

Практическое занятие 12. Компоновка гидротурбинного блока малой ГЭС

При строительстве ГЭС на малых водотоках гидротурбинный блок наряду с плотиной из местных материалов и русловым водосбросом входит, как правило, в состав водоподпорного фронта. В этом случае он состоит из открытого водоприемника, турбинной камеры (может быть совмещена с водоприемником), направляющего аппарата, в котором размещается гидротурбина, и отсасывающей прямоосной или изогнутой трубы.

Для низких напоров ($H < 10$ м) и расходов ($5 \dots 10$ м³/с) целесообразна компоновка малой ГЭС с пропеллерной гидротурбиной в прямоугольной турбинной камере. Для напоров от 10 до 20 м в названном диапазоне расходов наиболее экономичной является компоновка с горизонтальной осевой гидротурбиной и вынесенным в машинный зал генератором. Зона напоров от 20 м и выше перекрывается малыми ГЭС с радиально-осевыми гидротурбинами. Компоновка и габариты агрегатного блока с вертикальными реактивными гидротурбинами определяются в основном размерами проточной части гидротурбин.

Турбинные камеры. Для напоров $H \leq 6 \dots 10$ м и $D_1 \leq 1,6$ м применяются, как правило, открытые прямоугольные в плане турбинные камеры с шириной $B = A = (3 \dots 4) D_1$ (рис. 1.1).

При напорах $H = 6 \dots 10$ м для уменьшения длины вала гидротурбины и высоты затвора применяют закрытые турбинные камеры. Они выполняются также прямоугольными по габаритам открытых, лишь верхнее перекрытие становится напорным.

При напорах $H = 4 \dots 10$ м и $D_1 \geq 1,6$ м устраиваются бетонные спиральные камеры для вертикальных реактивных гидротурбин, а при $H \geq 50$ м – металлические спиральные.

Высота открытой турбинной камеры H зависит от глубины воды в ней, $H_1 = h_{\min} + h_{н.а.}$, где h_{\min} – минимальное заглубление направляющего аппарата, $h_{\min} \geq (0,9 \dots 1,0) D_1$, $h_{н.а.} = (0,6 \dots 0,75) D_1$. Глубину воды в турбинной камере H_1 можно определить расчетом исходя из следующих соображений. Для квадратной в плане турбинной камеры $B \times A$ определяют площадь входной части (м²):

$$F_{\text{вх}} = \frac{Q_{\Gamma}}{V_{\text{д}}}, \quad (1.1)$$

где $V_{\text{д}} = 1,0 \dots 1,2$ м/с – допустимая средняя скорость на входе в турбинную камеру.

