

Московский государственный университет леса

С. П. Карпачев

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

Задача № 1

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.

1. Гидравлические элементы потока

1.1. Основные понятия

В реках и каналах различают два основных вида движения воды: установившееся и неустановившееся. Установившееся движение воды – это такое движение, когда в каждой отдельно взятой точке скорость и ее направление не меняются во времени. Напротив, при неустановившемся движении скорость в каждой точке потока не остается постоянной во времени.

Равномерным движением воды называется такое движение, при котором расход и размеры живого сечения потока не изменяются по его длине.

Равномерное движение в открытых руслах встречается только в искусственных водотоках – каналах и лотках. Движение же воды в реках является неравномерным, так как гидравлические элементы потока в естественных руслах изменяются вдоль водотока. Однако, в ряде случаев, для изучения движения воды в реках можно разбить водоток на ряд участков, в пределах которых гидравлические элементы потока претерпевают незначительные изменения. Движение воды на таких участках рек можно с достаточной для практических целей точностью, рассматривать как равномерное.

Глубина вдоль равномерного потока постоянна, поэтому уклон дна i равен уклону свободной поверхности.

Основными гидравлическими элементами потока являются:

- площадь живого сечения;
- смоченный периметр;
- гидравлический радиус;
- уклон;
- скорость;
- расход.

Площадь живого сечения

В гидравлике площадь живого сечения потока определяют на основе струйчатой модели, как площадь поверхности в пределах потока нормальной к линиям тока. Применяя к потоку понятие средней скорости, площадь живого сечения можно определить, как площадь плоской поверхности в пределах потока нормальной к вектору средней скорости.

Площадь живого сечения открытых потоков ограничена руслом и свободной поверхностью.

Для каналов прямоугольной формы площадь живого сечения определяется по формуле:

$$\omega = b \cdot h; \quad (1)$$

где b – ширина канала по дну;
 h – глубина воды в канале.

Искусственным земляным каналам из практических соображений придают трапециевидальное поперечное сечение (рис. 1) с шириной канала по дну b , глубиной канала h и заложением откосов a . Отношение заложения откосов к глубине канала называется коэффициентом заложения откосов m :

$$m = \frac{a}{h} = \operatorname{ctg} \alpha; \quad (2)$$

Коэффициент заложения откосов каналов назначается в зависимости от характера грунта, в котором проходит канал. Например, для нескальных грунтов он принимается в пределах 1,5...3,0.

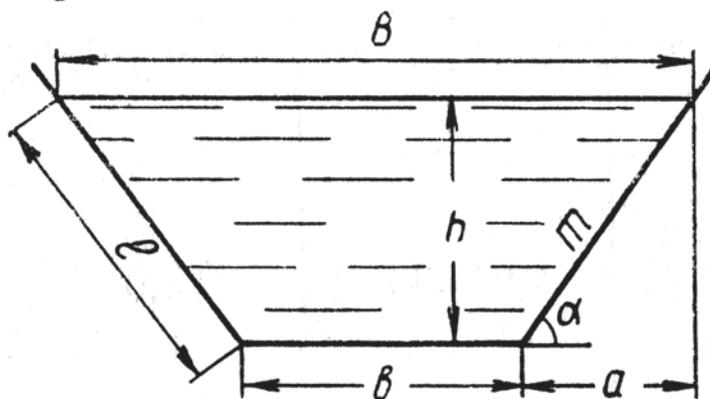


Рис. 1. Канал трапециевидальной формы

Площадь живого сечения трапециевидального канала определяется по формуле:

$$\omega = \frac{(B + b) \cdot h}{2}; \quad (3)$$

или, с учетом формулы (2):

$$\omega = (b + mh) \cdot h; \quad (4)$$

Для речных русел корытообразной формы, которая характерна для рек лесной зоны европейской части России, для расчета площади живого сечения можно пользоваться формулой:

$$\omega = B \cdot h_{\text{ср.}}; \quad (5)$$

где B – ширина реки в створе ;
 $h_{\text{ср.}}$ – средняя глубина воды в реке.

