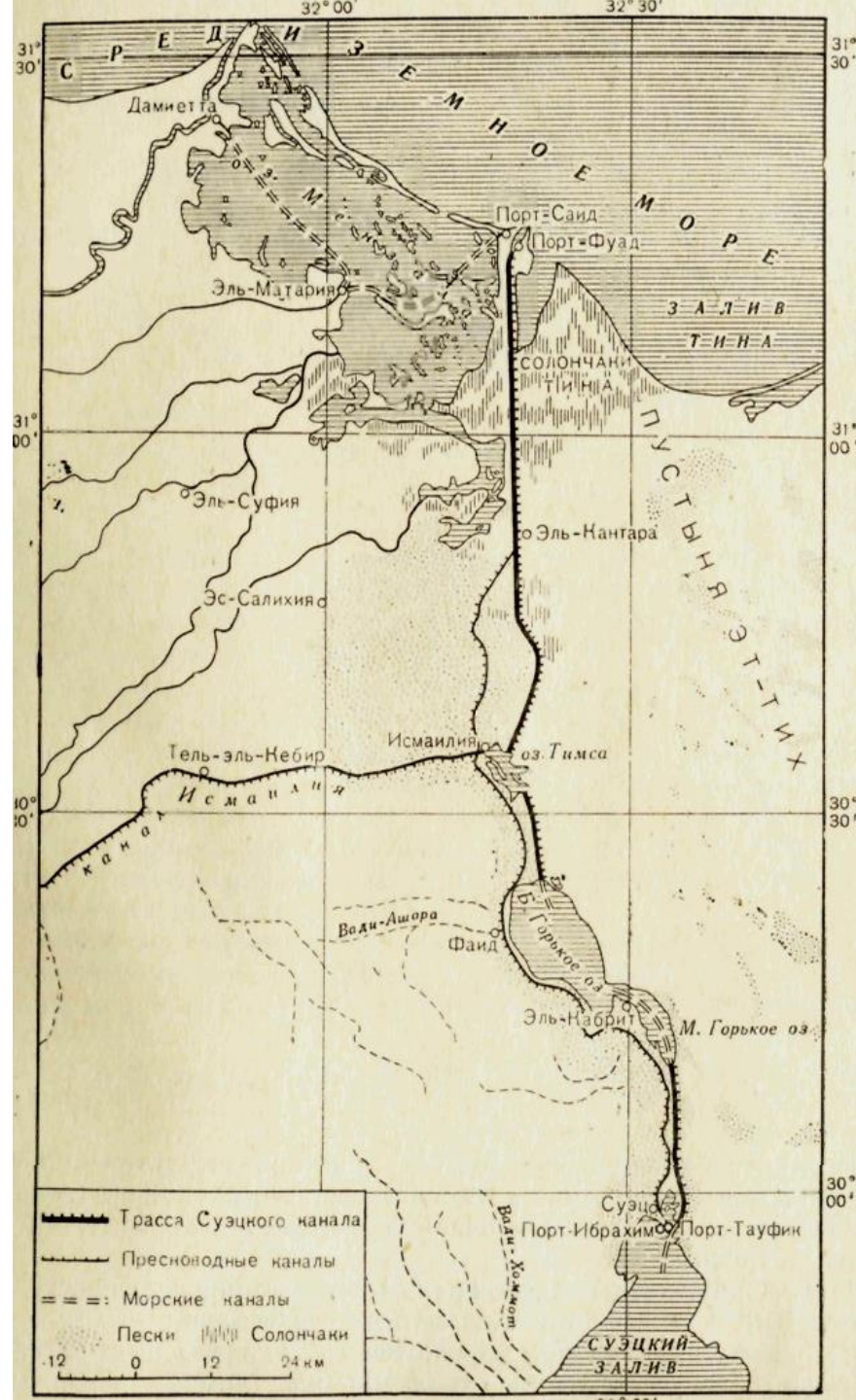
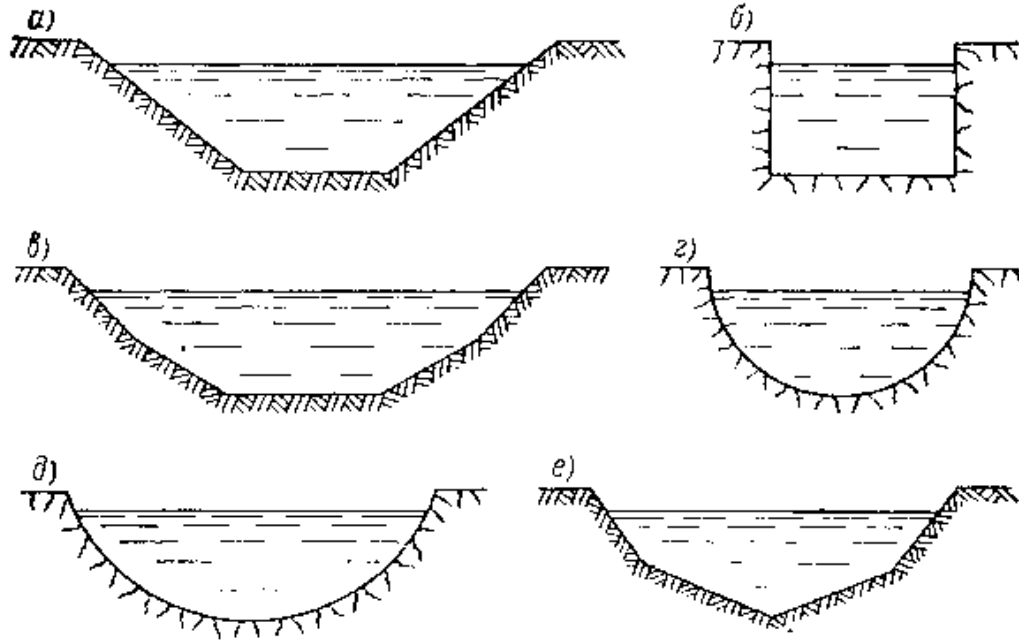