Приняв $B = 3D_1$, получаем глубину входа (м) в турбинную камеру

$$H_1 = \frac{Q_{\Gamma}}{3D_1 V_{\text{д}}}. \quad (1.2)$$

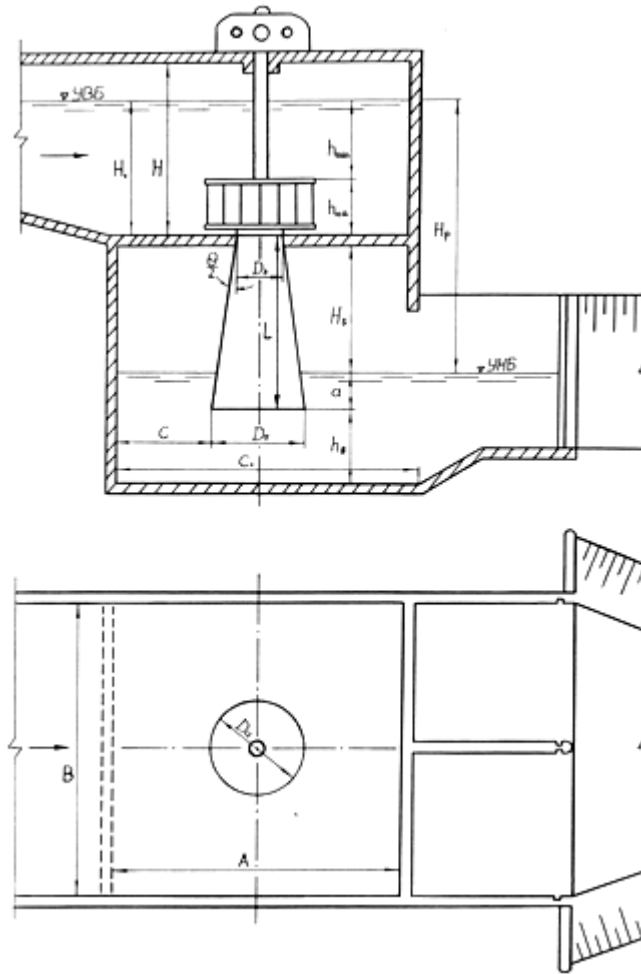


Рис. 1.1. Общая схема компоновки здания малой ГЭС с вертикальной гидротурбиной и прямоосной конической отсасывающей трубой

Окончательно принимаем большее значение глубины воды H_1 .

Отсасывающие трубы. При открытых турбинных камерах применяются прямоосные конические отсасывающие трубы. Они могут использоваться как для вертикальных, так и для горизонтальных капсульных гидротурбин. Прямоосные конические трубы применяются для радиально-осевых гидротурбин (РО) с $D_1 < 2,0$ м, пропеллерных (Пр) и поворотно-лопастных (ПЛ) с $D_1 < 1,6$ м.

Прямоосные конические отсасывающие трубы применяются при положительной высоте отсасывания $H_s \geq 0$, тогда длина отсасывающей трубы $L \leq H_s + 0,5$.

Конструктивно длина прямоосной конической отсасывающей трубы принимается в пределах $L = (3,0 \dots 4,0)D_1$, для радиально-осевых гидротурбин, пропеллерных (Пр) и поворотно-лопастных (ПЛ) $L = (2,0 \dots 2,5)D_1$.

Диаметр входного сечения и угол конусности отсасывающей трубы принимается в пределах, соответственно $D_3 = (1,1 \dots 1,2) D_1$, $\Theta = 8 \dots 12^\circ$.

Заглубление нижней кромки вертикальной прямоосной отсасывающей трубы или верха прямоосной горизонтальной или изогнутой под уровень нижнего

бьефа должно быть следующим: $a = 0,3$ м – для радиально-осевых гидротурбин, $a = 0,5$ м – для пропеллерных и поворотных-лопастных гидротурбин.

Диаметр выходного сечения (м) определяется по формуле

$$D_5 = \sqrt{\frac{4Q_T}{\pi V_5}}, \quad (1.3)$$

где V_5 – допустимая скорость на выходе отсасывающей трубы (м/с), при которой потери кинетической энергии не превышают 0,5...2,5 % напора, т. е.

$$h_{ws} = (\alpha_5 \cdot V_5^2)/2g \leq (0,005...0,025)H_p, \quad (1.4)$$

где α_5 – коэффициент, принимаемый равным 1,1.

Отсюда

$$V_5 \leq \sqrt{\frac{(0,005...0,025)H_p \cdot 2g}{\alpha_5}}. \quad (1.5)$$

Отводящие камеры. Применение вертикальных отсасывающих труб обуславливает необходимость устройства отводящей камеры прямоугольной в плане $B_1 \times C_1$. Параметры камеры следующие: ширина $B_1 = (2,0...2,4)D_3 + D_5$, длина $C_1 = 0,85B_1$. Глубина воды от дна до кромки отсасывающей трубы $h_b \geq (1,5...2,0)D_3$. Расстояние от кромки отсасывающей трубы до стенки отводящей камеры принимается в пределах $C = (1,0... 1,5)D_5$.

