


Рис. 5 Продольный профиль потока на быстротоке

Так как заданная длина быстротока  $L=98\text{м}$  примерно равна длине кривой спада  $\sum l = 99,57$ , глубину в конце быстротока  $h$  можно принять равной  $0,44\text{ м}$ . По данным табл. 4 строим кривую свободной поверхности, т. е. продольный профиль потока (рис. 5).

## 2 Определение скорости и скоростного напора в конечном сечении быстротока

Выше мы получили глубину в конце быстротока  $h_{\text{кон}}=0,44$  м. Скорость в этом сечении найдем по формуле

$$V_0 = \frac{Q}{\omega_{\text{кон}}} = \frac{15}{0,44(2,5+1*0,44)} = 11,6 \text{ м/сек.}$$

Скоростной напор (удельная кинетическая энергия) в конечном сечении быстротока

$$\frac{\alpha v_0^2}{2g} = \frac{1,1*11,6^2}{2*9,81} = 7,55 \text{ м.}$$

## 3 Сопряжение струи, ниспадающей с быстротока, с нижним бьефом

Установим тип сопряжения. Для этого надо определить вторую  $h'_c$  прыжка в сжатом сечении и сопоставить ее с глубиной  $t$  отводящего русла. Предварительно находим величины  $T_0$ ,  $h'_k$  и  $h_c$ .

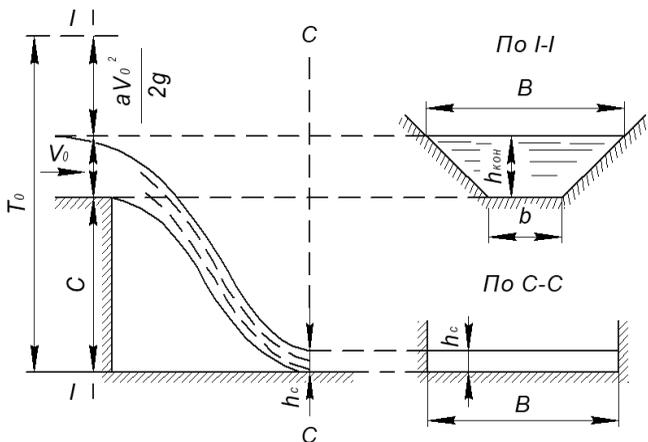


Рис. 6 Падение струи в водобойном колодце

Определение полного напора  $T_0$  в конечном сечении 1—1 быстротока относительно дна нижнего бьефа. Величину  $T_0$  (см. рис. 6) находим:

$$T_0 = c + h_{\text{кон}} + \frac{av_0^2}{2g} = 1,5 + 0,44 + 7,55 = 9,5 \text{ м.}$$

*Определение критической глубины  $h'_k$   
в нижнем бьефе (сечение C-C)*

Ширину потока  $B$  в сечении C-C (рис. 6) принимаем равной ширине потока по верху в конечном сечении 1-1 быстротока:  $B = b + 2mh = 2,5 + 2 * 0,45 = 3,4 \text{ м.}$

Критическую глубину найдем из формулы

$$h'_{к} = \sqrt{\frac{\alpha Q^2}{B^2 g}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 15^2}{3,4^2 \cdot 9,81}} = 1,29 \text{ м.}$$

Определение глубин  $h_c$  в сжатом сечении потока (рис. 6)

Уравнение для определения  $h_c$  :

$$T_0 = h_c + \frac{Q^2}{\varphi^2 B^2 h^2 2g}$$

Принимаю коэффициент скорости  $\varphi = 0,95$  и подставляя остальные известные величины в правую часть уравнения (а), получим

$$T_0 = h_c + \frac{15^2}{0,95^2 \cdot 3,4^2 \cdot h_c^2 \cdot 2 \cdot 9,81} = h_c + \frac{1,1}{h^2} \quad (б)$$

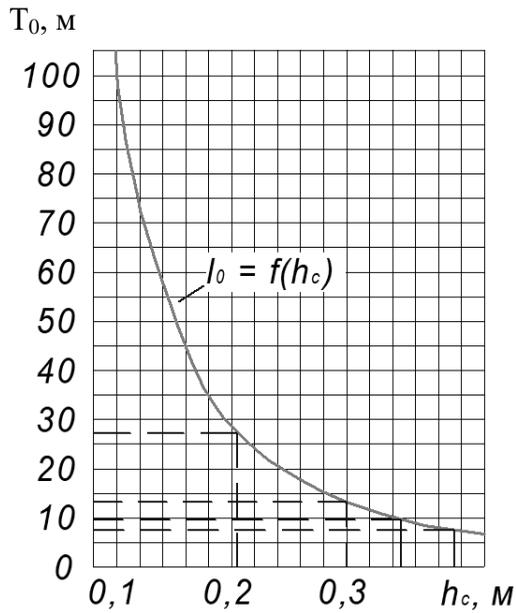
Уравнение (б), кубическое в отношении  $h_c$  , решается методом подбора.

