

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

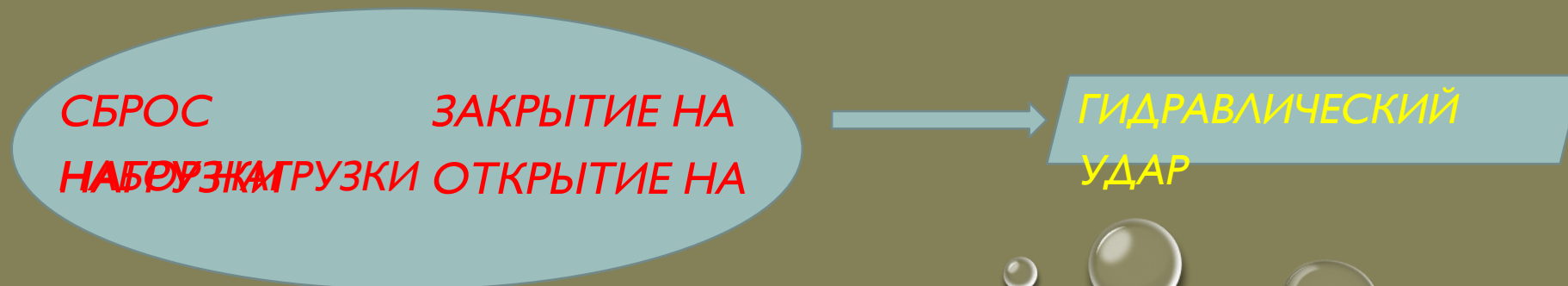
Лекция 21

Уравнительные резервуары



НАЗНАЧЕНИЕ УРАВНИТЕЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

- Защита напорных деривационных водоводов от гидравлического удара
- Уменьшение величины гидравлического удара в турбинных водоводах
- улучшение условий регулирования мощности турбин



НА – НАПРАВЛЯЮЩИЙ АППАРАТ

Критерием необходимости установки верхового уравнительного резервуара является значение постоянной инерции напорного водовода T_w . Для водовода постоянного сечения формула для расчета T_w имеет вид:

$$T_w = \frac{LQ}{gHF}$$

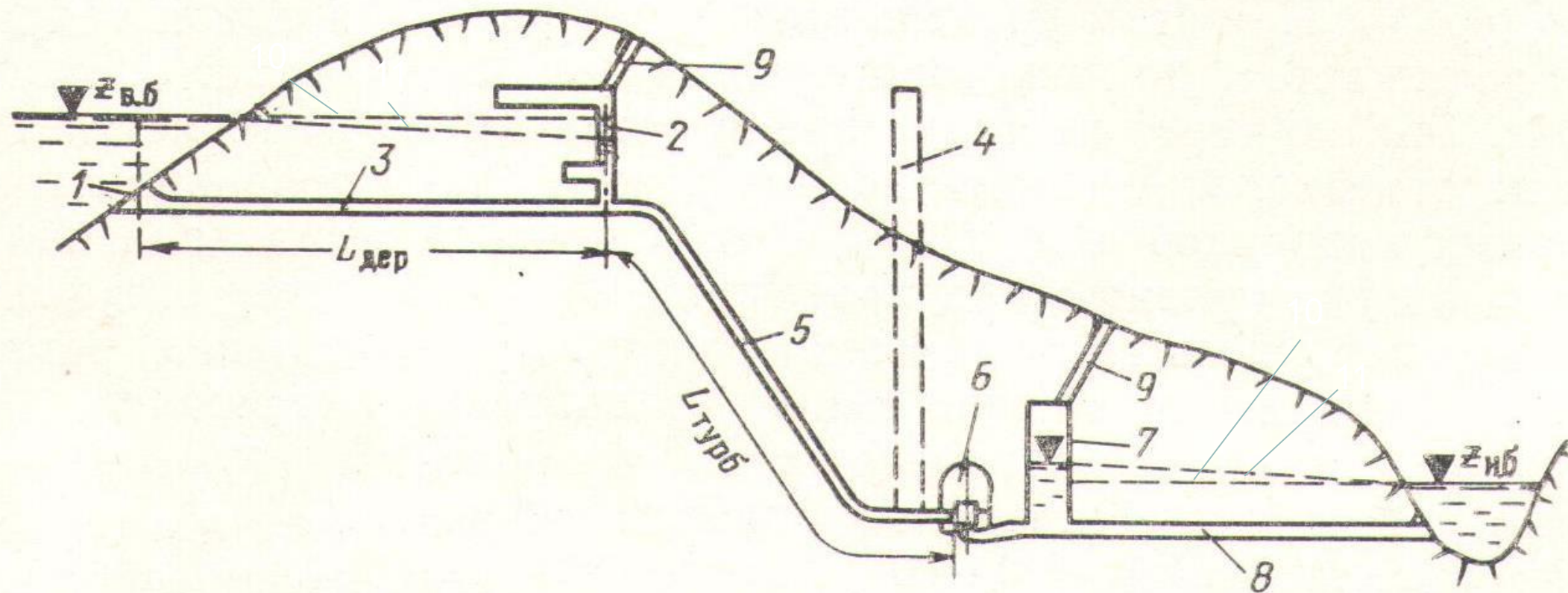
где: L – длина подводящего водовода от верхнего бьефа до входного сечения спиральной камеры,
 F – площадь сечения водовода,
 g – ускорение свободного падения,
 H – напор турбин.

