

Московский государственный университет леса

С. П. Карпачев

---

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

**Задача № 4**

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

## **Введение**

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов специальности "Лесоинженерное дело".

В учебном пособии рассмотрены примеры решения задач по курсу "Мелиорация лесосплавных путей и гидротехнические сооружения".

Настоящая работа охватывает следующие разделы курса: гидравлические элементы потока, равномерное движение воды в открытых руслах, равномерное движение воды в каналах, равномерное движение воды в естественных речных руслах, неравномерное движение воды в открытых руслах, водосливы, движение грунтовых вод.

Все разделы сопровождаются примерами решения задач.

Целью данного учебного пособия является восполнение пробела по этой теме, недостаточно представленной в имеющейся учебной и справочной литературе, которой пользуются студенты.

## 4. Неравномерное движение воды в открытых руслах

### 4.1. Основные понятия

Неравномерным движением жидкости называется такое движение, когда средняя скорость течения и живое сечение потока изменяются по его длине. Неравномерное движение в речных руслах наблюдается при расширении или сужении русла, углублении или повышении дна реки, поворота русла, наличия в русле водоподпорных сооружений и т. п.

В данном живом сечении удельную энергию, вычисленную относительно плоскости сравнения, проведенной через низшую точку этого сечения, называют удельной энергией сечения. Ее выражают формулой :

$$\mathcal{E} = h_{\max} + \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g}, \quad (39)$$

где  $\alpha = 1,1$ ;

$h_{\max}$  — наибольшая глубина в живом сечении.

Глубина, при которой удельная энергия сечения при данном расходе имеет наименьшее значение, называется критической глубиной —  $h_{кр}$ . Критическую глубину легко определить, как экстремум функции (39), полагая  $v = Q/\omega$  и  $h = \omega/B$ . Тогда критическая глубина сечения любой формы может быть определена из выражения:

$$\frac{\omega_{кр}^3}{B_{кр}} = \frac{\alpha \cdot Q^2}{g}. \quad (40)$$

Для прямоугольного русла формула (40) преобразуется к виду:

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot q^2}{g}}, \quad (41)$$

где  $q$  — удельный расход:  $q = Q/B$ .

При заданном расходе критическая глубина зависит только от размеров и формы живого сечения.

Уклон дна, при котором нормальная глубина  $h_0 > h_{кр}$  называют пологим,  $h_0 < h_{кр}$  — крутым,  $h_0 = h_{кр}$  — критическим.

Состояние потока, когда бытовая глубина больше критической ( $i < i_{кр}$ ), называют спокойным, а при глубине потока меньше критической ( $i > i_{кр}$ ) — бурным.

Неравномерное движение возможно как при спокойном состоянии потока, так и при бурном его состоянии.

## 4.2. Задачи для самостоятельного решения

### Задача 4

Вода течет в лесосплавном лотке прямоугольной формы с коэффициентом шероховатости  $n$ , имеющем размеры поперечного сечения:  $B, h$ . Расход воды в канале  $Q$ . Уклон дна  $i$ .

Требуется определить критическую глубину  $h_{кр}$ , критический уклон  $i_{кр}$ , состояние потока. Построить график удельной энергии сечения в зависимости от глубины и определить минимальную удельную энергию сечения.

Исходные данные к задаче 4 приведены в табл. П.7 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. График должен быть начерчен **обязательно** на миллиметровой бумаге формата А4.

## 4.3. Пример решения задачи

### Пример задачи 4

Построить график удельной энергии сечения в зависимости от глубины и определить минимальную удельную энергию сечения. Вода течет в лесосплавном лотке прямоугольной формы с коэффициентом шероховатости  $n = 0,012$ , имеющем следующие размеры поперечного сечения:  $B = 1,2$  м,  $h = 0,75$  м. Расход воды в канале  $Q = 0,75$  м<sup>3</sup>/с. Уклон дна  $i = 0,0015$ .