Задаваясь рядом значений  $h_c$  в пределах  $0 < h_c < h_{к}$ , вычисляем по уравнению (б) величину  $T_0$  (табл. 5).

По данным таблицы 5 (рис. 7) строим график  $T_0 = f(h_c)$ . Заданному значению  $T_0 = 9,5$  м соответствует на графике глубина  $h_c = 0,34$  м.

Таблица 5

$h_c, \text{м}$	$h_c^2, \text{м}$	$\frac{1,1}{h_c^2}, \text{м}$	$T_0, \text{м}$
0,1	0,01	110	110,1
0,2	0,04	27,5	27,7
0,3	0,09	12,2	12,5
0,4	0,16	6,85	7,25

Рис. 7 Зависимость полного напора  $T_0$  от сжатой глубины  $h_c$

### *Определение второй глубины $h_c$ прыжка в сжатом сечении*

Из уравнения прыжка в прямоугольном русле находим глубину  $h'_c$  как сопряженную глубину прыжка с глубиной  $h_c$ :

$$h'_c = \frac{h_c}{2} \left[ \sqrt{1 + 8 \left( \frac{h'_c}{h_c} \right)^3} - 1 \right] = \frac{0,34}{2} \left[ \sqrt{1 + 8 \left( \frac{1,29}{0,34} \right)^3} - 1 \right] = 3,4 \text{ м.}$$

Сопоставляя полученное значение  $h'_c$  с глубиной  $t$  отводящего русла, имеем

$$(h'_c = 3,4) > (t = 1,2 \text{ м}),$$

следовательно, в нижнем бьефе получается отогнанный прыжок. Для того чтобы погасить излишек энергии потока и получить в нижнем бьефе затопленный прыжок, устраиваем водобойный колодец.

## **4 Гидравлический расчет водобойного колодца**

### *Определение глубины колодца $a$*

Глубина колодца  $a$  должна удовлетворять условию

$$(a+t) > h'_c,$$

при котором получается затопление прыжка. Однако сначала находим теоретическую глубину колодца  $a_0$  из условия

$$(a_0+t) > h'_c,$$

что соответствует прыжку в сжатом сечении.

Уравнение (б) решаем подбором, так как величина  $h'_c$  зависит от глубины колодца  $a$ . Задаваясь рядом значений  $a$ , определяем последовательно (таблица 6) величину  $T'_0$  (напор в сечении 1-1 относительно дна колодца), сжатую глубину  $h_c$  из графика на рис.7 и глубину прыжка  $h'_c$  по уравнению прыжка.

По данным табл. 6 на рис. 8 строим кривую  $h'_c = f(a)$  и прямую  $(a+t) = f(a)$ . Точка пересечения этих линий определяет глубину колодца  $a_0 = 2,4$  м. Этой точке соответствует  $h'_c = (a_0+t) = 3,6$  м.

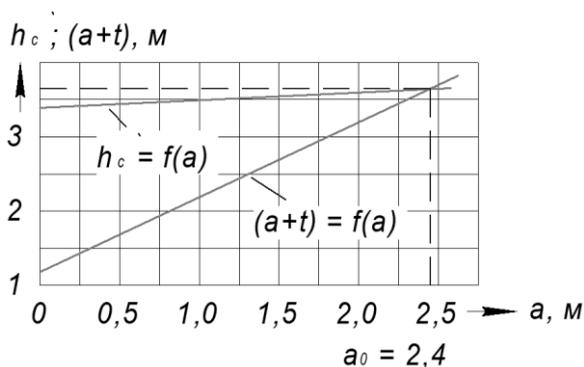


Рис. 8 Зависимость глубины прыжка  $h'_c$  от глубины колодца

Чтобы получить затопленный прыжок, глубину колодца увеличиваем на 5-10%. Окончательную глубину колодца  $a$  (см. рис. 5) принимаем равной  $(1,05 \div 1,10)a_0 = 2,6$  м.