- **Канал** (от лат. *canalis* – труба, жёлоб) в гидротехнике, искусственное русло (водовод) правильной формы с безнапорным движением воды, устроенное в грунте.

- По назначению различают каналы
 - судоходные (искусственные водные пути),
 - энергетические (деривационные),
 - оросительные (ирригационные),
 - обводнительные,
 - осушительные,
 - водопроводные,
 - лесосплавные,
 - рыбоводные,
 - комплексного назначения.



Форма поперечного сечения канала, уклоны и облицовка



Формы живых сечений каналов.

а - трапецидальная;

б - прямоугольная;

в - полигональная;

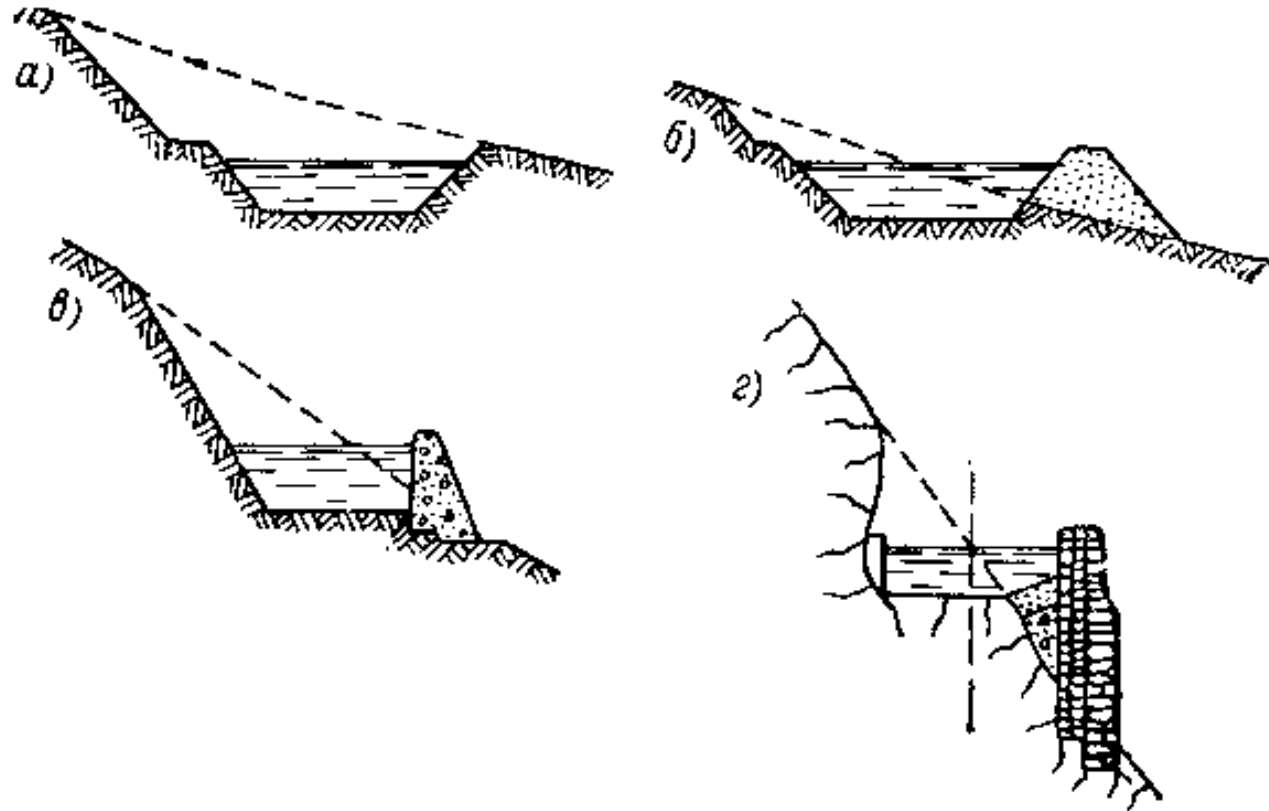
г - полукруглая;

