



Понятие гидравлики и гидрологии

Гидромеханика

- наука, изучающая законы равновесия и движения жидкостей и газов.
- Раздел гидромеханики, посвященный жидкостям, получил название **гидравлики**, а посвященный газам – газовой динамики.

Гидравлика подразделяется на:

Гидростатику

Основной задачей гидростатики является определение сил давления в покоящейся жидкости при действии различных нагрузок.

Гидродинамику

устанавливает связь между силами в жидкости и скоростями ее течения, что дает возможность выявить зависимость между расходом и напором жидкости.

Гидрология

- наука, изучающая гидросферу (природные воды), ее свойства и протекающие в ней процессы и явления во взаимодействии с атмосферой, литосферой и биосферой. Раздел гидрологии, изучающий поверхностные воды, называют **гидрологией суши**, или коротко – **гидрологией**. Гидрологию, занимающуюся решением различных инженерных задач (в строительстве железных и автомобильных дорог, мостов и тоннелей и др.), называют **инженерной гидрологией**.

Область применения:

- Гидротехника;
- Мелиорация;
- Водоснабжение и водоотведение;
- Гидроэнергетика;
- Водный транспорт;
- Авто и ж.д. дороги;
- Авиация;
- Теплотехника;
- Атомная энергетика.

Первым гидравлическим законом был закон « о плавающих телах» - закон Архимеда

Основоположниками гидравлики являются Д. Бернулли, Л.Эйлер, а также М.Ломоносов.

Два направления развития гидравлики:

- Теоретическое исследование течения жидкости
Стокс, Лагранж, Шези, Пуазейль и др.
- Экспериментальное
Рейнольдс, Вентури, Вейзбах и др.

Жидкости и ее основные физические свойства.

Жидкостью в гидромеханическом понимании называется физическое тело, которое не может находиться в состоянии равновесия, если на него действуют касательные усилия сколь угодно малой величины. Это физическое тело в котором силы межмолекулярного сцепления меньше чем у твердых тел и больше чем у газообразных.

Жидкости подразделяются на ньютоновские и неньютоновские.

Капельные и газообразные жидкости составляют класс ньютоновских или гидромеханических жидкостей.

- Капельные жидкости практически несжимаемы, т. е. практически не имеют своего объема под действием внешних сил, не выдерживают растягивающих усилий, легко разрываются.
- Газообразные жидкости (газы) занимают все предоставляемое им пространство и под действием внешних сил могут значительно изменить свое объем.

Неньютоновские или реологические жидкости

- обладают пределом прочности на сдвиг (как и твердые тела) и свойством текучести (как и гидромеханические жидкости);
- к ним относятся различные студни, мягкие полимеры, консистентные смазки, а также сыпучие материалы – песок, мука и др. Поведение таких жидкостей изучается реологией.

Силы, действующие в ЖИДКОСТИ:

- 1) массовые (объемные) (силы веса и силы инерции);
- 2) поверхностные (силы трения и давления).

Давление p – это напряжение сжатия, возникающее в жидкости под действием приложенных к ней поверхностных и массовых сил (при покое – гидростатическое, при движении – гидродинамическое).

Единицы измерения давления:

$$1 \text{ атм} (1 \text{ кг/см}^2) = 10 \text{ м вод.ст.} = 735,6 \text{ мм.рт.ст.} = 0,981 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Приборы измерения давления

- Манометры
- Вакууметры
- Пьезометры
- Дифманометры.

Основной закон гидростатики:

$$P_{абс} = P_{атм} + P_{изб}$$
$$P_{изб} = \rho gh$$

Основные физические свойства жидкости

- - Инертность (плотностью)
- - Сжимаемость
- - Вязкость

Инертность характеризуется плотностью

Обратная величина плотности удельный объем. Связанная с плотностью величина называется удельный вес.

$$\gamma = \frac{G}{W}$$

$$\gamma = \rho g$$

Плотность зависит от температуры.

Коэффициент температурного расширения β_t

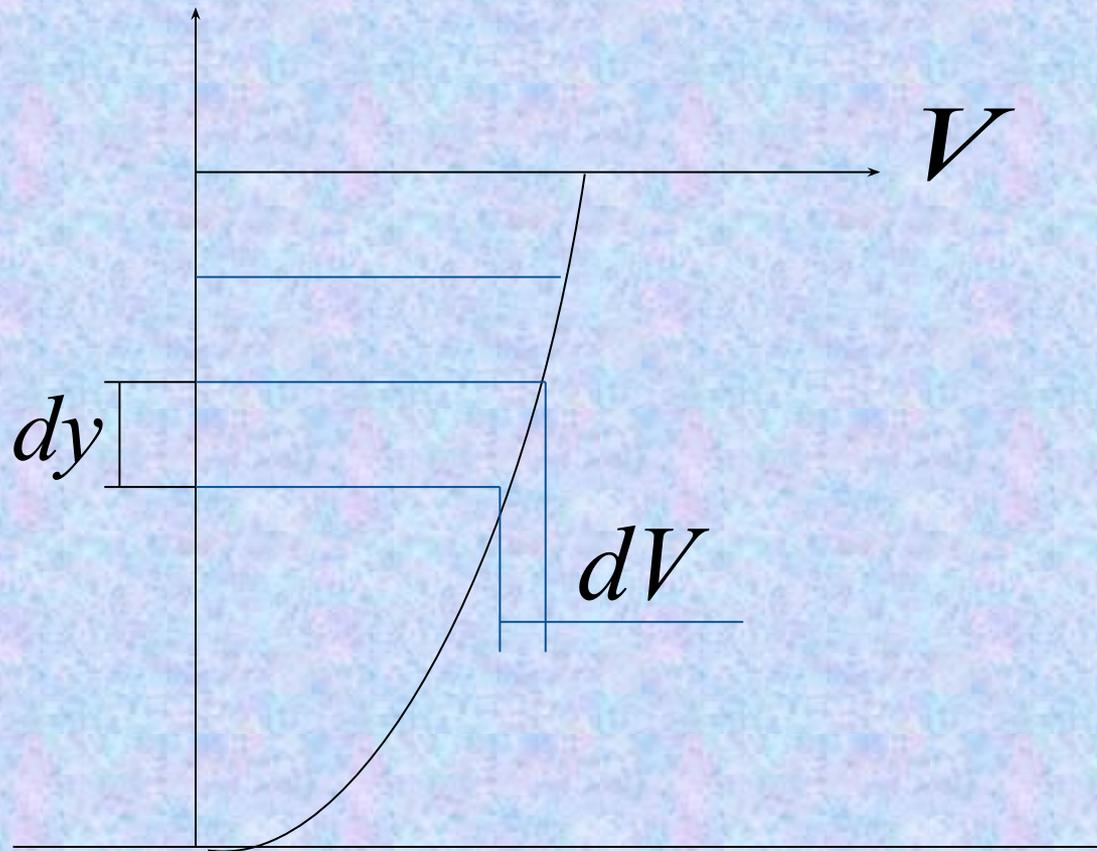
$$\beta_t = \frac{1}{W} \bullet \frac{W_0 - W_1}{t_2 - t_1}$$

Сжимаемость

Сжимаемость, т.е. свойство жидкости изменять объем под действием давления, характеризуется коэффициентом объемного сжатия β_r . Обратная величина коэффициента объемного сжатия называется модулем упругости E .

Вязкость

Вязкость – свойство жидкости оказывать сопротивление касательным силам, стремящимся сдвинуть одни частицы по отношению к другим. За счет вязкости жидкости скорость ее частиц на неподвижной стенке всегда равна нулю, а по мере удаления от стенки по нормали (y), возрастает.



Вязкость жидкости представляет собой свойство сопротивляться текучести, т.е. движению ее слоев относительно друг друга. Величина касательных напряжений в любой точке движущейся вязкой жидкости пропорциональна интенсивности скольжения слоев её относительно друг друга, т.е. градиенту скорости. Эта гипотеза высказана Ньютоном, а доказана Петровым.

Величина μ – зависит от рода жидкости и температуры, измеряется в системе СИ в Па*с. В технической системе в Пуазах (Пз).

$$1 \text{ Па} \cdot \text{с} = 10 \text{ Пз} = 10^3 \text{ сПз}$$

Коэффициент кинематической вязкости

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Измеряется в Стоксах: 1Ст = 1 см²/с = 10⁻⁴м²/с и в
сантистоксах

$$1\text{сСт} = 1 \text{ мм}^2/\text{с} = 10^{-6}\text{м}^2/\text{с}$$

- Вязкость измеряется вискозиметрами и определяется по таблицам
- Для капельных жидкостей с ростом t коэффициент ν уменьшается, для газов – растет. Для воды при комнатной t

$$\nu = 1\text{Ст} = 10^{-6}\text{м}^2/\text{с}, \quad \mu = 10^{-3}\text{Пас} = 1\text{Пз}$$



Основные понятия и определения кинематики жидкости

Кинематикой жидкости

называется раздел гидродинамики, который изучает виды и формы движения жидкости без учета сил, под действием которых происходит движение.

Виды движения жидкости:

Различают установившееся и неуставовившееся движение.