### Решение

1. Задаемся несколькими глубинами  $h$  и определяем для каждого из них значения  $av^2/2g$  и  $\mathcal{E}$ . Результаты расчета заносим в таблицу ниже:

Расчет удельной энергии сечения:		
$h, \text{ м}$	$av^2/2g, \text{ м}$	$\mathcal{E}, \text{ м};$
0,15	0,97	1,12;
0,30	0,24	0,54;
0,45	0,11	0,56;
0,60	0,06	0,66;
0,75	0,039	0,789.

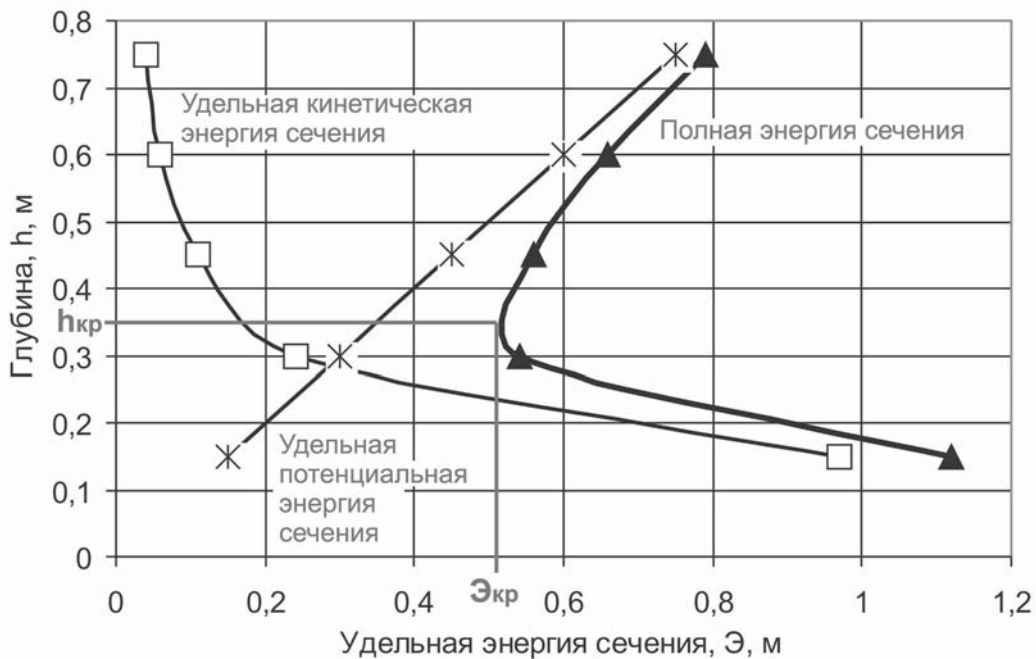
2. По данным таблицы строим графики:  $\mathcal{E} = f(h)$  (рис. 7):

- Удельной кинетической энергии сечения.
- Удельной потенциальной энергии сечения.
- Полной энергии сечения.

3. Критическую глубину можно определить по полученному графику или по формуле (41):

$$h_{кр} = 0,35 \text{ м},$$

что подтверждается данными графика (рис. 7).



**Рис. 7. График изменения удельной энергии сечения**

4. Для определения критического уклона  $i_{кр}$  вычисляем гидравлический радиус:

$$R_{кр} = 0,42 \text{ м}$$

$$C_{кр} = 72,1 \text{ м}^{0,5}/\text{с}$$

и находим

$$i_{кр} = 0,0017.$$

Так как,  $i_{кр} > i$ , поток находится в спокойном состоянии.

#### **4.4. Примерные вопросы к защите задачи**

1. Неравномерное движение жидкости в открытых потоках.
2. Формула для определения удельной энергии сечения.
3. Критическая глубина.
4. Уклоны дна: пологий, критический, крутой.
5. Состояние потока: спокойное, критическое, бурное.