д - параболическая;

е - ложбинообразная.

Поперечные профили каналов на косогорах.

При необходимости прокладки трассы канала на косогорах в каждом конкретном случае принимают соответствующие конструктивные решения, экономичные и обеспечивающие нормальную работу сооружения



- а - на пологом склоне в минимальной выемке;
- б - в полувыемке-полунасыпке;
- в - на крутом склоне с подпорной лицевой стенкой;
- г - на скальном основании с подпорной стенкой.

Расчет канала

- Площадь живого сечения канала и его форму выбирают на основе гидравлического расчета и с учетом конструктивных условий и назначения канала. Например, судоходные и лесосплавные каналы должны иметь размеры, соответствующие габаритам расчетных судов и плотов.

Гидравлический расчет обычно исходит из формул равномерного движения воды

$$w = Q/v,$$

$$v = C\sqrt{R/i}$$

- где w — площадь живого сечения, м²;
- v — скорость течения воды, м/с;
- C — коэффициент Шези, м^{0,5}/с;
- R — гидравлический радиус, м;
- i — гидравлический уклон.
- однако энергетические каналы необходимо еще рассчитывать на неустановившийся режим.
- Размеры поперечного сечения канала B, b, d , а иногда и его форму выбирают на основе гидравлических расчетов с учетом производственных условий и допустимых скоростей течения. При этом используют обычно формулы для равномерного движения воды.
- После определения площади поперечного сечения канала производят его проверку **на допустимые скорости течения**.

- При равномерном движении воды в каналах расход Q , м³/с, следует определять по формуле

$$Q = wC\sqrt{Ri}$$

- Для каналов с гидравлическим радиусом $R \leq 5$ м коэффициент Шези следует определять, как правило, по формуле

- $$C = \frac{1}{n} R_y$$

- $$C = \frac{1}{n} + (27,5 - 300n) \lg R_y$$

- где n — коэффициент шероховатости, определяемый по таблицам приведенным ниже.

- Допускается определять коэффициент Шези по формуле

- $$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1)$$

- Для практических расчетов значение коэффициента Шези в формуле (2) допускается принимать по гидравлическим справочникам.