Движение называется установившимся или стационарным, если все параметры потока, в том числе и скорость, не зависят от времени, т.е. $V = f(T, x, y, z)$. В противном случае движение называют неустановившимся или нестационарным $V = f(x, y, z, t)$.

Если же скорость не зависит еще и от координат, то движение называется равномерным. Его математическая запись $V(x, y, z, t) = const$.

Это простейшее движение применимо только к идеальной жидкости

Если движение жидкости совершается только под действием сил тяжести, то оно называется **безнапорным**.

Если же существует искусственно созданный перепад давлений (за счет насоса, компрессора и т.д.), то движение называется **напорным**

Движение жидкой частицы может быть разложено на поступательное, вращательное и деформационное. Если вращательное (вихревое) движение отсутствует, то движение называется безвихревым или потенциальным.

Согласно струйной модели поток представляется состоящим из отдельных элементарных струек, причем струйки выделяются в направлении линий тока.

Линия тока

называется кривая, касательная к которой в данной точке совпадает с направлением вектора скорости. Для установившегося течения линия тока не меняет своего положения в пространстве и совпадает с траекторией движения частиц, т.к. вектор скорости в каждой из точек неизменен по величине и направлению.

Жидкость заключенная внутри трубки
тока называется **элементарной
струйкой**.

Поток — совокупность
бесконечного числа элементарных
струек.

Свойства элементарной струйки:

- Форма ее с течением времени не меняется.
- По поперечному сечению трубки скорость не меняется – это вытекает из малости dF .
- Поверхность трубки непроницаема для частиц жидкости, они могут лишь скользить по поверхности.
- Скорость в любой точке трубки нормальна к поверхности поперечного сечения

Главное свойство

элементарной струйки:

Под живым сечением трубки понимают поверхность, в каждой точке которой скорость жидкости нормальна к плоскости сечения.

Смоченный периметр Π – длина, на которой по данному живому сечению жидкость соприкасается со стенками. Эквивалентный диаметр $d_{\text{э}}$ – это диаметр круга с площадью живого сечения и смоченным периметром. Для цилиндрической трубы $d_{\text{э}} = d$.

$$d_{\text{э}} = \frac{4F}{\Pi}$$

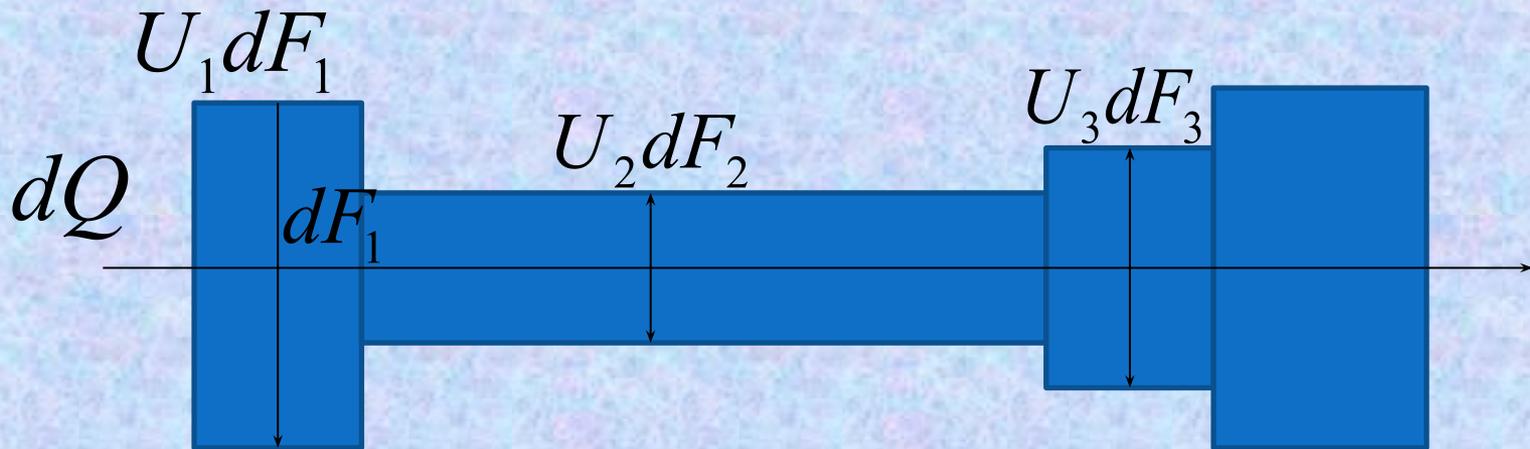
Уравнение расхода и неразрывности

- Количество жидкости, проходящее через живое сечение в единицу времени, называется расходом. Расход через трубку тока называется элементарным расходом.

$$Q = \frac{W}{t}, \text{ л/с или м}^3/\text{с}$$

Уравнение постоянства для элементарной струйки идеальной жидкости

$$dQ = U_1 \cdot dF_1 = U_2 \cdot dF_2 = \text{Const}$$



Уравнение постоянства для потока реальной жидкости

$$Q = V_1 \cdot F_1 = V_2 \cdot F_2 = \textit{Const}$$

$$V = \frac{Q}{F}$$

Основное уравнение равномерного движения

ЖИДКОСТИ

Рассмотрим равномерное движение жидкости в трубке постоянного сечения.

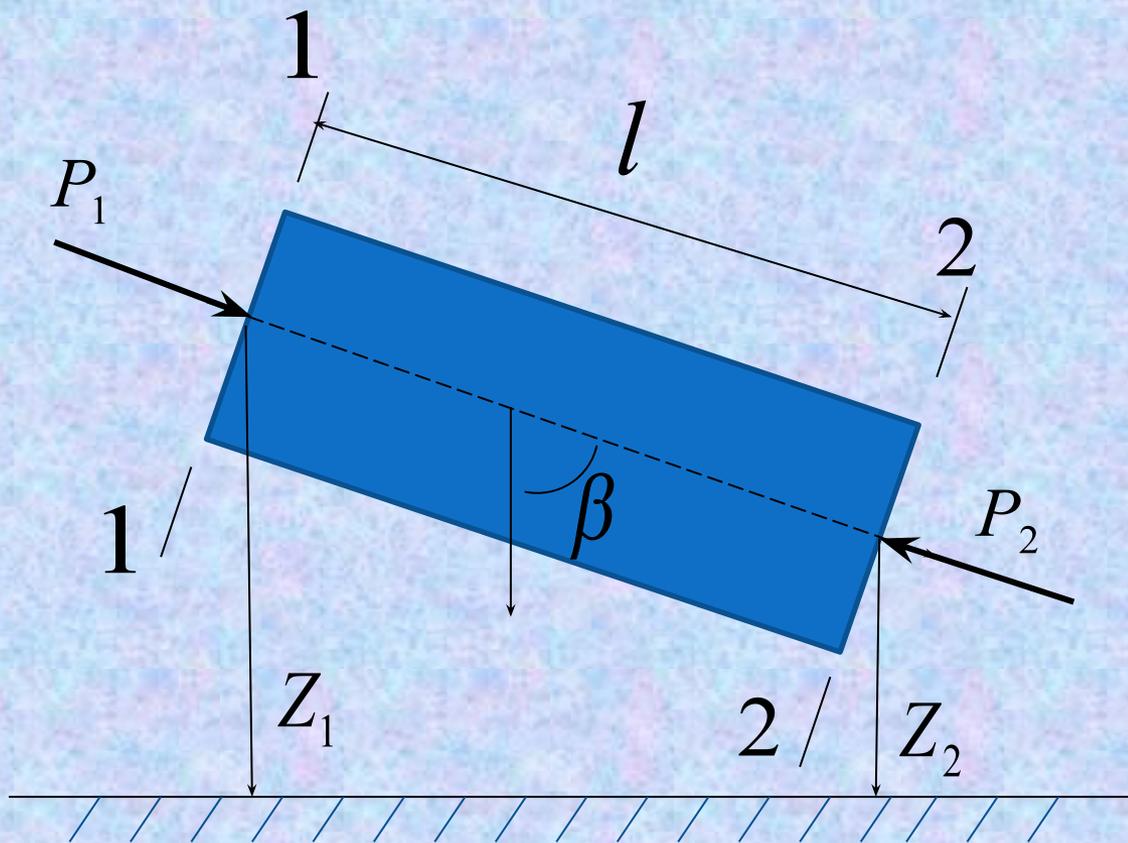
$\tau = \gamma R i$ - основное уравнение движения жидкости

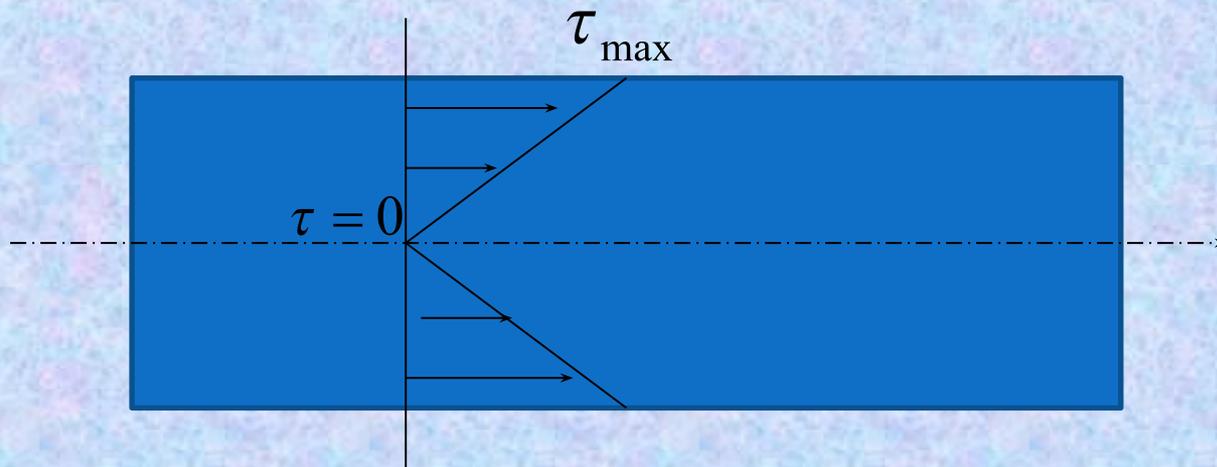
γ - удельный вес

$R = d/4$ - гидравлический радиус

$i = \frac{h_w}{l}$ - гидравлический уклон

h_w - потеря напора





Уравнение Л. Эйлера для струйки и потока идеальной жидкости.