Привязка турбинного гидроагрегата к уровням нижнего и верхнего бьефов проводится по допустимой высоте отсасывания (H_s) и расчетному напору (H). Допустимая высота отсасывания для пропеллерных и поворотных-лопастных турбин исчисляется от середины (оси поворота) лопастей, для радиально-осевых – от середины направляющего аппарата. При этом « $+H_s$ » откладывается вниз, « $-H_s$ » – вверх, а заглубление нижней кромки вертикальной прямоосной отсасывающей трубы или верха прямоосной горизонтальной или изогнутой должно быть больше либо равно 0,3...0,5 м. Примеры компоновки и привязки малых ГЭС приведены на рис. 1.2 и 1.3.

Для S-образной отсасывающей трубы диаметр входного сечения рабочего колеса (м) определяется по формуле

$$D_3 = (1,1...1,2)D_1. \quad (1.6)$$

Диаметр входа (м) в турбинную камеру

$$D_{вх} = \sqrt{\frac{4F_{вх}}{\pi}}, \quad (1.7)$$

где $F_{вх}$ – площадь входа (м²).

Длина отсасывающей трубы определяется по формуле

$$L = \frac{D_5 - D_3}{2 \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2}}, \quad (1.8)$$

где $\Theta = 8 \dots 12^\circ$ – угол конусности отсасывающей трубы.

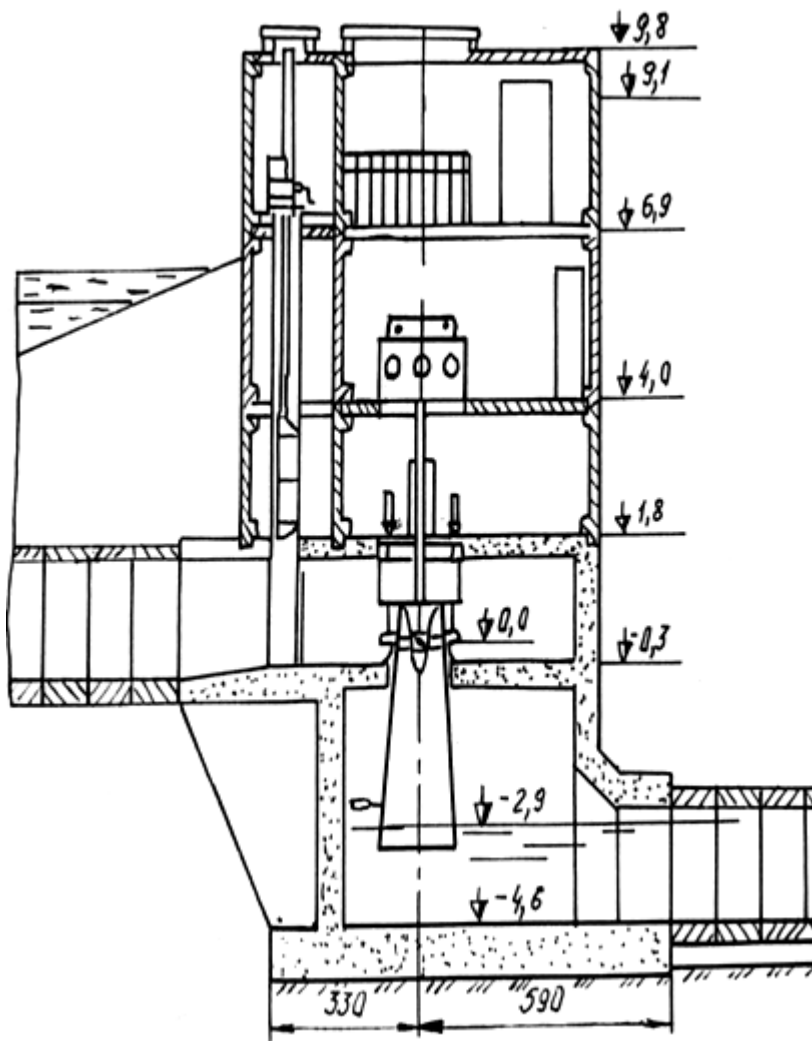


Рис. 1.2. Компоновка зданий малой ГЭС с применением сборного железобетона (вариант конструкции)