Таблица 6

$a, \text{ м}$	$T'_0 = T_0 + a, \text{ м}$	$h_c, \text{ м}$	$h'_c, \text{ м}$	$(a+t), \text{ м}$	Примечание
0	9,5	0,34	3,40	1,2	h'к=1,29 м
0,5	10,0	0,33	3,47	1,7	
1,0	10,5	0,325	3,48	2,2	
1,5	11,0	0,32	3,50	2,7	
2,0	11,5	0,31	3,56	3,2	
2,5	12,0	0,30	3,65	3,7	

### Определение длины водобойного колодца

$$l_{\text{кол}} = \chi + 0,8l_n = 10,9 + 0,8 * 15,2 = 23 \text{ м},$$

где

$$\chi = v_0 \sqrt{\frac{2y}{g}} = 1,16 \sqrt{\frac{2 * 4,32}{9,81}} = 10,9 \text{ м}.$$

-дальность полета струи;

$$l_n = 4,5 h'_c = 4,5 * 3,6 = 15,2 \text{ м}$$

-длина прыжка;

$$y = c + a + \frac{h_{\text{кон}}}{2} = 1,5 + 2,6 + \frac{0,44}{2} = 4,32 \text{ м}.$$

-вертикальная координата центра тяжести живого сечения 1-1.

Приложение

Значения функции  $B(\eta)$  для прямого уклона дна водотока ( $i > 0$ ) при различных значениях гидравлического показателя  $x$

$\eta \backslash x$	2,00	2,50	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,05	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
0,10	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
0,15	0,151	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
0,20	0,202	0,201	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
0,25	0,255	0,252	0,251	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
0,30	0,309	0,304	0,302	0,301	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
0,35	0,365	0,357	0,354	0,352	0,351	0,351	0,351	0,350	0,350	0,350
0,40	0,423	0,411	0,407	0,404	0,403	0,403	0,402	0,401	0,400	0,400
0,45	0,484	0,468	0,461	0,458	0,456	0,455	0,454	0,452	0,451	0,450
0,50	0,549	0,527	0,517	0,513	0,510	0,508	0,507	0,504	0,502	0,501
0,55	0,619	0,590	0,575	0,570	0,566	0,564	0,561	0,556	0,554	0,552
0,60	0,693	0,657	0,637	0,630	0,624	0,621	0,617	0,610	0,607	0,605
0,61	0,709	0,671	0,650	0,642	0,636	0,632	0,628	0,621	0,618	0,615
0,62	0,725	0,685	0,663	0,654	0,648	0,644	0,640	0,632	0,629	0,626
0,63	0,741	0,699	0,676	0,667	0,660	0,656	0,652	0,644	0,640	0,637