X	$\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x}$	$= \frac{dV_x}{dt}$
Y	$\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y}$	$= \frac{dV_y}{dt}$
Z	$\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z}$	$= \frac{dV_z}{dt}$

Проекция ускорения массовых сил на соответств. оси

Проекция ускорения поверхность. сил на соответств. оси

Проекция ускорения самой жидкости

Уравнения Эйлера представляет собой II закон Ньютона для каждой точки идеальной жидкости и отражают баланс сил для массы движущегося потока идеальной жидкости.

Решение этих уравнений называется уравнением Бернулли.

Уравнение Бернулли для струйки идеальной жидкости:

$$z + \frac{\rho}{\gamma} + \frac{U^2}{2g} = \text{Const} = H$$

Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости:

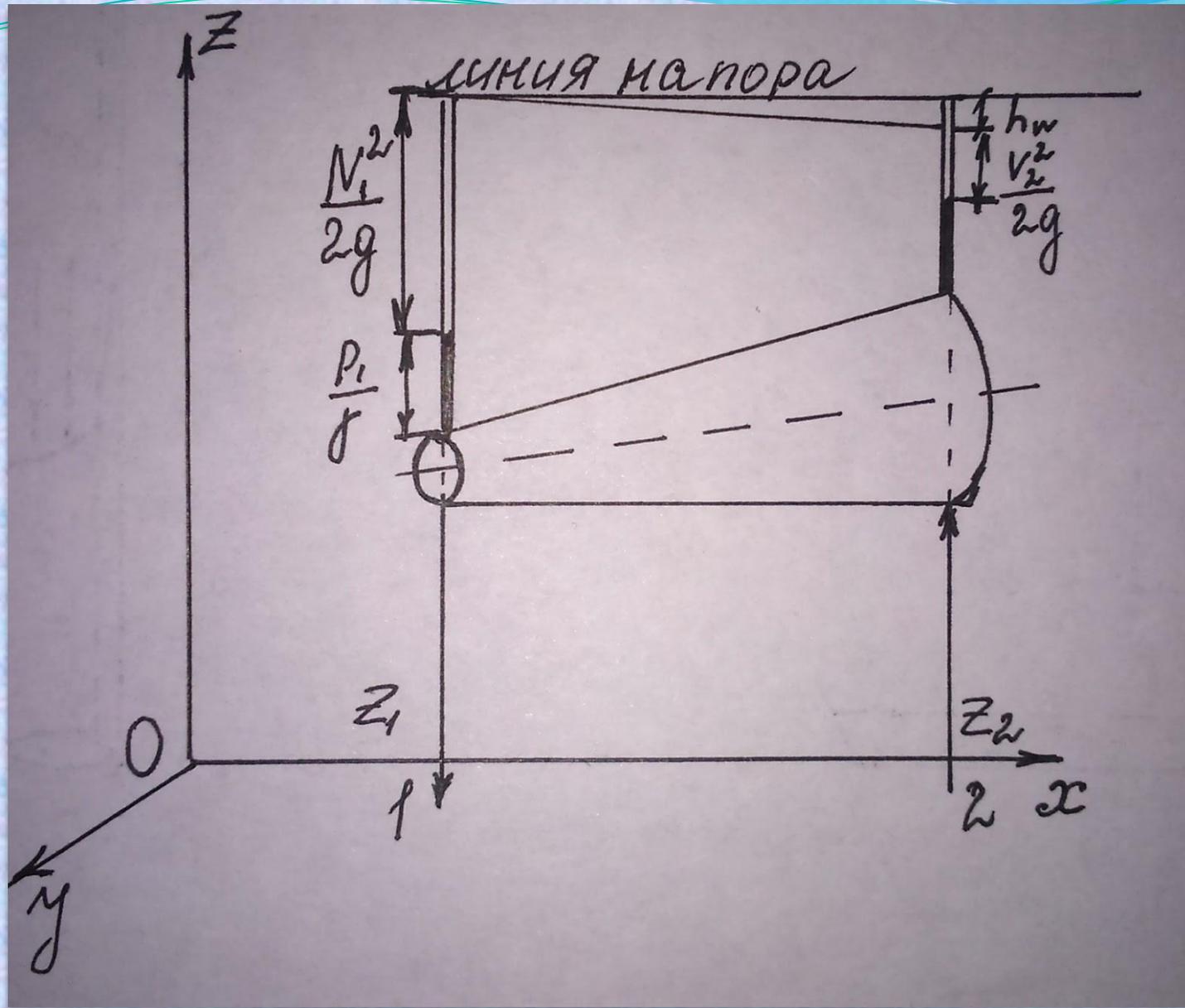
$$z_0 + \frac{P_0}{\rho g} + \alpha_0 \frac{V_0^2}{2g} = z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + h_w$$

Уравнение Бернули для потока вязкой жидкости

Движущийся поток вязкой (реальной) жидкости отличается от потока идеальной жидкости двумя основными особенностями, вызванными наличием трения в жидкости: неравномерностью распределения скоростей по поперечному сечению потока и потерями напора (энергии) на трение по мере движения.

Уравнение свидетельствует о том, что сумма удельных составляющих энергии потока идеальной несжимаемой жидкости при ее установившемся движении остается постоянной. Эта сумма для единицы веса жидкости называется напором H .

Уравнение отражает закон сохранения энергии и свидетельствует о том, что средний напор потока вязкой жидкости при установившемся движении уменьшается по мере движения от сечения к сечению на величину потерь напора между данными сечениями.



Формулировка Г. Гельмгольца

«Энергия не исчезает. Она только переходит из одного вида в другие так, что сумма всех видов энергии является величиной постоянной и равной начальному значению»

Уравнение Бернулли является математическим выражением этого закона применительно к идеальной и несжимаемой жидкости.

- Безразмерный коэффициент α - называется коэффициентом Кориолиса и учитывает неточность подсчета кинетической энергии потока по средней его скорости при неравномерном распределении скоростей по сечению. Если $V=\text{const}$ (по F), то $\alpha=1$ (случай идеальной жидкости). Если скорость изменяется от нуля на стенке до V_{max} на оси потока по параболическому закону, то $\alpha=2$.

Существует две интерпретации уравнения Бернулли

-Физическая;

-Геометрическая

Физическая

$-\frac{P}{\gamma}$ - удельная потенциальная энергия давления для единицы веса;

-z – удельная потенциальная энергия положения;

$-\frac{V^2}{2g}$ -удельная кинетическая энергия.

Геометрическая

Первый член – нивелирная высота. Второй член $\frac{P}{\gamma}$ - пьезометрический напор, он показывает на какую высоту поднимается жидкость в открытой трубке под действием избыточного давления в данной точке сечения. Третий член - скоростной напор или высота за счет скорости.

h_w - потеря напора.