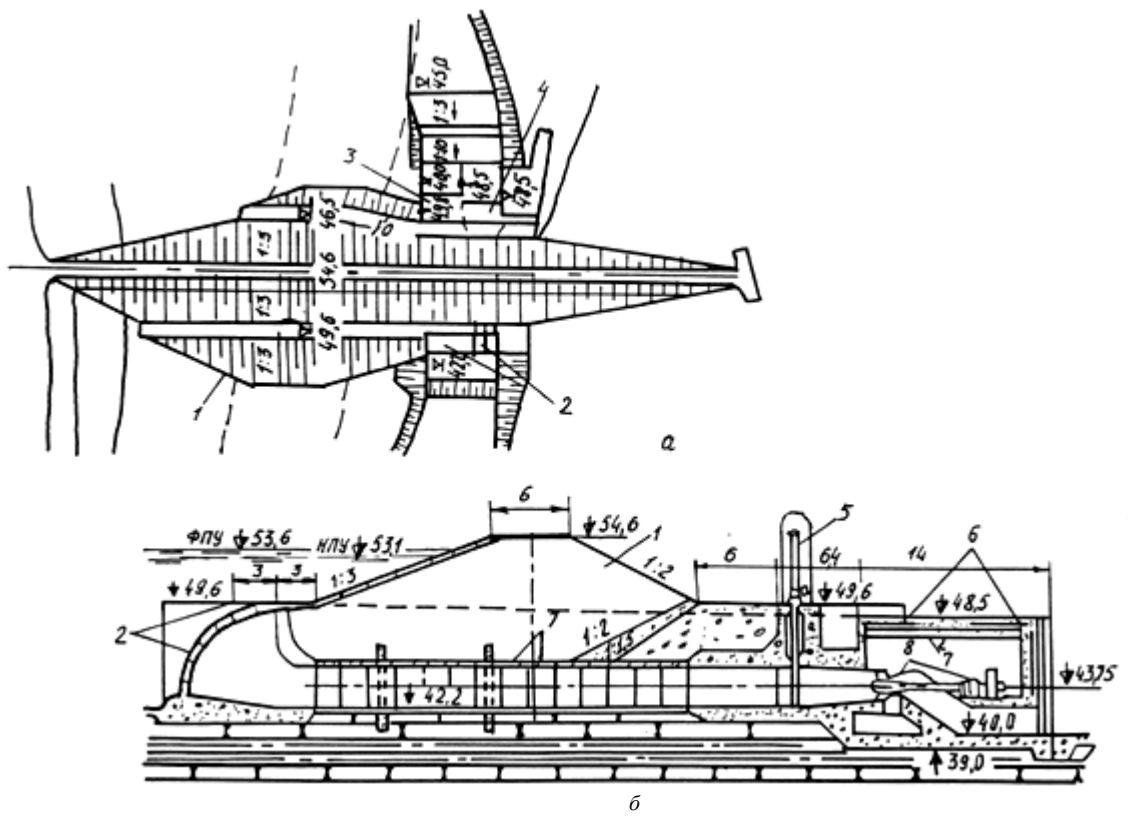


Рис. 1.3. Компоновка основных сооружений плотинной малой ГЭС: *а* – план гидроузла; *б* – разрез по напорному тракту; 1 – глухая плотина; 2 – водоприемник водосброса и ГЭС; 3 – водосброс; 4 – здание ГЭС; 5 – винтовой подъемник; 6 – съемные крышки; 7 – сборные железобетонные трубы; 8 – прямоточная турбина с S-образной отсасывающей трубой и вынесенным горизонтальным генератором