

Лабораторная работа № 2

Исследование закономерностей движущейся жидкости. Гидравлические расчеты каналов и гидротехнических сооружений.

Задача 1.3. Гидравлические расчеты каналов и гидротехнических сооружений.

Гидравлическими расчетами определяются расходы (Q), скорости движения водотока (V) и устанавливаются параметры (ω) водопроводящих и водопропускных гидротехнических сооружений (каналов, трубопроводов, водосливов и т.д.), способные пропустить заданный расход.

Расход воды в открытом водотоке (канале, реке, лотке) определяется по формуле

$$Q = \omega \cdot V \quad (2.1)$$

Каналы рассчитываются при условии равномерного движения потока, поэтому среднюю скорость (V) находят по формуле Шези

$$V = C\sqrt{R_i \cdot i} \quad (2.2)$$

где C – коэффициент Шези, зависящий от шероховатости русла (n) и гидравлического радиуса (R). Величину C можно определить по специальным таблицам или приближенно по зависимости

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (2.3)$$

где n – шероховатость русла (для каналов в земляном русле без растительности $n = 0,025$; при закреплении русла одерновкой или посевом трав $n = 0,03 \dots 0,035$);

i – уклон дна канала.

Величину R находим по формуле

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (2.4)$$

где ω – площадь живого сечения, m^2 ;

χ – смоченный периметр, m .

Исходя из простейших геометрических соотношений для трапецидального сечения канала (рис. 2.1) получим

$$\omega = (b + mh) h \quad (2.5)$$

$$\chi = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad (2.6)$$

Для примера решим прямую задачу. Пусть требуется найти расход Q , который пропустит канал при заданных его параметрах: $b = 0,6$ м;

$h = 0,8 \text{ м}; m = 1,5; i = 0,001; n = 0,025.$
 Проведя их подстановку в формулы, получим:
 $\omega = 0,8 (0,6 + 1,5 \cdot 0,8) = 1,44 \text{ м}^2;$

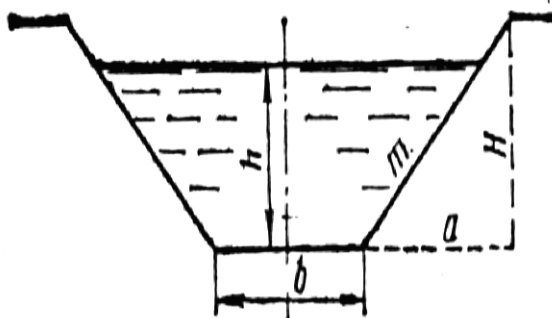


Рис. 2.1. Канал трапецеидального сечения:
 b - ширина канала по дну; h - глубина наполнения канала;
 $m = a/H$ - коэффициент заложения откоса

$$\chi = 0,6 + 2 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{1 + 1,5^2} = 3,48 \text{ м}^2;$$

$$R = 1,44 / 3,48 = 0,414 \text{ м}; C = 32,2 \text{ (формула 2.4);}$$

$$V = 32,2 \cdot \sqrt{0,414 \cdot 0,001} = 0,66 \text{ м} / \text{с};$$

$$Q = 1,44 \cdot 0,66 = 0,94 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

В практике водохозяйственного строительства на основании гидрологических расчетов чаще устанавливается расход воды Q , который должен пропустить канал. При этом решается обратная задача. При известном Q и остальных параметрах канала требуется найти глубину воды в канале h или его ширину по дну b . Эта задача может быть решена графоаналитическим способом.

Задаваясь несколькими значениями h или b , можно построить графики связи расхода Q с глубиной воды в канале h и соответственно с шириной канала b , т.е. $Q = f(h)$; $Q = f(b)$.

Пример расчета $Q = f(h)$ приводится в табл. 1.1.

По значениям h и Q строится график.

Значения расходов откладываются по горизонтали, глубина воды

h – по вертикальной шкале. График $Q = f(h)$ будет иметь выпуклую форму, а график $Q = f(b)$ – прямолинейную (рис. 2.2, а, б). Графически можно определить при любом расходе глубину воды в канале или ширину по дну.