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_w$$

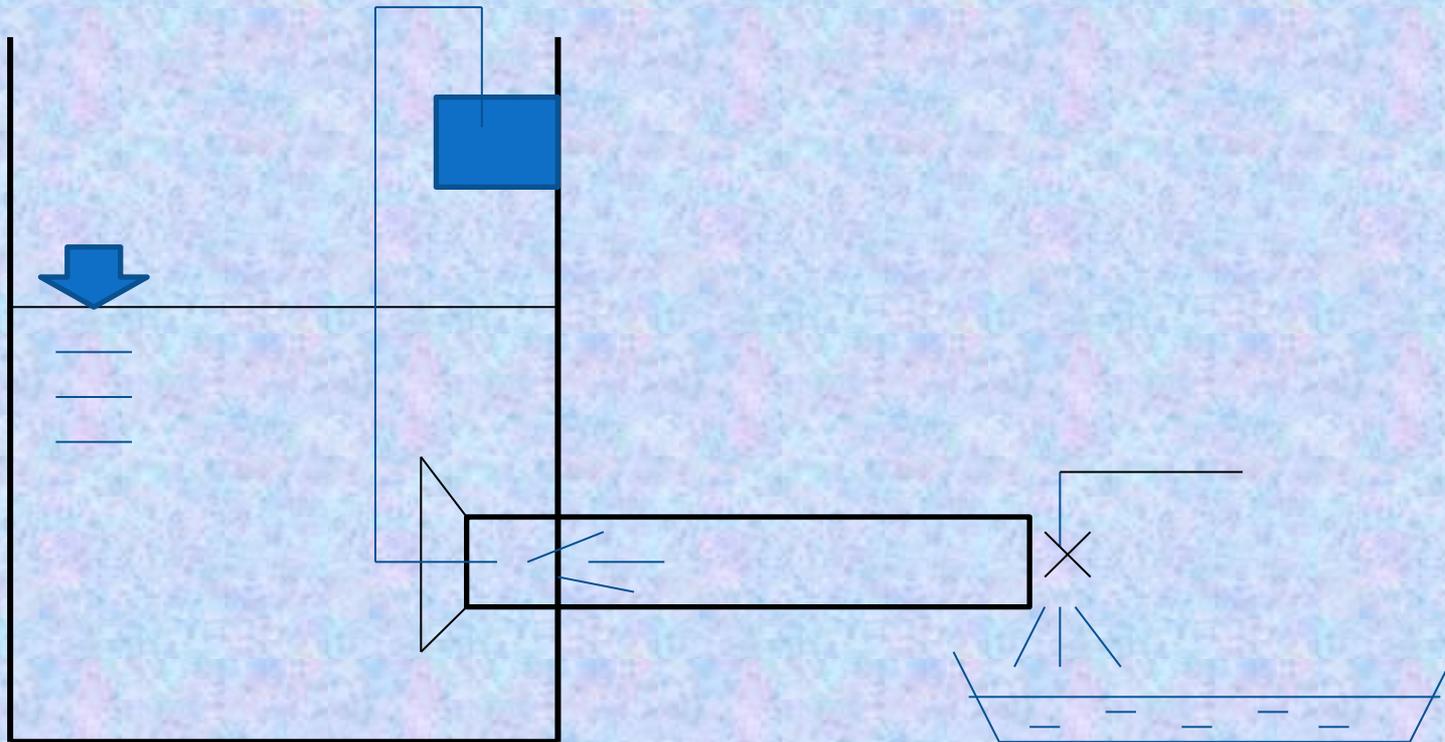
Сумма потенциальной и кинетической энергии – полная энергия (ед. массы)

$$h_w = E_1 - E_2$$

$E_1 > E_2$ - за счет потерь напора на трение и местных сопротивлений

Режимы движения жидкости

В 1883 г. Рейнольдс установил что существует два основных режима течения. Первый режим – слоистый, при котором частички движутся параллельно друг другу и стенкам канала, перемешивание слоев и поперечные пульсации скорости отсутствуют. Этот режим называется ламинарным (от латинского *lamina* – слой, пластина) и существует при сравнительно малых числах Рейнольдса и малых скоростях.



ламинарный



турбулентный



Число Рейнольдса

$$R_e = \frac{Vd}{\nu}$$

V - средняя скорость, которая определяется из уравнения постоянства расхода

$$V = \frac{Q}{F}$$

$$Q = \frac{W}{t}$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4}$$

ν - кинематический коэффициент вязкости, зависящий от рода жидкости и температуры (по справочнику).

При больших числах Рейнольдса силы трения не способны удержать поток от воздействия возмущений, усиливаемых и поддерживаемых силами инерции. Такой режим получил название турбулентного (от лат. – *turbulentus* – вихревой). Характеризуется он интенсивными поперечными пульсациями скорости, перемешиванием частиц.

$$R_{e_{кр}} = 2320$$

Если $Re < Re_{кр}$ - ламинарный режим,
если $Re > Re_{кр}$ – турбулентный режим.

Ламинарный и турбулентный режимы различаются профилем скоростей по сечению потока и зависимостью потерь напора от расхода или скорости потока, называемой законом сопротивления.

Ламинарный поток

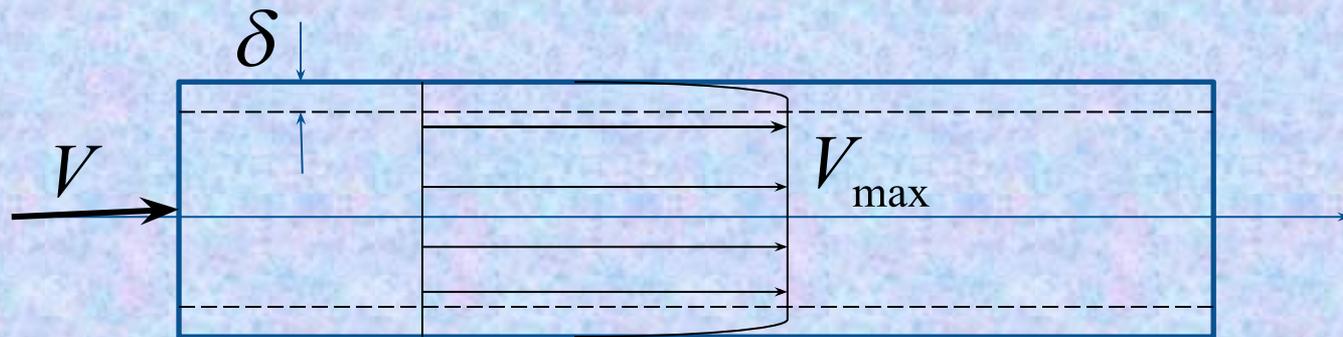
Для данного потока основную долю потерь напора составляют потери на внутреннее трение и трение о стенки, профиль скоростей – параболический, а закон сопротивления – линейный.



Основные свойства ламинарного установившегося режима течения *параболическое изменение скорости по радиусу от $V = 0$ на стенке трубы до $V = V_{max}$ – на оси трубы;*
линейный закон сопротивления и обратная пропорциональность коэффициента путевых потерь числу Рейнольдса.

Для турбулентного потока

наряду с потерями на вязкое трение у стенок значительную долю потерь напора составляют потери энергии вследствие пульсаций и перемешивания разноскоростных частиц. В связи с этим величина потерь напора больше, чем у ламинарного потока. Профиль скоростей – логарифмический – со слабым изменением в ядре и сильным – у стенок, а закон сопротивления – близок к квадратичному.



δ – толщина ламинарной пленки

k_T – коэффициент пропорциональности при турбулентном режиме

При движении вязкой жидкости

возникают потери напора на трение – гидравлические потери напора Δh . Они приводят к понижению давления в движущейся жидкости, но сами от величины давления не зависят. Основным фактором, определяющим величину потерь напора, является скорость потока, также они зависят от формы и размеров проточной части, чистоты поверхности стенок канала и вязкости жидкости.

Из уравнения Бернули следует, что в большем сечении давление больше, а скорость меньше.

Теоретический расход водомера Вентури определяется :

$$Q_t = A\sqrt{\Delta h}$$

$$Q_d = \mu A\sqrt{\Delta h}$$

Δh – перепад давления

A - постоянная водомера

μ - коэффициент расхода водомера

Понятия о потерях напора

Потеря напора подразделяется на потери напора на местные сопротивления и путьевые потери.

$$h_w = h_{wm.c.} + h_{wпny}$$

Определение потерь напора на местные сопротивления происходят по формуле Вейзбаха:

$$h_{wm.c.} = \xi \frac{V^2}{2g}$$

ξ - коэффициент местного сопротивления

Местные потери напора обусловлены деформацией потока, поворотами канала, изменениями поперечного сечения русла. Деформация потока вызывает необратимые потери напора связанные с вихреобразованием и отрывом потока от стенок, образованием застойных зон.

При деформациях потока скорость неоднородна.

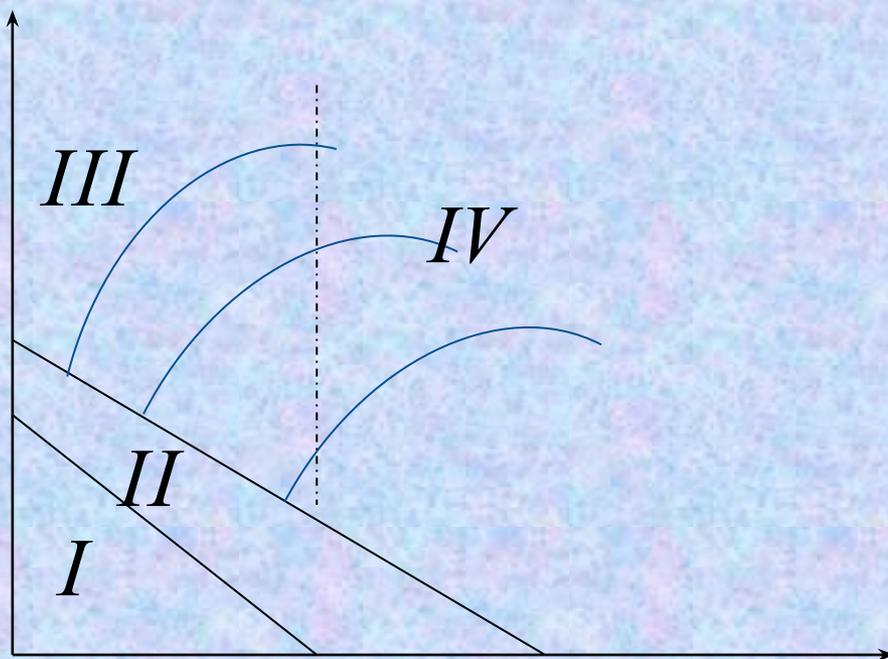
Общая универсальная формула для определения путевых потерь напора на прямом участке (формула Дарси)

$$h_w = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

λ - коэффициент гидравлического сопротивления (коэф. Дарси; коэф. Путевых потерь; коэф. Трения)

λ зависит от режима движения жидкости.

