

# Практическая работа

№3

Расчёт установленной мощности и режима  
работы малой ГЭС

# Режимы работы МГЭС

- **Нерегулируемая ГЭС**
- **ГЭС с суточным регулированием**

# Этапы расчёта

- **Предварительный расчёт мощности**
  - **Выбор оборудования**
- **Определение режима работы оборудования**

# Предварительный расчёт установленной мощности малой ГЭС

2. Рассчитываем установленную

МОЩНОСТЬ:

а. при отсутствии суточного регулирования

$$N_{уст} = k_M \cdot Q_{cp(50\%)} \cdot H \cdot k_{P\%}$$

$k_{P\%} \approx 0,4$  - Расчётный модульный коэффициент для степной зоны, полученный на основе  $\phi_{сmax}$

$k_{P\%} \approx 1$  - Расчётный модульный коэффициент для лесной зоны, полученный на основе  $\phi_{сmax}$

# Предварительный расчёт установленной мощности малой ГЭС

б. при наличии регулирующего бьефа с объемом, достаточным для суточного регулирования и продолжительности работы МГЭС  $t$  часов в сутки

$$N_{уст} = k_M \cdot Q_{cp(50\%)} \cdot H \cdot \frac{T}{t} \cdot k_{P\%}$$

# Предварительный расчёт установленной мощности малой ГЭС

## 3. Рассчитываем число

### гидроагрегатов

Количество агрегатов в первую очередь зависит от распределения стока внутри периода работы ГЭС.

Если в створе станции нет регулирующей емкости обеспечивающей внутрисуточное регулирование, то кол-во агрегатов и режим работы будут определяться внутригодовым режимом естественного стока.

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сток, м <sup>3</sup> /с	0,004	0,003	0,13	2,67	0,40	0,22	0,23	0,15	0,11	0,14	0,09	0

Возможно замерзание,  
исчезание стока

# Определение установленной мощности малой ГЭС

$$n = \frac{Q_{cp50\%}}{Q_{cp95\%}} \cdot m$$

$m$  – коэффициент, зависящий от быстроходности турбины и её расположения на ГУХ

$$m = 1,014$$

4. Производим выбор турбин и работу агрегатов по месяцам

$$N_{ном} = \frac{N_{уст}}{n}$$

# Выбор типа гидротурбины

$$N_{\text{ном}} = \frac{N_{\text{уст}}}{n}$$

**Ограничения, накладываемые на выбор гидротурбины**

$$N_{\text{ном.т}} \geq N_{\text{ном}}$$

$$H_{\text{min.т}} \leq H \leq H_{\text{max.т}}$$

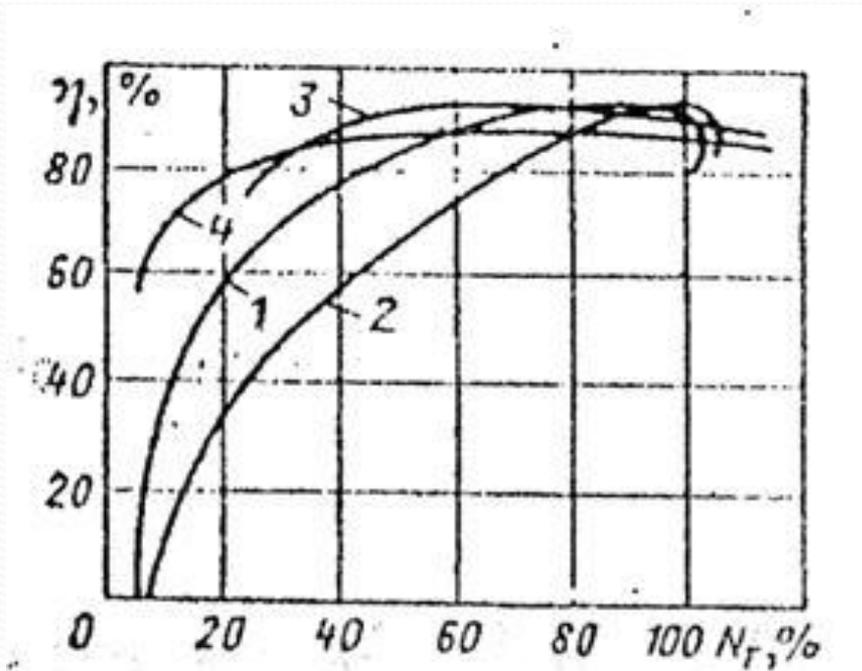
$$Q_{\text{min.т}} \leq Q \leq Q_{\text{max.т}}$$

