

Московский государственный университет леса

С. П. Карпачев

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ ПО КУРСУ
МЕЛИОРАЦИЯ ЛЕСОСПЛАВНЫХ ПУТЕЙ И
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ**

Задача № 2

Учебное пособие
для студентов специальности 250401

Москва – 2012

УДК 630.378

К 26

**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ ПО КУРСУ
МЕЛИОРАЦИЯ ЛЕСОСПЛАВНЫХ ПУТЕЙ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ
СООРУЖЕНИЯ** : Учебное пособие для студентов спец. 250401 – М.:
МГУЛ, 2012. – 48 с.: ил.

Разработано в соответствии с Государственным образовательным стандартом ВПО 2000 г. для направления подготовки 656300 на основе примерных программ дисциплин “Лесоинженерное дело” для специальности 250401 2004 года.

Учебное пособие содержит сведения по решению специальных задач по курсу мелиорации лесосплавных путей и гидротехническим сооружениям. Учебное пособие сопровождается примерами решения задач.

Одобрено и рекомендовано к изданию в качестве учебного пособия редакционно–издательским советом университета

Рецензенты: профессор А.А. Шадрин;
доцент Е.Н. Щербаков

Кафедра транспорта леса

Авторы: Сергей Петрович Карпачев, профессор

© Карпачев С.П., 2012

© Московский государственный университет леса

2. Равномерное движение воды в каналах

2.1. Основные понятия

Основной формулой для определения средней скорости воды при равномерном движении в открытых руслах является формула Шези:

$$v = C\sqrt{R_z i}; \quad (11)$$

где C – коэффициент Шези, определяемый по формуле Павловского;

R_r – гидравлический радиус, м;

i – продольный уклон дна, м.

Формула Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R_z^y; \quad (12)$$

где n – коэффициент шероховатости;

значения коэффициента приведены в табл. 1;

y – показатель степени, определяемый по формуле:

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R_z}(\sqrt{n} - 0,10); \quad (13)$$

Формула расхода:

$$Q = \omega \cdot v; \quad (14)$$

где ω – площадь поперечного сечения русла, м².

У искусственных каналов форма поперечного сечения, шероховатость и продольный уклон постоянны. Это обеспечивает равномерное движение потока воды. В этом случае уклон дна канала равен уклону свободной поверхности. В каналах определение скорости ведется по формуле Шези (11). Для определения значения коэффициента C применяется формула Павловского (12). Значение коэффициентов шероховатости n для открытых искусственных русел приведены в табл. 1. Расход воды в канале определяется по формуле (14).

Введем обозначение W – скоростная характеристика:

$$W = C\sqrt{R_z}; \quad (15)$$

тогда формула (11) примет вид:

$$v = W \cdot \sqrt{i}; \quad (16)$$

где i – продольный уклон дна канала:

Таблица 1

Коэффициент шероховатости n для открытых искусственных русел

№№	Характеристика русла	Коэффициент шероховатости n
	Лотки:	
1	Обшитые хорошо остроганными досками	0,010
2	Обшитые нестроганными досками	0,012
3	Металлические (новые)	0,011
4	Бетонные (в средних условиях)	0,014
	Каналы:	
1	В очень хорошем состоянии, сплошь покрытые устойчивым илистым слоем .	0,018
2	Чисто высеченные в скале; покрытые булыжной мостовой	0,020
3	В плотной глине, лёссе, гравии	0,0225
4	Земляные в средних условиях	0,025
5	Земляные в сравнительно плохих условиях (местами заросшие, с булыжником и местными обвалами)	0,030
6	Земляные в исключительно плохих условиях (значительные промоины и обвалы, заросшие, крупные камни)	0,040

Введем обозначение K – расходная характеристика:

$$K = \omega \cdot C \sqrt{R_2}; \quad (17)$$

тогда формула расхода (14) примет вид:

$$Q = K \cdot \sqrt{i}; \quad (18)$$

Вычисленная по формуле Шези (11) скорость v движения воды в проектируемом канале должна находиться в пределах

$$v_{\min} \leq v \leq v_{\max}; \quad (19)$$

где v_{\min} – минимальная допустимая скорость (минимальная незаиляющая скорость);

v_{\max} – максимальная допустимая скорость (максимальная размывающая скорость).