- Для приближенных расчетов допускается использование формулы

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

- Для определения коэффициента Шези при расчете ирригационных каналов широко используется формула Агроскина И.И.
- $C = 17,72 \left(\frac{0,056}{n} + \lg R \right)$
- где n – коэффициент шероховатости русла; R – гидравлический радиус. Основанная на большом опытном материале формула И. И. Агроскина дает удовлетворительные результаты при $n=0,009 \div 0,040$ и $R = 0,1 \div 3,0$ м.
- *В области гидравлически гладких русел*
- $C = 18,75 Re^{0.125}$.
- *В области ламинарного режима движения:*
- $C = 1,81 \sqrt{Re}$.
- *Для рек формирующих русла в песчано-гравийных породах и для каналов, проходящих в естественных грунтах и несущих наносы действительна формула Альштуля:*
- .

$$C = \frac{14,8}{i^{1/6}} - 26$$

КОЭФФИЦИЕНТЫ ШЕРОХОВАТОСТИ n КАНАЛОВ И ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДОТОКОВ

Расход воды в канале м ³ /с,	Коэффициенты шероховатости n оросительных каналов в земляном русле	
	в связных и песчаных грунтах	в гравелисто-галечниковых грунтах
каналы		
Более 25	0,0200	0,0225
1 — 25	0,0225	0,0250
Менее 1	0,0250	—
Каналы постоянной сети периодического действия	0,0275	—
Оросители	0,030	—

Примечания: 1. Для каналов водосборно-сбросной сети значение коэффициента шероховатости повышается на 10% по сравнению со значением того же коэффициента для оросительных каналов и округляется до ближайшего принятого в таблице значения.

2. Для каналов, выполняемых взрывным способом, значение коэффициента шероховатости повышается на 10 — 20 % в зависимости от размеров принимаемой доработки сечений канала.

КОЭФФИЦИЕНТЫ ШЕРОХОВАТОСТИ КАНАЛОВ И ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДОТОКОВ

Облицовка	Коэффициенты шероховатости n каналов с облицовкой
Бетонная хорошо отделанная	0,012 — 0,014
Бетонная грубая	0,015 — 0,017
Сборные железобетонные лотки	0,012 — 0,015
Покрытия из асфальтобитумных материалов	0,013 — 0,016
Одернованное русло	0,03 — 0,035

Характеристика поверхности ложа канала	Коэффициенты шероховатости n каналов в скале
Хорошо обработанная поверхность	0,02 — 0,025
Посредственно обработанная поверхность без выступов	0,03 — 0,035
То же, с выступами	0,04 — 0,045

КОЭФФИЦИЕНТЫ ШЕРОХОВАТОСТИ КАНАЛОВ И ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДОТОКОВ

Характеристика русла	Коэффициенты шероховатости n естественных водотоков
Естественное русло в благоприятных условиях (чистое, прямое, незасоренное, земляное, со свободным течением)	0,025 — 0,033
То же, с камнями	0,03 — 0,04
Периодические потоки (большие и малые) при хорошем состоянии поверхности и формы ложа	0,033
Земляные русла сухих логов в относительно благоприятных условиях	0,04
Русло периодических водотоков, несущих во время паводка заметное количество наносов с крупногалечниковым или покрытым растительностью ложем, периодические водотоки, сильно засоренные и извилистые	0,05
Чистое извилистое ложе с небольшим числом промоин и отмелей	0,033 — 0,045
То же, но слегка заросшее и с камнями	0,035 — 0,05
Заросшие участки рек с очень медленным течением и глубокими промоинами	0,05 — 0,08
Заросшие участки рек болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода и пр.)	0,075 — 0,15
Поймы больших и средних рек, сравнительно разработанные, покрытые растительностью (трава, кустарники)	0,05
Значительно заросшие поймы со слабым течением и большими глубокими промоинами	0,08
То же, с неправильным косоструйным течением и большими заводами и др.	0,1
Поймы лесистые со значительными мертвыми пространствами, местными углублениями, озерами и др.	0,133
Глухие поймы, сплошные заросли (лесные, таежного типа)	0,2

- Для симметричного трапецеидального сечения площадь живого сечения определяется по формуле:

- $w = (b + mh)h$,

- смоченный периметр:

- $\chi = b + 2h \sqrt{1 + m^2}$,

-

- гидравлический радиус

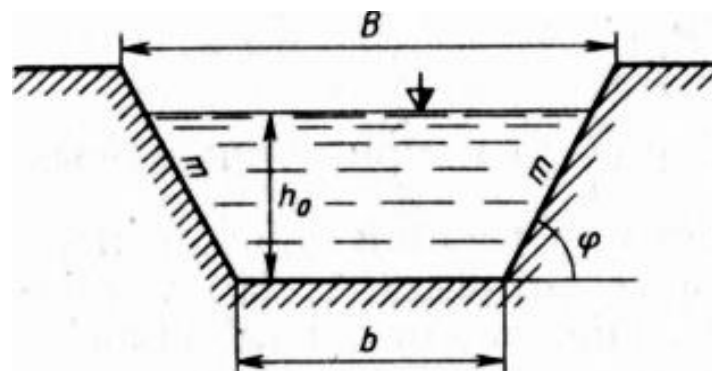
- $$R = \frac{w}{\chi} = \frac{(b + mh)h}{b + 2h \sqrt{1 + m^2}}$$

- Для прямоугольного русла:

- $w = bh$, $c = b + 2h$,

-

- $$R = \frac{bh}{(b + 2h)}$$



Основные типы задач при расчете каналов

- При проектировании трапециевидальных каналов рассматривают три основных типа задач.
- Коэффициент откоса m обычно выбирается из условия устойчивости откосов или их облицовки; коэффициент шероховатости n выбирается в зависимости от характеристики поверхности русла.
- **Задача 1 типа.** Определение расходов Q (скорости) при заданном уклоне i и принятом поперечном сечении ω канала. Задача решается непосредственным вычислением расхода по формуле:

- $Q = \omega C \sqrt{Ri}$

- Предварительно вычисляются величины

- $w = (b + mh)h,$

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

- $R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{(b + mh)h}{(b + 2h\sqrt{(1 + m^2)})}$

- $C = Ry$ или $C = R^{1/6}$

- **Задача 2.** Определение уклона дна i при заданном расходе q и принятом поперечном сечении ω канала. Необходимый уклон находим непосредственно из формулы расхода

- $Q = \omega C \sqrt{Ri}$,

- для чего находим C, R

- **Задача 3.** Определение элементов живого сечения b и h при заданном расходе Q и уклоне i канала. Так как расчетное уравнение расхода одно, а требуется определить два неизвестных, то задача неопределенная. Чтобы ее решить, необходимо задаться b или $\beta = b/h$
- Возможны три варианта решения.
- Задаемся значением b и определяем соответствующую ему и условиям задачи h . Задачу решаем подбором: назначаем последовательно ряд глубин и вычисляем расходы до тех пор, пока не получим требуемого расхода; соответствующая этому расходу глубина и будет искомой.
- Задачу можно решить графоаналитическим способом. Задаваясь, как и выше, рядом глубин, получаем соответствующие им расходы, затем строим кривую зависимости $Q = f(h)$. Откладываем по оси абсцисс требуемый расход и, восстановив перпендикуляр до пересечения с кривой, находим точку А. Этой точке на оси ординат соответствует искомая глубина.
- Можно задаться глубиной h и находить ширину канала по дну b . Задача решается так же, как и предыдущая: или подбором, или графоаналитическим методом. Назначаем ряд значений b и повторяем расчет канала до тех пор, пока расход не станет равен требуемому. Ширина b , при которой расход равен требуемому, и есть искомая. Если задачу решаем графоаналитическим методом, то по данным расчета строим кривую $Q = f(b)$, т.е., задаемся рядом значений b , находим соответствующие им расходы и затем строим график, откладывая по оси требуемый расход, по оси ординат определяем b .
- Если даны $\beta = b/h$, Q , m , n и требуется найти b и h , то задача решается так же, как и предыдущая. Задаемся рядом глубин h и находим соответствующие b , w , C , Q .

Допустимые скорости в каналах

- Одной из задач гидравлического расчета каналов является определение *максимальной допускаемой скорости течения, называемой неразмывающей и минимальной допускаемой скорости (незаиляющей)*.
- **Неразмывающая скорость** – наибольшая скорость потока, при превышении которой русло начинает размываться.
- **Незаиляющая скорость**. Это – скорость, при которой из потока еще не выпадают транспортируемые им взвешенные частицы. Частицы начинают выпадать из потока (заиливать русло) при скорости потока v . Значение незаиляющей скорости не зависит от материала ложа канала, а определяется характеристиками потока и взвешенных в потоке наносов.