0,64	0,758	0,714	0,689	0,680	0,673	0,668	0,664	0,656	0,651	0,648
0,65	0,775	0,729	0,703	0,693	0,686	0,681	0,676	0,668	0,662	0,659
0,66	0,792	0,744	0,717	0,706	0,699	0,694	0,688	0,680	0,674	0,670
0,67	0,810	0,760	0,731	0,720	0,712	0,707	0,700	0,692	0,686	0,681
0,68	0,829	0,776	0,746	0,734	0,725	0,720	0,713	0,704	0,698	0,692
0,69	0,848	0,792	0,761	0,748	0,739	0,733	0,726	0,716	0,710	0,704
0,70	0,867	0,809	0,776	0,763	0,753	0,746	0,739	0,728	0,722	0,716
0,71	0,887	0,826	0,791	0,778	0,767	0,760	0,752	0,741	0,734	0,728
0,72	0,907	0,843	0,807	0,793	0,781	0,774	0,766	0,754	0,747	0,740
0,73	0,928	0,861	0,823	0,808	0,796	0,788	0,780	0,767	0,760	0,752
0,74	0,950	0,880	0,840	0,823	0,811	0,802	0,794	0,780	0,773	0,764
0,75	0,972	0,899	0,857	0,839	0,827	0,816	0,808	0,794	0,786	0,776
0,76	0,996	0,919	0,874	0,855	0,843	0,832	0,823	0,808	0,799	0,788
0,77	1,020	0,939	0,892	0,872	0,860	0,848	0,838	0,822	0,812	0,801
0,78	1,045	0,960	0,911	0,890	0,877	0,865	0,854	0,837	0,826	0,814
0,79	1,071	0,982	0,930	0,908	0,895	0,882	0,870	0,852	0,840	0,828
0,80	1,098	1,006	0,950	0,927	0,913	0,900	0,887	0,867	0,854	0,842
0,81	1,127	1,031	0,971	0,947	0,932	0,918	0,904	0,882	0,869	0,857
0,82	1,156	1,056	0,993	0,968	0,951	0,937	0,922	0,898	0,884	0,872
0,83	1,188	1,082	1,016	0,990	0,971	0,956	0,940	0,915	0,900	0,888
0,84	1,221	1,110	1,040	1,013	0,992	0,976	0,960	0,933	0,917	0,904
0,85	1,256	1,139	1,065	1,037	1,015	0,997	0,980	0,952	0,935	0,921
0,86	1,293	1,170	1,092	1,062	1,039	1,019	1,002	0,972	0,953	0,938
0,87	1,333	1,203	1,120	1,088	1,065	1,043	1,025	0,993	0,972	0,956
0,88	1,375	1,238	1,151	1,116	1,092	1,069	1,049	1,015	0,992	0,975
0,89	1,421	1,276	1,183	1,146	1,121	1,097	1,075	1,039	1,014	0,996
0,90	1,472	1,316	1,218	1,179	1,152	1,127	1,103	1,065	1,038	1,017
0,905	1,499	1,338	1,237	1,197	1,169	1,143	1,117	1,079	1,050	1,028
0,910	1,527	1,361	1,257	1,216	1,186	1,159	1,132	1,093	1,063	1,040
0,915	1,557	1,385	1,278	1,236	1,204	1,176	1,148	1,108	1,077	1,053