График Зегжда-Никурадзе



I – зона ламинарного режима $\lambda = \frac{64}{R_e}$

II- зона турбулентного режима

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{R_e}} - \text{Блазиус}$$

$$\lambda = \frac{1}{(1,8 \lg R_e - 1,5)^2} - \text{Конаков}$$

λ зависимость не только от R_e , но и от относительной шероховатости трубы

III – зона турбулентного режима

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^2$$

Δ – абсолютная шероховатость трубы

d – диаметр

IV – зона автомодельного режима трубы
шероховатые и λ не зависит от Re является
функцией шероховатости

$$\lambda = f\left(\frac{\Delta}{r_0}\right)$$

$$h_w = k \cdot V^2$$

Истечение жидкости через водослив

Процессом истечения называется прохождение жидкости через отверстия, при котором потенциальная энергия с большими или меньшими потерями преобразуется в кинетическую энергию струи.

Насадок – это патрубок, присоединенный к отверстию, длина которого не превышает $2d$.

Насадки бывают цилиндрические, конически сходящиеся, конически расходящиеся, коноидальные

Преграда через которую переливается вода, называется водосливом.

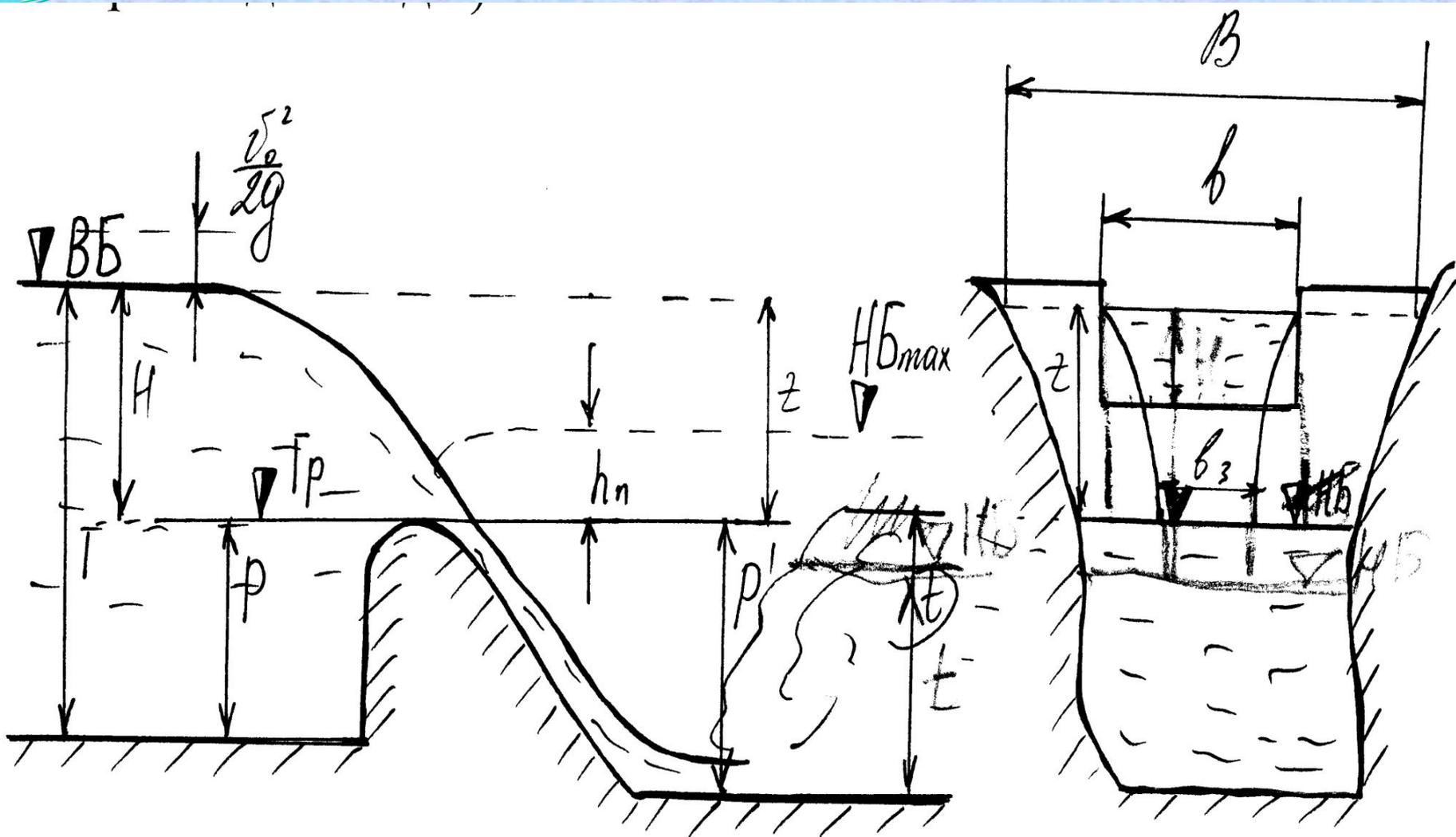
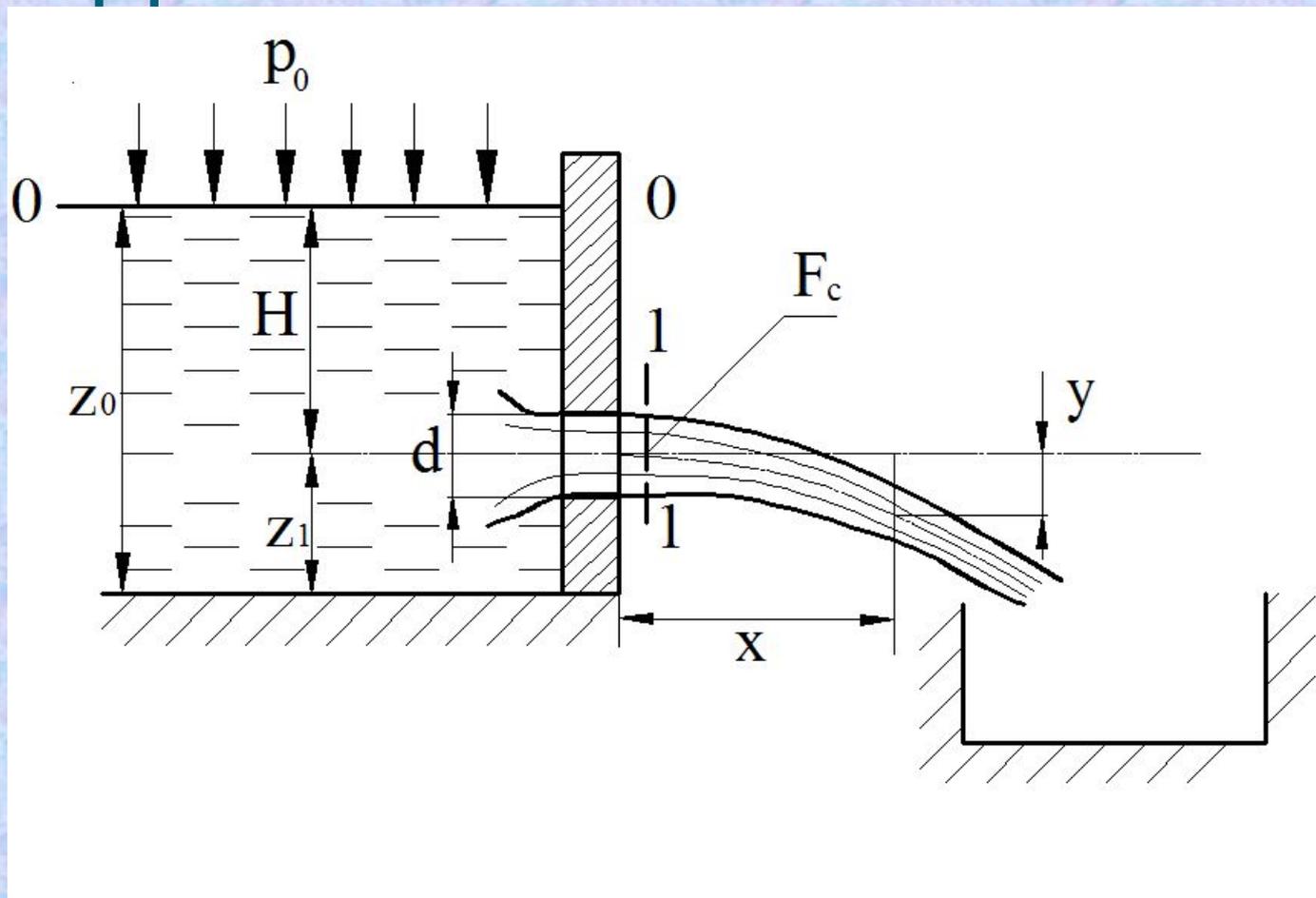