Допустимые скорости приведены в табл. **2, 3**

При устройстве каналов не всегда удастся соблюсти неравенство (19). Так, при прокладке канала по местности с большим уклоном скорости течения часто оказываются больше максимально допустимых. В этом случае приходится применять искусственное крепление стенок и дна канала в виде каменной отмостки, бетонной облицовки и др. Если же канал проходит по равнинной местности и

ему не удастся придать нужного уклона, скорости течения в нем могут оказаться меньше минимально допускаемых. Для нормальной эксплуатации необходимо предусматривать периодическую очистку канала от отложившихся наносов.

Скорости течения в лесотранспортных лотках могут быть, при необходимости, понижены путем применения так называемой усиленной шероховатости в виде различного рода выступов, закрепляемых на дне и стенках лотка.

Глубина и ширина каналов принимается в зависимости от габаритов судна (плота) с обеспечением необходимого запаса.

Глубина канала должна отвечать условию:

$$h_{\min} \geq T + z; \quad (20)$$

где T – осадка судна (плота), м;

z – донный запас, м.

Для плотов, значение донного запаса принимается: $z = 0,20$ м при $T < 1,5$ м и $z = 0,25$ м при $T > 1,5$ м.

Таблица 2

Значения максимально допустимых (неразмывающих) скоростей течения

Вид грунта или крепления	Допустимая максимальная средняя скорость, м/с, при средней глубине потока, м			
	0,4	1	2	3 и более
Малоплотные глины и суглинки	0,33	0,4	0,46	0,5
Среднеплотные глины	0,7	0,85	0,95	1,1
Плотные глины и суглинки	1,0	1,2	1,4	1,5
Дерн:				
плашмя	0,6	0,8	0,9	1
свежий (в стенку)	1,5	1,8	2	2,2
Хворостяное	1,8	2,2	2,5	2,7
Мостовое:				
одиночное ($d = 0,2$ м)	2,5—2,9	3—3,5	3,5—4	3,8—4,3
двойное ($u = 0,2$ м)	3,1—3,6	3,7—4,3	4,3-5	4,6—5,4
Бетон и железобетон	4,2—8,5	5—9	5,7—10	6—11
Деревянные лотки, каналы гладкие (течение вдоль волокон)	8—12	10—10	12—17	14—18

Значения минимальных незаиливающих скоростей

Наносы	Диаметр частиц d , мм	Глубина потока h , м		
		1,0	2,0	3,0
Очень мелкие	0,2— 0,3	0,34	0,44	0,51
Мелкие	0,3— 0,4	0,43	0,57	0,66
Среднепесчаные	0,4 — 0,5	0,60	0,78	0,92
Крупнопесчаные	0,5—1,0	0,87	1,13	1,32

Ширина канала по дну b для плотового лесосплава должна отвечать условиям:

– при одностороннем движении:

$$b \geq B_1 + 2 \cdot b_1, \quad (21)$$

– при двустороннем движении

$$b \geq B_1 + B_2 + 2 \cdot (b_1 + b_2), \quad (22)$$

где B_1 – ширина судна (плота), м;

B_2 – ширина встречного судна (плота), м;

b_1, b_2 – запас с каждого борта, 6...18 м.

Величина расхода воды в канале зависит от размеров его поперечного сечения b и h , коэффициента заложения откосов m , коэффициента шероховатости n и уклона дна i_0 .

Гидравлический расчет каналов обычно заключается в определении его профиля, а также в проверке на допускаемые скорости движения воды в каналах. При гидравлическом расчете каналов встречаются три основные задачи:

* *Первая задача.* Даны уклон дна i , размеры живого сечения h , b и m . Требуется определить расход Q .

Решение.

1. По соответствующим формулам находим ω, χ, R_r и C .

2. Затем находим расход Q по формуле Шези (11) и формуле (14).

* *Вторая задача.* Даны расход Q , ширина по дну b , глубина в канале h и m . Требуется определить уклон i .

Решение.

1. Находим по соответствующим формулам гидравлические элементы ω, χ, R_r и C .

2. Определяем среднюю скорость течения в канале из формулы (14).

3. Определяем коэффициент Шези C по формуле Павловского (12).

4. Определяем уклон канала из формулы Шези (11).

* *Третья задача.* Даны расход Q и уклон канала i и m . Требуется подобрать живое сечение канала ω . Эта задача имеет множество решений.

Решение:

Один из способов решения задачи — способ подбора.

Рассмотрим этот способ.