Продолжение

$\gamma$ \ x	2,00	2,50	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50
0,920	1,589	1,411	1,300	1,257	1,223	1,194	1,165	1,124	1,091	1,066
0,925	1,622	1,439	1,323	1,279	1,243	1,214	1,184	1,141	1,105	1,080
0,930	1,653	1,469	1,348	1,302	1,265	1,235	1,204	1,159	1,122	1,095
0,935	1,696	1,501	1,374	1,326	1,288	1,257	1,225	1,178	1,139	1,111
0,940	1,738	1,535	1,403	1,352	1,312	1,280	1,247	1,198	1,157	1,128
0,945	1,782	1,571	1,434	1,380	1,338	1,305	1,271	1,219	1,176	1,146
0,950	1,831	1,610	1,467	1,411	1,367	1,332	1,297	1,241	1,197	1,165
0,955	1,885	1,653	1,504	1,445	1,399	1,362	1,325	1,265	1,220	1,186
0,960	1,945	1,701	1,545	1,483	1,435	1,395	1,356	1,292	1,246	1,209
0,965	2,013	1,756	1,591	1,526	1,475	1,432	1,391	1,324	1,275	1,235
0,970	2,092	1,820	1,644	1,575	1,521	1,475	1,431	1,362	1,308	1,265
0,975	2,184	1,895	1,707	1,632	1,575	1,525	1,479	1,407	1,347	1,300
0,980	2,297	1,985	1,783	1,703	1,640	1,587	1,537	1,460	1,394	1,344
0,985	2,442	2,100	1,881	1,795	1,727	1,666	1,611	1,525	1,455	1,400
0,990	2,646	2,264	2,018	1,921	1,844	1,777	1,714	1,614	1,538	1,474
0,995	3,000	2,544	2,250	2,137	2,043	1,965	1,889	1,770	1,680	1,605
1,000	$\infty$									
1,005	2,997	2,139	1,647	1,477	1,329	1,218	1,107	0,954	0,826	0,730
1,010	2,652	1,863	1,419	1,265	1,138	1,031	0,936	0,790	0,680	0,598
1,015	2,450	1,704	1,291	1,140	1,022	0,922	0,836	0,702	0,603	0,525
1,020	2,307	1,591	1,193	1,053	0,940	0,847	0,766	0,641	0,546	0,474
1,025	2,197	1,504	1,119	0,986	0,879	0,789	0,712	0,594	0,503	0,435
1,030	2,107	1,432	1,061	0,931	0,827	0,742	0,668	0,555	0,468	0,402
1,035	2,031	1,372	1,010	0,885	0,784	0,702	0,632	0,522	0,439	0,375
1,040	1,966	1,320	0,967	0,845	0,747	0,668	0,600	0,494	0,415	0,353
1,045	1,908	1,274	0,929	0,810	0,716	0,638	0,572	0,469	0,394	0,334
1,05	1,857	1,234	0,896	0,779	0,687	0,612	0,548	0,447	0,375	0,317
1,06	1,768	1,164	0,839	0,726	0,640	0,566	0,506	0,411	0,343	0,290
1,07	1,693	1,105	0,790	0,682	0,600	0,529	0,471	0,381	0,316	0,265
1,08	1,629	1,053	0,749	0,645	0,565	0,497	0,441	0,355	0,292	0,245
1,09	1,573	1,009	0,713	0,612	0,534	0,469	0,415	0,332	0,271	0,226
1,10	1,522	0,969	0,680	0,583	0,506	0,444	0,392	0,312	0,253	0,210
1,11	1,477	0,933	0,652	0,557	0,482	0,422	0,372	0,293	0,237	0,196
1,12	1,436	0,901	0,626	0,533	0,461	0,402	0,354	0,277	0,223	0,183
1,13	1,398	0,872	0,602	0,512	0,442	0,384	0,337	0,263	0,211	0,172
1,14	1,363	0,846	0,581	0,493	0,424	0,368	0,322	0,250	0,200	0,162
1,15	1,331	0,821	0,561	0,475	0,407	0,353	0,308	0,238	0,190	0,153
1,16	1,301	0,797	0,542	0,458	0,391	0,339	0,295	0,227	0,181	0,145
1,17	1,273	0,775	0,525	0,442	0,377	0,326	0,283	0,217	0,173	0,137
1,18	1,247	0,755	0,510	0,427	0,364	0,314	0,272	0,208	0,165	0,130
1,19	1,222	0,736	0,495	0,413	0,352	0,302	0,262	0,200	0,158	0,124
1,20	1,199	0,718	0,480	0,400	0,341	0,292	0,252	0,192	0,151	0,118
1,21	1,177	0,701	0,467	0,388	0,330	0,282	0,243	0,184	0,144	0,113
1,22	1,156	0,685	0,454	0,377	0,320	0,272	0,235	0,177	0,138	0,108
1,23	1,136	0,670	0,442	0,366	0,310	0,263	0,227	0,170	0,132	0,103
1,24	1,117	0,656	0,431	0,356	0,301	0,255	0,219	0,164	0,126	0,098
1,25	1,098	0,643	0,420	0,346	0,292	0,247	0,212	0,158	0,121	0,094
1,26	1,081	0,630	0,410	0,337	0,284	0,240	0,205	0,152	0,116	0,090