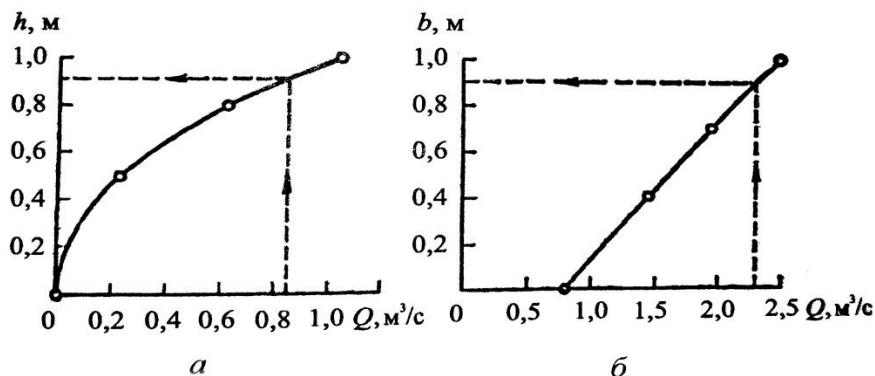


Рис. 2.2. Графики к решению обратных задач по расчету канала

Таблица 1.1 Расчеты к графоаналитическому определению глубины канала

Обозначения и формула для вычисления	Размерность	Задаваемые и вычисляемые значения		
		h_1	h_2	h_3
h - задается	м	0,5	0,8	1,0
ω по формуле (2.5)	м ²	0,5	1,04	1,5
χ по формуле (2.6)	м	1,91	2,76	3,33
R по формуле (2.4)	м	0,26	0,37	0,45
C по формуле (2.3)		29	31	33
$Q = \omega C \sqrt{Ri}$	м ³ /с	0,23	0,62	1,05

При устройстве прудов (водохранилищ) устраивается водозадерживающее гидротехническое сооружение - плотина. В зависимости от назначения прудового хозяйства через определенные сроки (3...5 лет) предусматривается опорожнение пруда. Полное опорожнение пруда обуславливается санитарно-оздоровительными условиями и в случае необходимости капитального ремонта плотины и водосливных сооружений. Для этого устанавливается донный водоспуск. Он выполняется в виде железобетонных или других труб круглого поперечного сечения (могут быть и другие конструкции). Устраивается в самом низком месте основания плотины (рис. 2.3). Для установления параметров (размеров) водоспуска и времени опорожнения емкости пруда производится гидравлический расчет водоспуска.

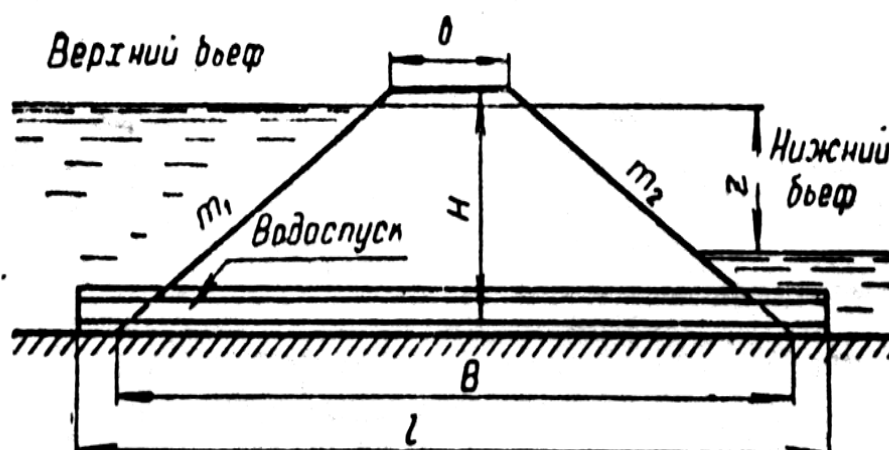


Рис. 2.3. Схема донного водоспуска

Расход (Q , м³/с), проходящий через трубу, вычисляется по формуле

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gz} , \quad (2.7)$$

где ω – живое сечение трубы, м²;
 z – перепад уровней воды перед плотиной и на выходе воды из донного водоспуска, м;
 μ – коэффициент расхода системы.

$$\mu = 1/\sqrt{1 + \sum\xi + \lambda \cdot l/d}, \quad (2.8)$$

где $\sum\xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений в водоспуске (для расчетов можно принять $\sum\xi = 5-10$);

λ – коэффициент сопротивления по длине, в среднем для асбестоцементных труб – 0,02, для стальных – 0,03;

L – длина водоспуска, равная ширине плотины по низу в створе водоспуска, $L = b + (m_1 + m_2) H$;

b – ширина гребня плотины (4-8 м);

m_1 и m_2 – коэффициенты заложения верхового и низового откосов плотины;

H – высота плотины в месте устройства водоспуска, м.