Более точно живое сечение реки в данном створе определяют по данным измерений глубин по промерным вертикалям. Для этого через расчетный створ натягивают канат, размеченный через равные промежутки. В размеченных точках с помощью, например, специальной мерной линейки, измеряют глубины. По полученным

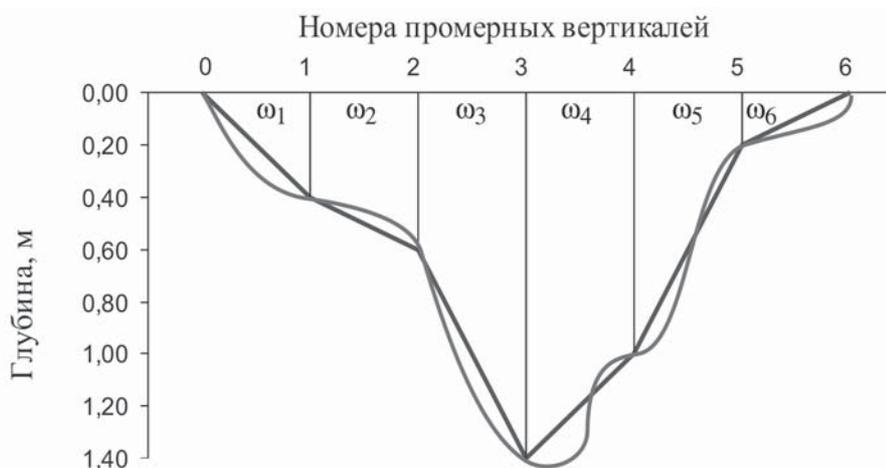


Рис. 2. Поперечное сечение реки, построенное по результатам гидрометрических измерений

данным измерений вычерчивают поперечник реки в определенном масштабе. Концы отрезков промерных вертикалей соединяют прямыми линиями. В результате получается поперечный профиль реки, состоящий из прямоугольных трапеций и двух прямоугольных треугольников, как это показано на рис. 2. Площадь живого сечения реки определяют как сумму отдельных площадок: $w_1 + w_2 + \dots + w_6$.

Смоченный периметр – это длина части линии периметра живого сечения, соприкасающегося с водой. Для открытых русел смоченный периметр определяется, как длина линии соприкосновения воды со стенками русла в данном живом сечении.

Смоченный периметр для трапецеидального канала:

$$\chi = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}; \quad (6)$$

Отношение площади живого сечения к смоченному периметру называют **гидравлическим радиусом**:

$$R = \frac{\omega}{\chi}; \quad (7)$$

Гидравлический радиус для трапецеидального канала:

$$R_z = \frac{\omega}{\chi} = \frac{(b + m \cdot h) \cdot h}{b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}}; \quad (8)$$

Отметим, если ширина реки много больше глубины, что характерно для рек лесной зоны: $B \ll h_{\text{ср.}}$, то гидравлический радиус приблизительно равен средней глубине реки.

Отношение падение уровня воды на участке называется **уклоном** реки. Безнапорное движение рек и каналов происходит под действием силы тяжести, благодаря уклону русла.

Количество жидкости, проходящее в единицу времени через живое сечение русла, называется **расходом** потока:

$$Q = \int_{\omega} u \cdot d\omega; \quad (9)$$

где u – скорость движения жидкости в элементарной струйке потока.

Поскольку аналитически определить изменение скорости по живому сечению реальных русел затруднительно, для определения расхода пользуются *средней скоростью* потока, что выражается формулой:

$$v_{\text{ср.}} = \frac{Q}{\omega}; \quad (10)$$

1.2. Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.1

Канал трапецеидальной формы имеет ширину по дну b , глубину h . Коэффициент откоса канала m . Средняя скорость потока v .