$$V_{min} < V < V_{max}$$

Потери воды из каналов и меры борьбы с ними

- - Различают три вида потерь воды из каналов:
 - 1) на испарение в атмосферу,
 - 2) на фильтрацию в грунт,
 - 3) на фильтрацию через гидротехнические сооружения на каналах.
 - Наибольшими являются потери воды на фильтрацию в грунт ложа канала. В оросительных каналах эти потери могут достигать 50-60 % полезного расхода воды. Такие значительные потери рождают удорожают строительство каналов из-за необходимости делать их большего сечения (с целью доставки потребителю требуемого количества воды) и значительно увеличивают эксплуатационные расходы по каналам, питающимся при помощи насосных станций.
 - Существуют также эмпирические формулы, например, формулы А. Н. Костякова для оросительных каналов. В них потери воды на 1 км длины канала σ даются в процентах от расхода Q протекающей в нем воды (м³/с):

в среднепроницаемых грунтах

$$\sigma = 19 / Q^{0,4}$$

- в тяжелых малопроницаемых грунтах
-

$$\sigma = 0,7 / Q^{0,3}$$

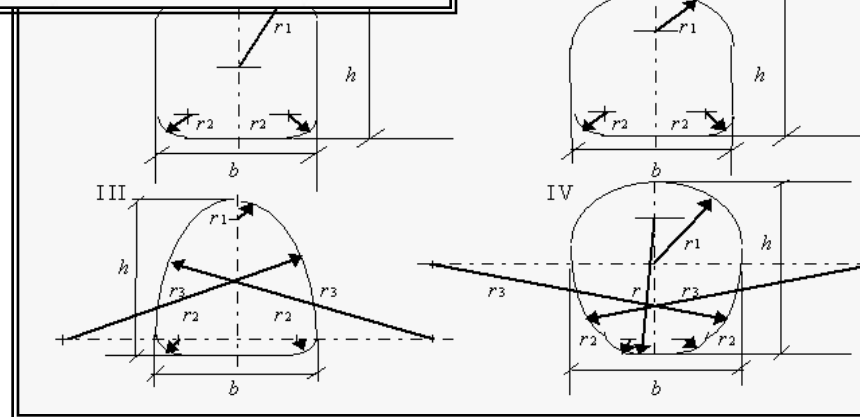
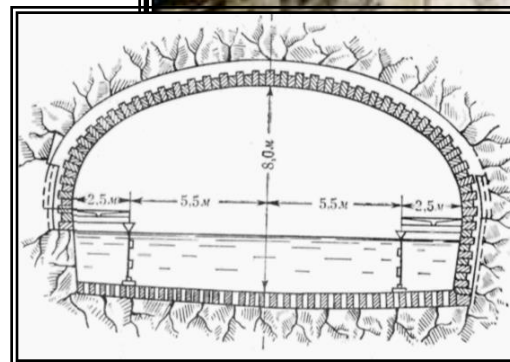
Особенности расчета русел рек

- В инженерной практике для упрощения расчетов естественное поперечное сечение заменяют поперечным сечением правильной формы, по площади равным естественному.
- Если естественное русло характеризуется относительно большой шириной $B \gg A$, то его сечение заменяют **прямоугольным**. Смоченный периметр принимают равным ширине русла реки поверху $\chi = B$, поперечное $\omega = bh$, а гидравлический радиус $R = h$. Тогда формулы и расходной характеристики имеют вид
- $Q = BCh^{1,5}$, $K = BCh^{1,5}$
- *Если естественное русло приводят к **параболическому очертанию**,*
- $w = 2/3Bh$, $c = B$, $R = 2/3h$
- *то* $Q = 0,545 BCh^{1,5} \sqrt{i}$,
- $K = 0,545 BCh^{1,5}$.
-

Расчет каналов замкнутого сечения

- К каналам замкнутого сечения относятся различные трубопроводы и тоннели, в которых поток воды не заполняет всего сечения. Применяются стандартные профили круглого, шатрового, овоидального и лоткового сечения. Все трубопроводы одной формы геометрически подобны между собой и отличаются друг от друга только по размеру. При расчете любого профиля решаются те же три основные задачи, что и для обычного открытого канала: определение расхода, уклона и размеров сечения. Гидравлические расчеты тоннелей, безнапорных водоводов и канализационных труб производятся по тем же формулам, что и расчет каналов. Основной расчетной формулой является уравнение Шези.