Рис. 1

Истечение жидкости из насадок



При расчете истечения воды через водослив пользуемся следующими понятиями:

▼ ВБ - верхний бьеф - участок потока воды перед водосливом с повышенной отметкой свободной поверхности;

▼ НБ - нижний бьеф - участок потока воды за водосливом;

▼ Гр.в.- определяет его высоту относительно дна русла;

R и R' - высота водосливной стенки соответственно со стороны верхнего и нижнего бьефа;

T и t - глубина потока соответственно в верхнем и нижнем бьефе;

B и b - ширина потока в верхнем бьефе и ширина водослива;

H – напор на водосливе статический, равный $(T-P)$ или разности отметок свободной поверхности верхнего бьефа и гребня водослива;

Z – перепад уровней на водосливе, равный разности отметок свободной поверхности воды в верхнем и нижнем бьефах;

Q – расход воды, переливающейся через водослив в единицу времени, л/с;

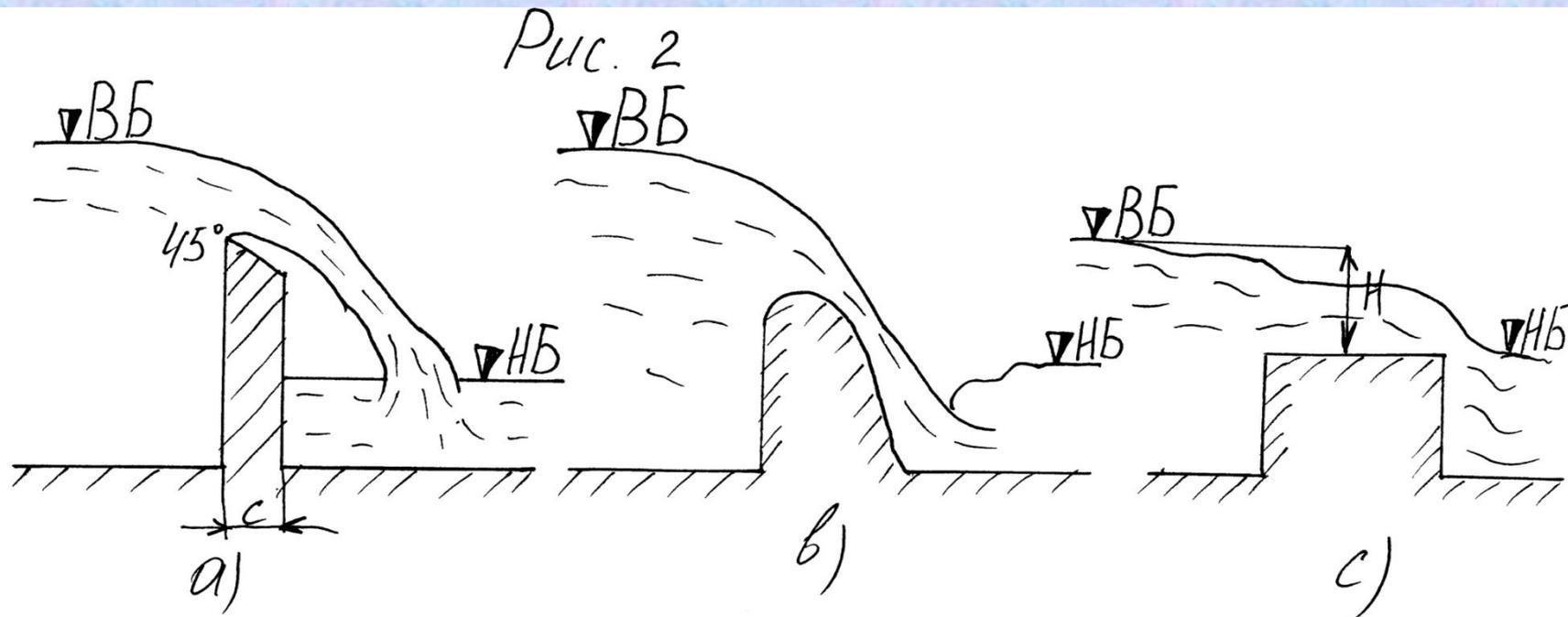
$V_0 = \frac{Q}{(BT)}$ – скорость прохода, равная средней скорости потока в верхнем бьефе;

$H_0 = H + V_0^2 / (2g)$ – полный напор на водосливе с учетом скорости подхода, м.

Классификация водосливов

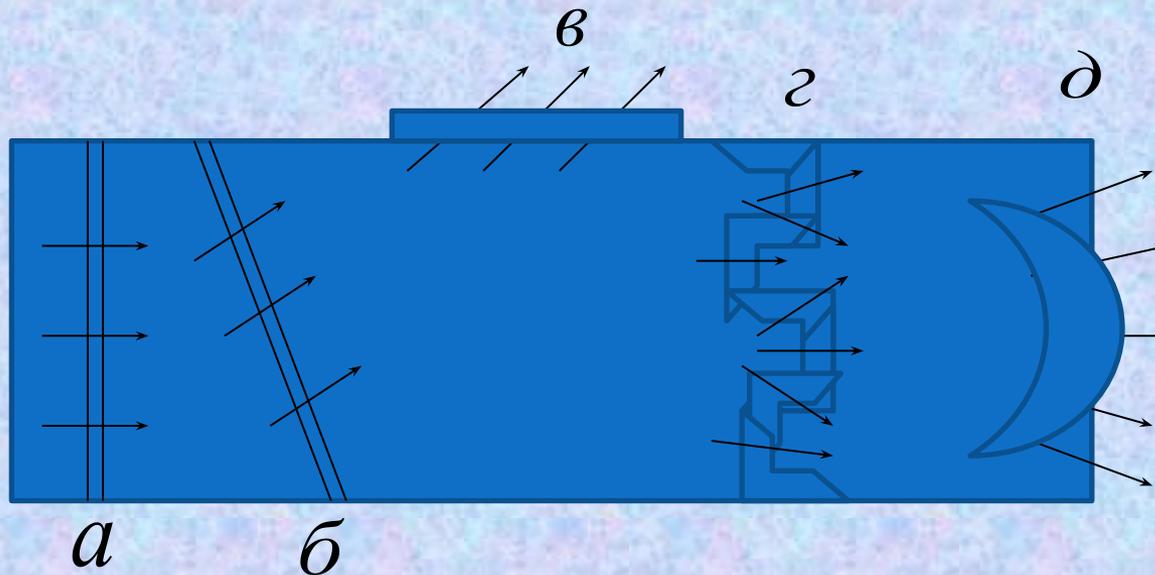
По очертанию поперечного профиля водосливной стенки водосливы могут быть трех видов:

- водослив с тонкой стенкой (с острым гребнем) (рис. 2, а)
- водослив практического профиля (рис. 2, в)
- водослив с широким порогом; длина горизонтальной поверхности гребня с обычного находится в пределах (рис. 2, с)
 $(1,5:2,0)H < c < (10:12)H$



В зависимости от расположения и очертания гребня в плане делятся на формы:

1. Прямые (рис. а)
2. Косые (рис. б)
3. Боковые (рис. в)
4. Ломаные (рис. г)
5. Криволинейные (рис. д)



По условия протекания потока водосливы могут быть (рис.1):

- без бокового сжатия ($V=b$) и с боковым сжатием ($V>b$);
- неподтопленный ($t<P'$) или подтопленный ($t>P'$);
- безвакуумные или вакуумные, у которых давление под струей меньше атмосферного.

Водосливы с тонкой стенкой в зависимости от формы водосливного отверстия подразделяется на:

- Прямоугольные;
- Треугольные;
- Трапецеидальные.