# Выбор турбины и гидроагрегата

Варианты гидроагрегатов

Тип турбины	Нном, кВт	Уном, кВ	Тип ген.	Н, м	Q, м <sup>3</sup> /с	ω, об/мин.	Цена, руб.
Компания «ИНСЭТ» (ГА+ББН+Мультипликатор)							
МГЭС-10Пр	5	0,23	АГ	2,0-4,5	0,07-0,14	1000	350000
МГЭС-10Пр	10	0,23	АГ	4,5-10,0	0,1-0,21	1500	700000
МГЭС-15Пр	15	0,4	АГ	4,5-12,0	0,1-0,3	1500	1050000
МГЭС-50Пр	50	0,23; 0,4	АГ	2,0-10,0	0,3-0,9	600,750	2500000
МГЭС-100Пр	100	0,23; 0,4	АГ	6,0-18,0	0,5-1,2	1000	4000000
МГЭС-20ПрД	20	0,23; 0,4	АГ	8-18	0,08-0,17	1500	1000000
МГЭС-100К	100	0,23; 0,4	АГ, СГ	40-250	0,015-0,06	600, 750, 1000, 1500	3600000
МГЭС-200К	180	0,23; 0,4	АГ, СГ	40-250	0,025-0,1	600, 750, 1000, 1500	4860000
МГЭС-55РО	550	0,4; 6,0	СГ	25-55	0,4-1,3	1000	13695000
МГЭС-100РО	950	0,4; 6,0	СГ	30-100	0,4-1,25	1000,1500	18050000
МГЭС-120РО	3300	6,0; 10,0	СГ	70-120	0,6-3,2	600, 750, 1000	23100000
МГЭС-160РО	5600	6,0; 10,0	СГ	100-160	1,5-4	750,1000	39200000
Компания "Weswen" (ГА)							
WTWT600 (Тюрго)	0,6	0,23	ГПМ	8-20	0,008- 0,012	1500,1000, 750	41000
WTWT1000 (Тюрго)	1	0,23	ГПМ	10-25	0,008- 0,015	1500,1000, 750	46000
WTWT1500 (Тюрго)	1,5	0,23	ГПМ	12-28	0,008- 0,018	1500,1000, 750	61000

# Фактическая загруженность ГА



$$S_i(t) = \frac{n \cdot N_{\text{ном.т.}}}{\cos \varphi} \cdot \eta_{\text{ВС}} \cdot \eta_{\text{ТУРБ}} \cdot \eta_{\text{ГЕН}}$$

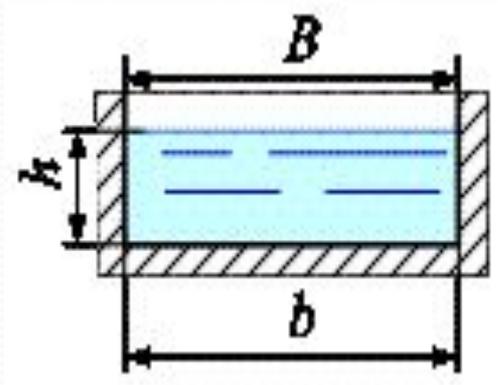
**Рабочие характеристики гидротурбин:**

1 – радиально-осевая, 2 – пропеллерная,  
3 – поворотной-лопастная, 4 – ковшовая.

# Геометрия водоподводящих сооружений



# Сечение деривационного канала



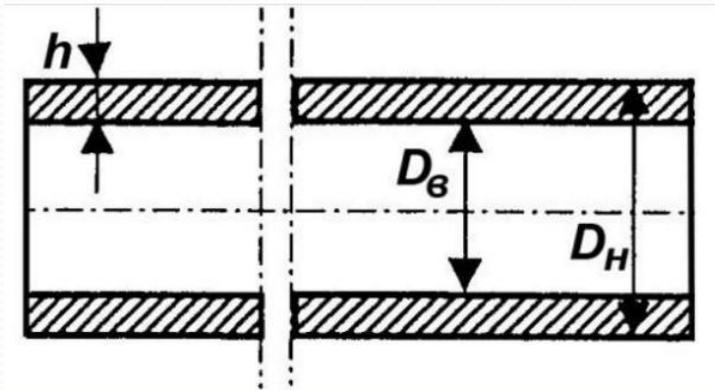
Максимальный расход турбин

$$\omega = \frac{Q_{\max}}{v} \quad v = 1,1 - 1,5$$

$$S_{\text{канала}} > \omega$$

$$S_{\text{сечения}} = h \cdot b$$

# Расчет диаметра напорного водовода



Внутренний диаметр водовода

$$D_{\text{внш}} = \left( \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{одо́да}}}{3.14 \cdot v}} \right)$$