1. Зная, по эксплуатационным условиям, ширину канала по дну b , задаемся глубиной воды в канале h_1 и, как в первой задаче, определяем Q_1 и сравниваем его с заданным расходом Q . Если оказалось, что $Q_1 < Q$, то задаемся снова большим значением глубины, чем h_1 и снова определяем расход Q_2 и так делаем три–четыре раза, пока расход Q_n при определенном значении h_n не будет равен заданному расходу Q .

2. Если нам известна (задана) по эксплуатационным условиям глубина канала h , то задаемся шириной канала по дну b_1 , определяем расход Q_1 и сравниваем его с заданным расходом Q . Если Q_1 не равен Q , то снова задаемся шириной канала по дну b_2 и определяем Q_2 . Снова сравниваем Q_2 с Q , если Q_2 не равен Q , то задаемся b_3 , и т. д. Решается, как и в предыдущем случае.

2.2. Задачи для самостоятельного решения

Задача 2

Проектируется судоходный открытый канал с односторонним движением судов. Максимально допустимая скорость течения воды по условиям судоходства не должна превышать заданную.

Заданы характеристика судна:

Осадка судна.

Ширина судна.

Донный запас.

Запас с каждого борта.

Характеристики канала:

Уклон дна.

Заданы форма канала и грунт.

Требуется установить габариты канала.

Исходные данные к задаче 2 приведены в табл. П.3 Приложения.

Требования к оформлению задачи. Результаты решения задачи должны быть представлены в виде отчета на листах бумаги формата А4. Отчет должен иметь титульный лист с указанием варианта, номера группы и фамилии студента. Поперечное сечение канала должно быть начерчено **обязательно в масштабе** на миллиметровой бумаге формата А4.

2.3. Пример гидравлического расчета канала

Пример задачи 2

Проектируется судоходный открытый канал с односторонним движением судов. Максимально допустимая скорость течения воды по условиям судоходства не должна превышать 1,5 м/с.

Характеристика судна:

Осадка судна – $T = 3,5$ м.

Ширина судна – $B_1 = 12$ м.

Донный запас – $z = 0,6$ м.

Запас с каждого борта – $b_1 = 6$ м.

Характеристики канала:

Уклон дна – $i = 0,0001$.

Канал трапецеидальной формы – $m = 2$.

Грунт – глина.

Требуется установить габариты канала.

Решение

1. Определяем необходимую глубину канала по формуле (20):

$$h_{min} = 3,5 + 0,6 = 4,1 \text{ м.}$$

2. Определяем величину канала по дну по формуле (21):

$$b = 12 + 2 \cdot 6 = 24 \text{ м.}$$

3. Площадь живого сечения канала:

$$\omega = (b + m \cdot h) \cdot h = (24 + 2 \cdot 4,1) \cdot 4,1 = 132,02 \text{ м}^2.$$

4. Смоченный периметр канала:

$$\chi = b + 2 \cdot h \sqrt{1 + m^2} = 24 + 2 \cdot 4,1 \cdot \sqrt{1 + 2^2} = 42,34 \text{ м.}$$

5. Гидравлический радиус:

$$R_r = 132,02 / 42,34 = 3,12 \text{ м.}$$

6. Коэффициент шероховатости n устанавливаем по табл.

1:

$$n = 0,0225.$$

7. Коэффициент Шези определяем по формулам (12–13):

$$y = 0,179,$$

$$C = 54,48.$$

8. Средняя скорость в канале будет равна:

$$v = 54,48 \cdot \sqrt{3,12 \cdot 0,0001} = 0,96 \text{ м/с} < 1,5 \text{ м/с.}$$

9. Проверяем на допустимые скорости:

– неразмывающая скорость $V_{\text{мин}} = 1,1 \text{ м/с,}$

– незаиливающая скорость $V_{\text{мах}} = 0,66 \text{ м/с.}$

$$0,66 \text{ м/с} < V = 0,96 \text{ м/с} < 1,1 \text{ м/с,}$$

то есть, условия неразмываемости и незаиливаемости канала выполняются.

2.4. Примерные вопросы к защите задачи

1. Формула Шези.
2. Формула Павловского.
3. Скоростная характеристика. Формула расчета.
4. Расходная характеристика. Формула расчета.
5. Условия неразмываемости и незаиливания канала.
6. Необходимые глубина и ширина канала из условия судоходства.
7. Гидравлический расчет канала.
8. Три основные задачи гидравлического расчета каналов.