Основная формула расхода воды через водослив:

$$Q = FV$$

Для водослива площадь струи поверхности F (рис. 1) пропорциональна произведению bH :

$$F = k_1 b H_1 \quad (1)$$

Где k_1 – коэффициент пропорциональности

Средняя скорость струи V пропорционально зависимости:

$$V = k_2 \sqrt{2gH} \quad (2)$$

Поставив (1) и (2) в формулу расхода, при $k_1 k_2 = m$

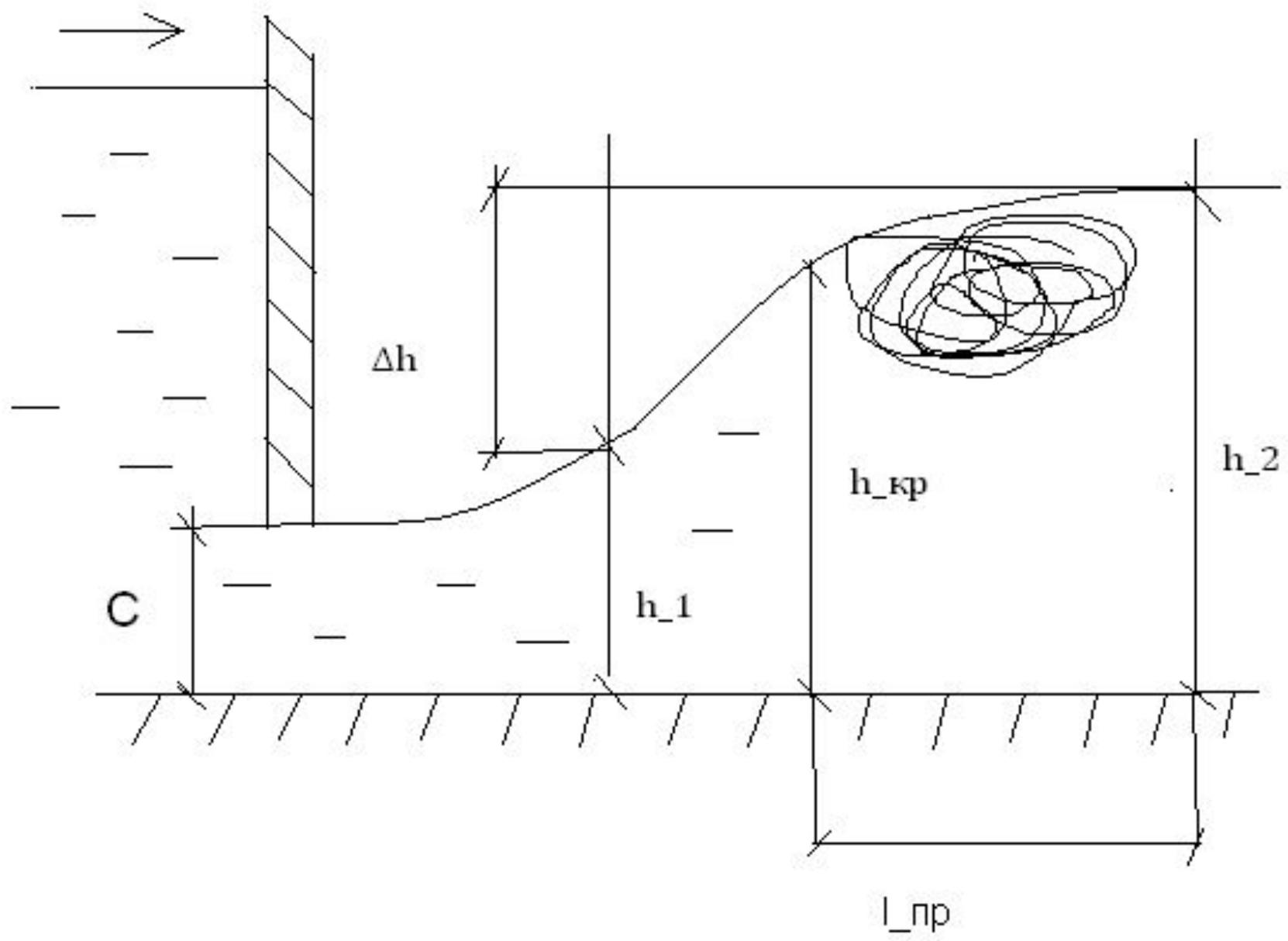
m - коэффициент расхода

$$Q = mb \sqrt{2gH}^{3/2} \quad (3)$$

Водослив с тонкой стенкой называется совершенным, если его свободно переливающаяся струя не испытывает бокового сжатия и подтопления со стороны нижнего бьефа. Совершенный водослив с тонкой стенкой обладает устойчивым режимом работы. Расход такого водослива можно определить по формуле (3).

Гидравлический прыжок

- Это изменение глубины потока от меньшей к большей на сравнительно небольшом участке русла, когда он переходит из бурного состояния в спокойное с образованием водоворотной зоны.



$\Delta h = h_2 - h_1$ - высота прыжка

h_1, h_2 - сопряженные глубины

$h_{кр}$ - критическая глубина

- Если $h_2 > 1,3h_{кр}$, то образуется совершенный гидравлический прыжок с образованием поверхностного вальца (водородная зона)
- Если $h_2 < 1,3h_{кр}$, то образуется прыжок-волна и на поверхности получают затухающие волны.

Потеря напора в гидравлическом прыжке:

$$h_w = \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right) - \left(h_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right)$$

V_1, V_2 - скорости до и после прыжка;

$$h_w = \frac{\Delta h^3}{4h_1 h_2} \quad \text{- для прямоугольного водослива.}$$

Основное уравнение гидравлического прыжка

$$\frac{Q^2}{g\omega_1} + h_{ц.м.}^1 \omega_1 = \frac{Q^2}{g\omega_2} + h_{ц.м.}^2 \omega_2$$

Где ω – площадь сечения

Получаем сопряженные глубины: $h_1 = \frac{h_2}{2}$

Длина гидравлического прыжка

$$l_{оп} = (4...5)(h_2 - h_1)$$

Формула Павловского:

$$l_{павл} = 2,5(1,9h_2 - h_1)$$

$$z_0 + \frac{p_0}{\rho g} + \alpha_0 \frac{V_0^2}{2g} = z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + \Delta h$$

Уравнение Бернулли для сечений 0-0 и 1-1

Принимаем условие постоянства
напора

$$z_0 - z_1 = H = \text{Const}$$

$$p_a = p_0 = p_1 \quad V_0 \approx 0$$

$$\Delta h = \xi \frac{V_1^2}{2g}$$

$$\alpha \frac{V_1^2}{2g} + \xi \frac{V_1^2}{2g} = H$$

$$V_1 = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \xi}} \sqrt{2gH}$$

Для идеальной жидкости

$$\alpha = 1$$

$$\xi = 0$$

$$V_T = \sqrt{2gH}$$

Коэффициент скорости

$$\varphi = \frac{V_1}{V_T}$$

Определение коэффициента скорости опытным путем

$$\varphi = \frac{x}{2\sqrt{yH}} - \text{для } _ \text{отверстия}$$

$$x = V t$$

$$y = \frac{gt^2}{2}$$

$$t = \frac{x}{Vt}$$

Теоретический расход

$$Q_T = V_T F_0$$

$$Q = V_1 F_C$$

Коэффициент расхода

$$\mu = \frac{Q}{Q_T}$$

Коэффициент сжатия

$$\varepsilon = \frac{F_c}{F_0}$$

Истечение жидкости через насадки при постоянном напоре

Отличается тем, что в отверстиях образуется инверсия, а в насадках образуется вакуум – сжатие не происходит

Основы общей гидрологии суши

Гидрология суши – наука рассматривающая
поверхностные воды.

Непрерывные процесс циркуляции воды на земном
шаре, происходит под влиянием соли, радиации и
силы тяжести представляет собой круговорот
воды.

Виды круговоротов:

1. *Мировой* – водяной пар испаряется с океана, переносится на материки, выпадает в виде осадков.
2. *Океанический* – пар испаряется с поверхности океана и выпадает в виде атмосферных осадков в океан.
3. *Внутриконтинентальный* – испаряется с суши и выпадает на поверхность суши.

Цикл круговорота замкнутый и описывается уравнением водного баланса.

Водный баланс – соотношение прихода и расхода воды с учетом изменения ее запасов за выбранный интервал времени.

Уравнение водного баланса для мирового океана

$$Z_M = X_M + Y \quad (1)$$

Весь баланс $1,3 \cdot 10^9 \text{ км}^3$

Испарение $Z_M = 447,9 \text{ тыс. км}^3$

Выпадает $X_M = 44,6 \text{ тыс. км}^3$

переносится $Y = 36,3 \text{ тыс. км}^3$

Уравнение водного баланса для суши

$$Z_C = X_C - Y \pm \omega$$

Выпадает на сушу

$$X_C = 99,3 \text{ тыс. км}^3$$

$$Z_C + Z_M = X_C + X_M$$

Сумма испарения моря, суши и океана равна сумме выпадения осадков

Речной сток

Речная система – река с притоками

Речное русло – выработка рекой позже, по которой происходит сток на пойму.

Пойма – часть дна речной долины, сложенная наносами и затопляемая в половодье и паводками.

Дельта – многоруковое русло формирующееся в собственных отложениях наносов при впадении в море

Эстуарий – река, впадающая в море одним расширенным размытым руслом

Гидрограф – график колебания расходов воды

Количественными характеристиками являются:

- Расход воды Q
- Объем стока W
- Модуль M
- Слой стока

$$W = QT$$

Модуль стока M л/с*км² - количество воды, стекающий с единицы площади водосбора F , км² в единицу времени

$$M=1000(Q/F)$$

h - толщина слоя, количество воды стекающей с водостока

$$W=h \cdot F \cdot 10^3$$

Слой воды $h=31,5 \cdot M$ - стекает за секунду в год $31,5 \cdot 10^6$

Q_0 - среднее арифметическое значение среднегодовых расходов

W_0 - средний многолетний объем

M_0 - средний многолетний номер

h_0 - средний многолетний слой осадков

Безразмерные характеристики

Коэффициент стока η

Модульный коэффициент k

$$k = \frac{Q_i}{Q_0} = \frac{W_i}{W_0} = \frac{M_i}{M_0} = \frac{h_i}{h_0}$$

Наносы – твердые частицы, переносимые и формирующие ложе водоемов.