Скорость потока в водоводе

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

Внешний диаметр водовода

$$D_{\text{внш}} = D_{\text{внут}} + 2a_0$$

# Потери напора в водоводе

Действительный напор

$$H_{\delta} = H - \sum \Delta h$$

Потери в водоводе

$$\sum \Delta h = \Delta h_{тр} - \Delta h_{дон}$$

К.П.Д. водоподводящих сооружений

$$\eta_{вс} = \frac{N_{вых}}{N_{вх}} = \frac{9,81 \cdot Q_i \cdot H_{\delta}}{9,81 \cdot Q_i \cdot H}$$

Тип жидкости	$\nu$
Чистая вода при t=20 °C	$1,01 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$
Чистая вода при t=10 °C	$1,31 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

$$\Delta h_{тр} = \frac{128 \cdot \nu \cdot Q \cdot L}{\pi \cdot g \cdot D^4}$$

Потери на трение воды о стенки водовода

$$\Delta h_{дон} = \frac{0,083 \cdot f \cdot Q}{D^4}$$

Местные потери напора

элемент	f
вход в водовод с закругленными краями	0,2
задвижка	0,12
Закругление	0,14

# Определение числа ГА в работе по месяцам и годовой выработки

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q(50%)	0,16	0,15	0,36	36,1	126	69,5	28,9	13,2	4,67	5,8	4,99	0,61
Q(95%)	0,51	0,043	0,064	10,9	29,6	9,64	2,55	1,35	0,78	0,79	0,58	0,13
n	0	0	0	5	5	5	4	3	1	0	0	0

Число работающих ГА определяется исходя из максимального расхода, который можно пропустить через этот ГА.

Определяется годовая выработка электроэнергии и выработка в каждый месяц.

$$W = \sum_i^{12} \left( \sum_{j=1}^n S_{ген}(t) \right) \cdot t$$

# Сводная таблица

Величина	Описание	Месяцы					
		1	2	3	....	11	12
$Q_{50\%}$ (м <sup>3</sup> /с)	Расход средневодного года						
$Q_{95\%}$ (м <sup>3</sup> /с)	Расход маловодного года						
$n_{50\%}$ , шт.	Кол-во включенных ГА						
$n_{95\%}$ , шт.							
$\eta_{га 50\%}$	К.п.д. гидроагрегатов						
$\eta_{га 95\%}$							
$\eta_{вс 50\%}$	К.п.д. водоподводящих сооружений						
$\eta_{вс 95\%}$							
$S_{факт 50\%}$ (кВт)	Мощность гидроагрегатов						
$S_{факт 95\%}$ (кВт)							
$W_{мес 50\%}$ (кВт*ч)	Объём электроэнергии по месяцам						
$W_{мес 95\%}$ (кВт*ч)							
$W_{год 50\%}$ (кВт*ч)	Объём вырабатываемой электроэнергии за год	$\Sigma$					
$W_{год 95\%}$ (кВт*ч)		$\Sigma$					

# Ход работы

- Рассчитать  $N_{уст}$  в условиях нерегулируемого стока
- Определить оптимальное число гидроагрегатов для МГЭС
- На основе полученного значения установленной мощности выбрать тип и номинальную мощность гидротурбин
- Определить число работающих ГА в каждом месяце для маловодного и средневодного года. Учесть степень их загруженности в месяцы, когда  $Q$  недостаточно для выработки  $N_{ном}$ .

# Ход работы

- Рассчитать объем вырабатываемой электроэнергии для маловодного и средневодного года.
- Определить какую часть теоретического потенциала реки удалось преобразовать на ГЭС в период маловодного и средневодного года.

$$N_{\text{а́йñ}} = n \cdot 9,81 \cdot Q_{\text{òóðá}} \cdot \dot{I} \cdot \eta_{\text{ÁÑ}} \cdot \eta_{\text{ÒÓÐÁ}} \cdot \eta_{\text{ÁÁÍ}}$$

$$N_{\text{ðáèè(òáíð)}} = 9,81 \cdot Q_{\text{ðáèè}} \cdot \dot{I}$$