Задача 1.4. В основании плотины с $H = 10$ м, $b = 8$ м, $m_1 = 2,5$, $m_2 = 2,0$ устроен водоспуск из асбестоцементных труб $d = 200$ мм. Определить расход Q (м³/с) при $Z = 7$ м.

Находим длину водоспуска в месте его устройства:

$L = 8 + (2,5 + 2) 10 = 53$ м; $\lambda = 0,02$. Ближайший к условному внутренний диаметр $d = 189$ мм, $\sum\xi$ принимаем равным 9, тогда коэффициент расхода

$$\begin{aligned} \mu &= 1/\sqrt{1 + 9 + 0,02 \cdot 53 / 0,189} = 0,242 \quad . \\ \omega &= \frac{3,14 \cdot 0,189^2}{4} = 0,028 \text{ м}^2. \\ Q &= 0,242 \cdot 0,028 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 7} = 0,079 \text{ м}^3 / \text{с}. \end{aligned}$$

Для пропуска весенних и летне-осенних ливневых дождевых паводков в теле плотины устраивается водослив. Верхняя часть водослива называется порогом, часть водного потока перед водосливом - верхним бьефом, за сооружением - нижним бьефом. Высоту расположения уровня верхнего бьефа над порогом называют напором на водосливе H . Его измеряют на расстоянии (3-4) H перед порогом (рис. 2.4, 2.5).

Расход, который может пройти через водослив практического профиля (Q), определяется по формуле

$$Q = mb\sqrt{2g}H^{3/2}, \quad (2.9)$$

где m – коэффициент расхода (для водослива практического профиля $m = 0,4-0,45$);

b – ширина порога водослива, м.

По формуле (2.9) можно найти потребную ширину водослива при заданном расчетном расходе Q .

Задача 1.5. Дано: $Q = 18,3$ м³/с, $H = 1$ м, найти b .

$$b = Q / m\sqrt{2g} \cdot H^{3/2} = 18,3 / 0,42 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} \cdot 1^{3/2} = 9,85 \text{ м}.$$

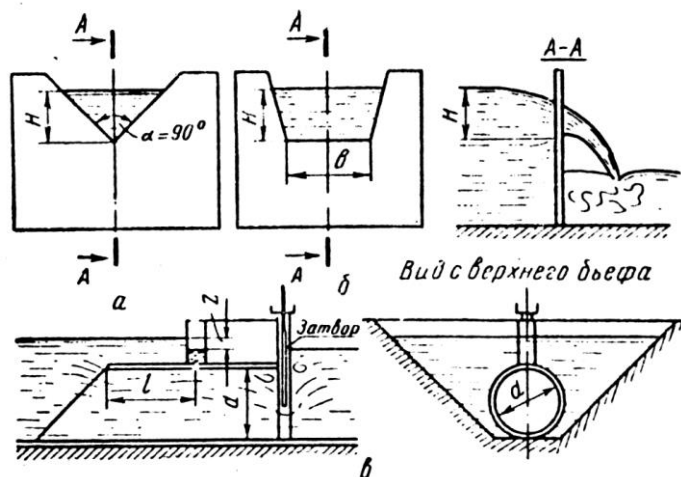


Рис. 2.4. Схемы устройств, применяемых в мелиоративной гидрометрии:
 а - треугольный водослив; б - трапецидальный водослив;
 в - водомерная приставка (трубчатая).

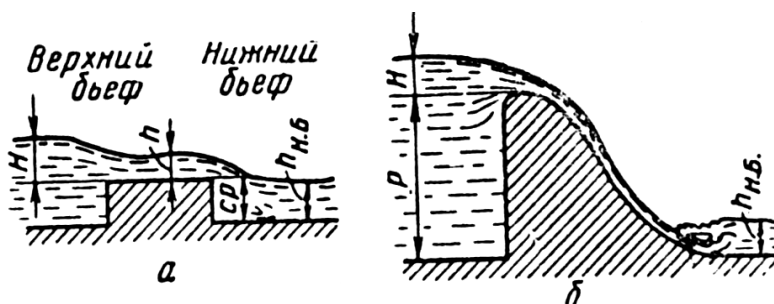


Рис. 2.5. Водосливы:
 а - с широким порогом; б - практического профиля; H - напор на водосливе, м;
 P - высота порога водослива, м; h - глубина воды на пороге водослива, м;
 $h_{н.б.}$ - глубина воды в нижнем бьефе (бытовая глубина за водосливом)