Водная эрозия – процесс разрушения перемещения и отложения почв грунта и горной породы под воздействием дождя.



Пробы на мутность берутся *батометрами*, которые делятся на две группы: батометры мгновенного наполнения (Н.Н. Жуковского) и батометры длительного наполнения (Б.В. Полякова).

Гидрометрия – наука о методах и средствах определения величин, характеризующих движение и состояние жидкости, и режим водных объектов.

Гидрологические работы входят в состав инженерно – гидрологических изысканий мостовых переходов и тоннельных пересечений через водотоки.

Основоположниками являются В.Г. Глушко, Е.В. Близняк, Б. А. Аполов и др. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды образована согласно указу президента РФ в мае 2004 года.

Главной целью является обеспечение высокого уровня гидрометеорологической безопасности.

Гидрологическая сеть – совокупность гидрологических станций и постов по всей стране. В системе Главного управления гидрометеорологической службы (ТУГМС), ведущей регулярные наблюдения на реках и озерах, насчитывается несколько тысяч водомерных постов и станций.

Наблюдения и измерения осуществляются с целью изучения и получения многолетних характеристик и основных элементов гидрологического режима реки: стока воды, уровней, стока наносов, ледового режима и т.д.

Гидрологическая сеть состоит из речных, озерных, болотных и материковых станций и постов.

Гидрологические посты ведут ежедневные наблюдения за колебаниями уровня воды, температуры, регистрируют направление и силу ветра, осадки, фиксируют наличие водной растительности, состояние дна русла и характер зимнего режима реки.

На гидрологических станциях измеряют скорость и расходы воды, расходы взвешенных и влекомых данных наносов, производят химический анализ воды, выполняют снегомерные съемки.

Гидрологические станции делятся на два разряда.

Гидрологическая станция 1 разряда организуют и проводят наблюдения, обрабатывают и обобщают материалы наблюдения, организует и осуществляет техническое руководство работы станции 2 разряда называют гидрометрической станцией.

Гидрологическим постом называют пункт, обустроенный приспособлением, позволяющим определять высоту уровней воды над неподвижной точкой – нулем графика поста. Замер уровня воды производится два раза в сутки: в 8 и в 20 часов по местному времени, а в половодье и в паводки чаще.

В настоящее время на гидрологических постах проводят следующие наблюдения и работы.

Наблюдения:

- За уровнями воды;
- За температурой воды;
- За явлениями ледового режима;
- За расположением водной растительности;
- За условием водной поверхности
- За метеорологическими характеристиками.

Работы:

- Определение расходов воды;
- Определение взвешенных наносов;
- Отбор единичных проб воды на мутность;
- Отбор проб воды для определения гранулометрического состава взвешенных наносов;
- Отбор проб грунта для определения гранулометрического состава данных наносов;
- Отбор проб для определения химического состава.

Гидрологический пост располагается на прямолинейном участке реки, с пологим дном, без островов и зарослей водной растительности вблизи населенного пункта. Различают следующие посты: свайные, речные, смешанные, автоматические.

Для измерения скоростей течения используют поплавки, вертушки, батометры, тахеометры. Наибольшее распространение получила вертушка Жестовского.

Гидрологический створ представляет собой закрепленный на местности поперечник реки, в котором измеряют расходы воды и наносов. Место положения створа закрепляется прочными столбами – реперами.

Гидрометрические исследования состоят из трех последовательных этапов работ:

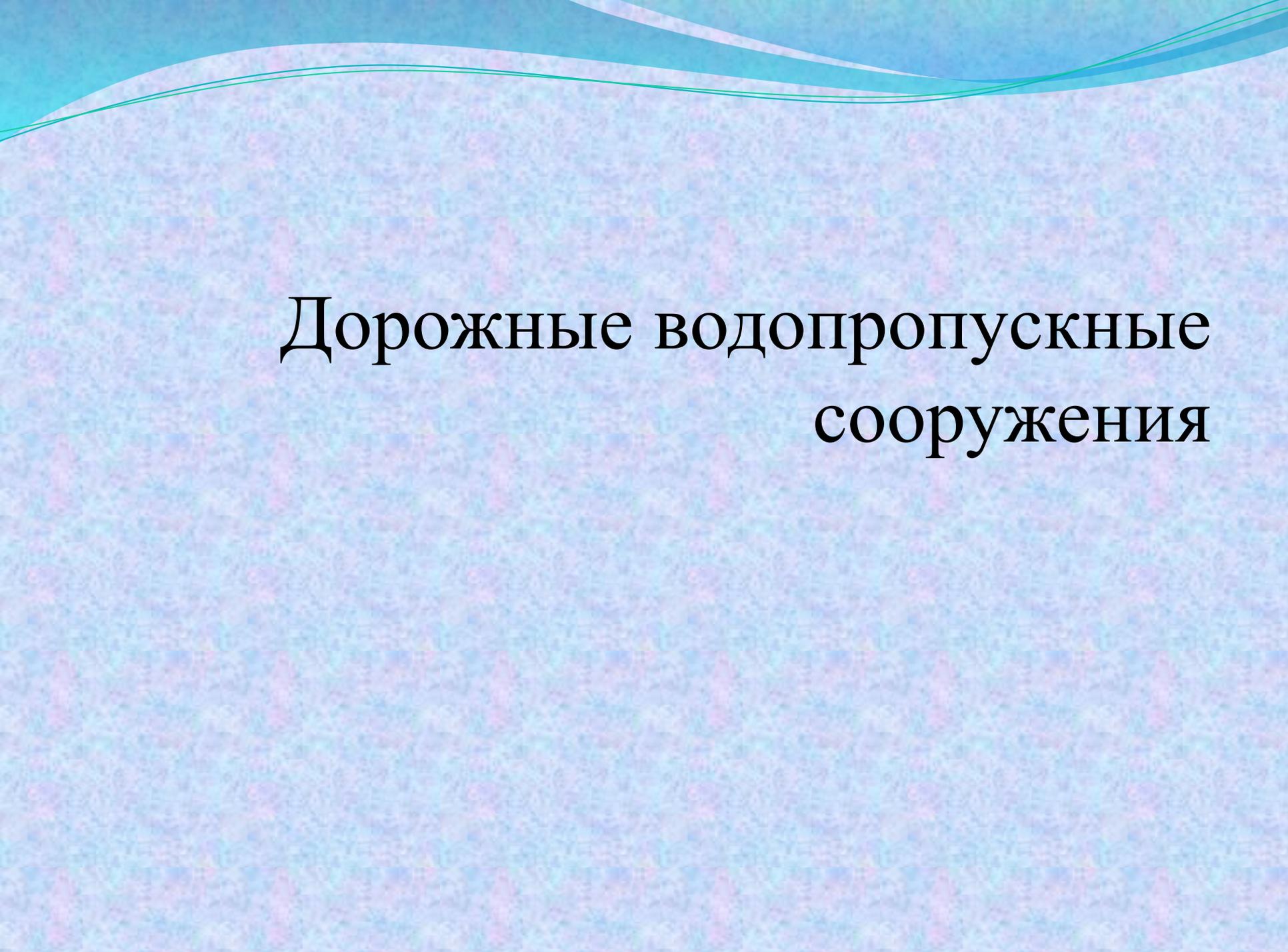
1. Организация и оборудование пунктов гидрометрических наблюдений;
2. Производство ежедневных и периодических наблюдений и работ по изучению гидрологического режима водных объектов;
3. Обработка материалов полевых наблюдений и работ.

Обработка материалов имеет также 3 этапа:

- первичный (на месте производства работ);
- окончательный;
- обобщение материалов по бассейнам рек.

При измерении скоростей вертушками применяется 3 способа:

- Детальный – предусматривает измерения по большому числу вертикалей с многочисленным измерением на каждой вертикали;
- Основной – осуществляется при наименьшем возможном числе вертикалей и точек на вертикали;
- Сокращенный – предусматривает измерения по одной – трем вертикалям и по 2-3 точкам на вертикали.



Дорожные водопропускные сооружения

Рельеф земной поверхности характерен чередованием повышенных и пониженных участков. Чтобы обеспечить сток в местах пересечения дорогами с понижением рельефа должны быть водопроницаемым сооружением.

К ним относятся: мосты и водопропускные трубы, шахтные водосбросы, дюкеры, лотки, фильтрующие насыпи и дамбы.

Малые мосты имеют длину до 25 м, средние от 25 до 100 м, большие 100м и более. Это деление носит условный характер.

Водопропускные трубы и мосты с укрепленными подмостовыми руслами относятся к одному общему типу сооружений и называют условно малыми сооружениями. В зависимости от уклона трубы различают трубы: с нулевым уклоном; с прямым уклоном; с малым уклоном; с уклоном равным критическому; с прямым большим уклоном.

В зависимости от наличия свободной поверхности в дорожных трубах различают движение воды в трубах: безнапорные и напорные.