- Безнапорное движение в круглых и овоидальных трубах имеет некоторые особенности: наибольший расход и наибольшая скорость наблюдаются при частичном наполнении труб, а не при полном.



Гидравлический расчет каналов замкнутого поперечного сечения (круглой или иной формы) непосредственно по основным формулам Шези является весьма трудоемким, поэтому на практике пользуются вспомогательными графиками или таблицами, составленными для отношений

$$A = K_n/K;$$

$$B = W_n/W,$$

$$w_n/w;$$

$$R_n/R,$$

при различной степени наполнения канала $A = h_n/H$, т.е. в форме соответствующих функций от h_n/H .

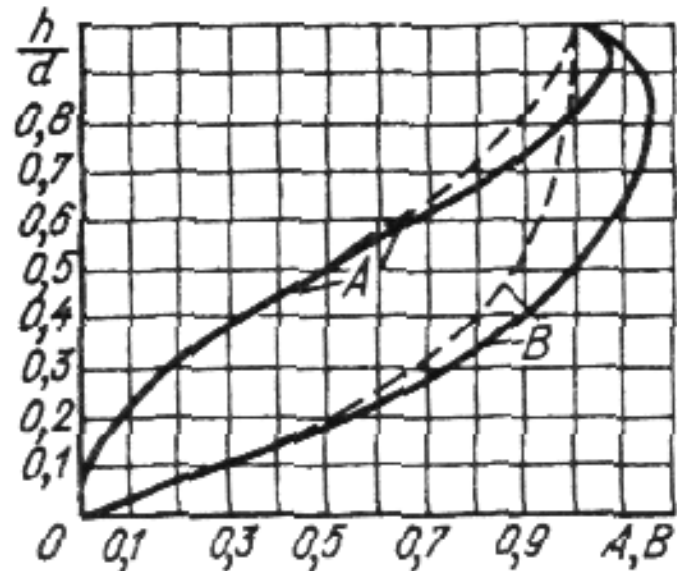
Здесь K_n – расходная характеристика при некоторой глубине h_n , т.е. при частичном наполнении, а K – расходная характеристика при глубине H , т.е. при максимальном наполнении, когда канал работает полным сечением. Аналогично обозначают скоростную характеристику – W_n , площадь живого сечения – w_n и гидравлический радиус – R_n при глубине h_n , а W , w и R (без индекса) обозначают те же величины при глубине H :

$$W = C\sqrt{R} = V/\sqrt{i}.$$

Для каналов с геометрически подобными сечениями указанные зависимости K_n/K и W_n/W остаются практически одинаковыми (не связаны с величиной каналов). На рис приведены кривые $A=K_n/K$ и $B=W_n/W$ для труб круглого сечения.

Пользуясь этими кривыми, можно определить расходную характеристику K_n или скоростную характеристику W_n при любой заданной глубине канала h_n , если известна расходная характеристика K или скоростная характеристика W при максимальном заполнении данного сечения. С учетом приведенных зависимостей расход и скорость при частичном наполнении равны:

$$Q = AK; \quad V = BW.$$



ИСТОЧНИКИ:

Исаев А.П., Сергеев Б.И. Дидур В.А. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов. М.: Агропромиздат, 1990. – 400 с.

Пашков Н.Н., Долгачев Ф.М. Гидравлика. Основы Гидрологии.- М.: Энергоатомиздат, 1993. –448с.: ил.

Калицун В.Н. Гидравлика, водоснабжение, канализация. – М.: Стройиздат, 2000. – 397 с.

Штеренлихт. Гидравлика: Учебник для вузов.-М.: Энергоатомиздат, 2004. –640с.

Константинов Н.М. и др. Гидравлика, гидрология, гидрометрия: Учеб. Для вузов в 2-х частях. Общие законы. М.: Высш. Шк., 1987.

Слободкин А.Я. М., Изд-во Лесная промышленность, 1968. – 256с.

Примеры расчетов по гидравлике. Учеб. пособие для вузов. Под. Ред. А.Д. Альштуля. М., Стройиздат, 1976.- 255с.