Продолжение

x	2,00	2,50	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50
1,27	1,065	0,619	0,400	0,328	0,276	0,233	0,199	0,147	0,111	0,086
1,28	1,049	0,606	0,391	0,320	0,268	0,226	0,193	0,142	0,107	0,082
1,29	1,033	0,594	0,382	0,312	0,261	0,220	0,187	0,137	0,103	0,079
1,30	1,018	0,582	0,373	0,304	0,254	0,214	0,181	0,133	0,099	0,076
1,31	1,004	0,571	0,365	0,297	0,247	0,208	0,176	0,129	0,095	0,073
1,32	0,990	0,561	0,357	0,290	0,241	0,202	0,171	0,125	0,092	0,070
1,33	0,977	0,551	0,349	0,283	0,235	0,197	0,166	0,121	0,089	0,067
1,34	0,964	0,542	0,341	0,277	0,229	0,192	0,161	0,117	0,086	0,064
1,35	0,952	0,533	0,334	0,271	0,224	0,187	0,157	0,113	0,083	0,061
1,36	0,940	0,524	0,328	0,265	0,219	0,182	0,153	0,109	0,080	0,058
1,37	0,928	0,516	0,322	0,259	0,214	0,177	0,149	0,106	0,077	0,056
1,38	0,917	0,508	0,316	0,253	0,209	0,173	0,145	0,103	0,074	0,054
1,39	0,906	0,500	0,310	0,248	0,204	0,169	0,141	0,100	0,072	0,052
1,40	0,896	0,492	0,304	0,243	0,199	0,165	0,137	0,097	0,070	0,050
1,41	0,886	0,484	0,298	0,238	0,195	0,161	0,134	0,094	0,068	0,048
1,42	0,876	0,477	0,293	0,233	0,191	0,157	0,131	0,091	0,066	0,046
1,43	0,866	0,470	0,288	0,229	0,187	0,153	0,128	0,088	0,064	0,045
1,44	0,856	0,463	0,283	0,225	0,183	0,150	0,126	0,085	0,062	0,044
1,45	0,847	0,456	0,278	0,221	0,179	0,147	0,122	0,083	0,060	0,043
1,46	0,838	0,450	0,273	0,217	0,175	0,144	0,119	0,081	0,058	0,042
1,47	0,829	0,444	0,268	0,213	0,171	0,141	0,116	0,079	0,056	0,041
1,48	0,821	0,438	0,263	0,209	0,168	0,138	0,113	0,077	0,054	0,040
1,49	0,813	0,432	0,259	0,205	0,165	0,135	0,110	0,075	0,053	0,039
1,50	0,805	0,426	0,255	0,201	0,162	0,132	0,108	0,073	0,052	0,038
1,55	0,767	0,399	0,235	0,184	0,147	0,119	0,097	0,065	0,045	0,032
1,60	0,733	0,376	0,218	0,170	0,134	0,108	0,087	0,058	0,039	0,027
1,65	0,703	0,355	0,203	0,157	0,123	0,098	0,079	0,052	0,034	0,023
1,70	0,675	0,336	0,189	0,145	0,113	0,090	0,072	0,046	0,030	0,020
1,75	0,650	0,318	0,177	0,134	0,104	0,083	0,065	0,041	0,026	0,017
1,80	0,626	0,303	0,166	0,124	0,096	0,077	0,060	0,037	0,023	0,015
1,85	0,605	0,289	0,156	0,115	0,089	0,071	0,055	0,033	0,020	0,013
1,90	0,585	0,276	0,147	0,108	0,083	0,066	0,050	0,030	0,018	0,011
1,95	0,567	0,264	0,139	0,102	0,078	0,061	0,046	0,027	0,016	0,009
2,0	0,550	0,253	0,132	0,097	0,073	0,057	0,043	0,025	0,015	0,008
2,1	0,518	0,233	0,119	0,086	0,064	0,049	0,037	0,021	0,012	0,007
2,2	0,490	0,216	0,108	0,077	0,057	0,043	0,032	0,018	0,010	0,006
2,3	0,466	0,201	0,098	0,069	0,051	0,038	0,028	0,015	0,008	0,005
2,4	0,444	0,188	0,090	0,063	0,046	0,034	0,024	0,013	0,007	0,004
2,5	0,424	0,176	0,082	0,057	0,041	0,031	0,021	0,011	0,006	0,003
2,6	0,405	0,165	0,076	0,052	0,037	0,028	0,019	0,0095	0,0050	0,0025
2,7	0,389	0,155	0,070	0,048	0,033	0,025	0,017	0,0084	0,0045	0,0020
2,8	0,374	0,146	0,065	0,044	0,030	0,022	0,015	0,0075	0,0040	0,0015
2,9	0,360	0,138	0,060	0,040	0,027	0,020	0,013	0,0067	0,0035	0,0010
3,0	0,346	0,131	0,056	0,037	0,025	0,0185	0,0125	0,0060	0,0030	0,00075
3,5	0,294	0,104	0,041	0,026	0,017	0,0125	0,0075	0,0035	0,0020	0,00050
4,0	0,255	0,084	0,031	0,019	0,012	0,0085	0,0050	0,0020	0,0010	0,00025
4,5	0,226	0,070	0,025	0,014	0,009	0,0065	0,0035	0,0015	0,0005	0
5,0	0,203	0,059	0,020	0,010	0,007	0,0050	0,0025	0,0010	0	0

Учебное пособие

Валерий Федорович Василенков

Сергей Валерьевич Василенков

Яков Андреевич Аксёнов

**Методическое пособие по проектированию быстротоков  
для закрепления вершин оврагов в населенных пунктах**  
в помощь изучению дисциплин  
«Инженерное обустройство территорий»,  
«Основы градостроительства и планировка населённых мест»,  
«Инженерная защита окружающей среды»

Редактор Лебедева Е.М.

---

Подписано к печати 08.02.2018 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 1,27. Тираж 30 экз. Изд. № 5487.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