Требуется определить:

- площадь живого сечения;
- смоченный периметр;
- гидравлический радиус;
- расход потока.

Исходные данные к задаче 1.1 приведены в табл. П.1 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.

Задача 1.2

В результате измерений в створе реки получены глубины на 5 промерных вертикалях:

$h_1, h_2, h_3, h_4, h_5;$

и средние скорости на отдельных участках между вертикалями:

$v_{0-1}, v_{1-2}, v_{2-3}, v_{3-4}, v_{4-5}, v_{5-6}.$

Расстояние между промерными вертикалями одинаковое и равно 5 м.

Требуется построить поперечное сечение реки и определить среднюю скорость течения $v_{ср}$.

Исходные данные к задаче 1.2 приведены в табл. П.2 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 реки должно быть начерчено **обязательно в масштабе** на миллиметровой бумаге формата А4.

1.3. Примеры решения задач

Пример задачи 1.1

Канал трапецеидальной формы имеет ширину по дну $b=25$ м, глубину $h=3$ м. Коэффициент откоса канала $m=2$. Средняя скорость потока $v=1,25$ м/с.

Требуется определить:

- площадь живого сечения;
- смоченный периметр;
- гидравлический радиус;
- расход потока.

Решение

1. Площадь живого сечения канала трапецеидальной формы определим по формуле (4):

$$\omega = (b + m \cdot h) \cdot h = (25 + 2 \cdot 3) \cdot 3 = 93 \text{ м}^2;$$

2. Смоченный периметр определим из выражения (6):

$$\chi = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2} = 25 + 2 \cdot 3 \cdot \sqrt{1 + 2^2} = 38,42 \text{ м};$$

3. Гидравлический радиус определим по формуле (8):

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{93}{38,42} = 2,42 \text{ м};$$

4. Расход потока определим из выражения (10):

$$Q = \omega \cdot v_{\text{ср.}} = 93 \cdot 1,25 = 116,25 \text{ м}^3 / \text{с};$$

Пример задачи 1.2

В результате измерений в створе реки получены глубины на 5 промерных вертикалях:

$$h_1 = 0,4 \text{ м};$$

$$h_2 = 0,6 \text{ м};$$

$$h_3 = 1,4 \text{ м};$$

$$h_4 = 1,0 \text{ м};$$

$$h_5 = 0,2 \text{ м};$$

Средние скорости на отдельных участках между вертикалями:

$$v_{0-1} = 0,1 \text{ м/с};$$

$$v_{1-2} = 0,3 \text{ м/с};$$

$$v_{2-3} = 0,8 \text{ м/с};$$

$$v_{3-4} = 0,6 \text{ м/с};$$

$$v_{4-5} = 0,5 \text{ м/с};$$

$$v_{5-6} = 0,2 \text{ м/с}.$$

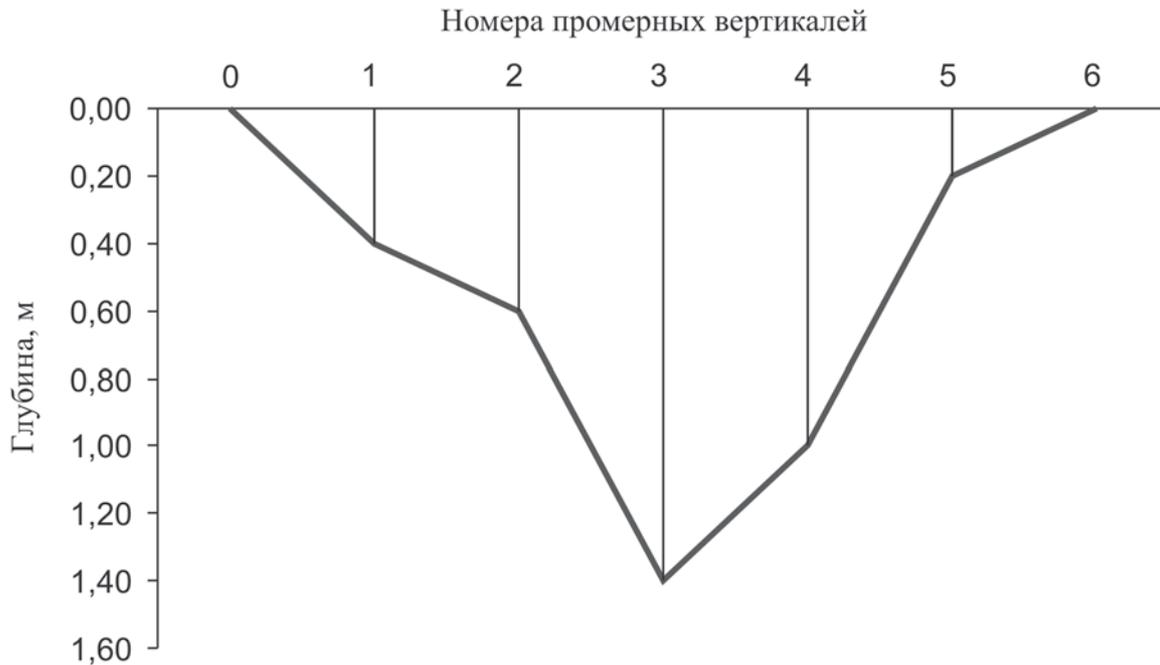


Рис. 3. Поперечное сечение реки

Расстояние между промерными вертикалями одинаковое и равно 10м.

Требуется построить поперечное сечение реки и определить среднюю скорость течения.

Решение

1. Поперечное сечение реки строим в масштабе, используя данные измерений глубин на промерных вертикалях (рис. 3). Горизонтальный масштаб лучше принять меньшим, чем вертикальный.

2. Среднюю скорость течения реки определим по формуле (10). Площадь живого сечения реки определим как сумму отдельных площадок ее составляющих:

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 + \omega_5 + \omega_6 .$$

Конечные площадки соответствуют прямоугольному треугольнику, а все остальные – прямоугольным трапециям. Применяя соответствующие формулы для площади треугольника $\omega = 1/2 \cdot h \cdot B$

и для трапеции:

$$\omega = 1/2 \cdot (h_1 + h_2) \cdot B, \text{ получим в м}^2:$$

$$\begin{aligned}\omega_1 &= 2; \\ \omega_2 &= 5; \\ \omega_3 &= 10; \\ \omega_4 &= 12; \\ \omega_5 &= 6; \\ \omega_6 &= 1.\end{aligned}$$

Тогда общая площадь живого сечения будет равна:

$$\omega = 2 + 5 + 10 + 12 + 6 + 1 = 36 \text{ м}^2.$$

3. Расход воды в реке определим как сумму расходов по отдельным площадкам живого сечения:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6.$$

Поскольку $Q_i = v_i \omega_i$, получим в м³/с:

$$\begin{aligned}Q_1 &= 0,2; \\ Q_2 &= 1,5; \\ Q_3 &= 8; \\ Q_4 &= 7,2; \\ Q_5 &= 3; \\ Q_6 &= 0,2.\end{aligned}$$

Тогда общий расход будет равен:

$$Q = 0,2 + 1,5 + 8 + 7,2 + 3 + 0,2 = 20,1 \text{ м}^3/\text{с}.$$

4. Средняя скорость потока в живом сечении будет равна:

$$v_{\text{ср.}} = 20,1/36 = 0,56 \text{ м/с}.$$

1.4. Примерные вопросы к защите задач

1. Виды движения воды в открытых руслах. Каналы и естественные русла.
2. Основные элементы потока и формулы для их определения.
3. Расход потока и формула для его определения.
4. Средняя скорость потока и формула для ее определения.