Для получения максимально возможного значения T_w в формулу подставляются расчетный расход и расчетный напор турбин ГЭС.

Для водовода с переменной по длине площадью сечения водовода T_w определяется как сумма постоянных инерции отдельных участков

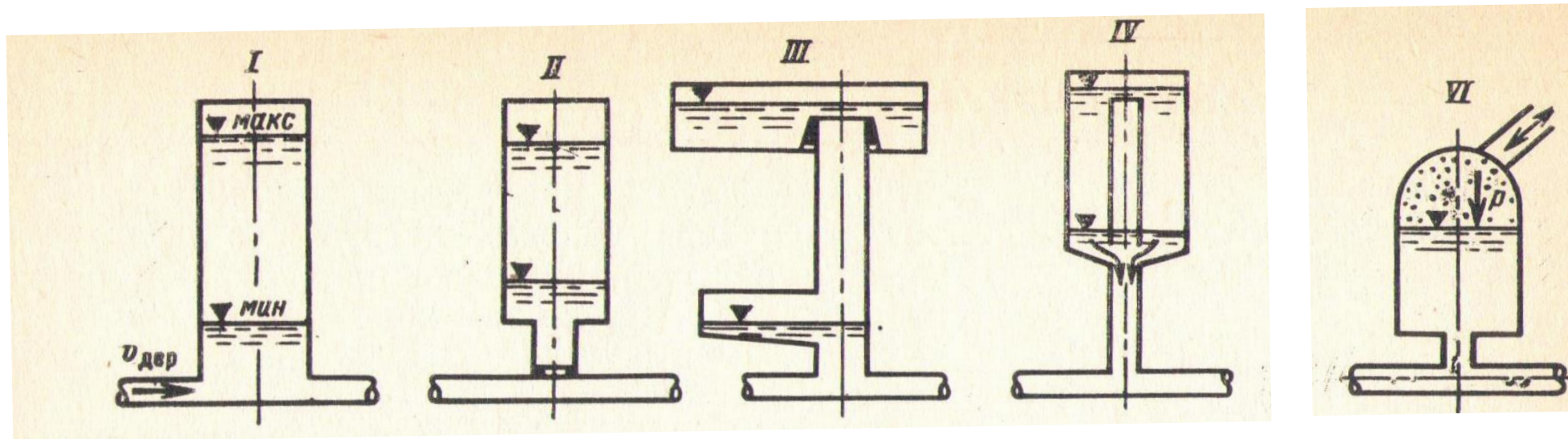
$$T_w = \frac{Q}{gH} \sum \frac{L_i}{F_i}$$

СХЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ УРАВНИТЕЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА



1 — водоприемник; 2 — верховой уравнильный резервуар; 3 — подводящий деривационный водовод; 4 — желательное размещение верхового уравнильного резервуара; 5 — турбинный водовод; 6 — здание ГЭС; 7 — низовой уравнильный резервуар; 8 — отводящий деривационный водовод; 9 — аэрационная шахта.

ТИПЫ РЕЗЕРВУАРОВ



I – цилиндрический; II – с дополнительным сопротивлением; III – камерный;
IV – дифференциальный; VI - полупневматический

СХЕМА РАБОТЫ УРАВНИТЕЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА

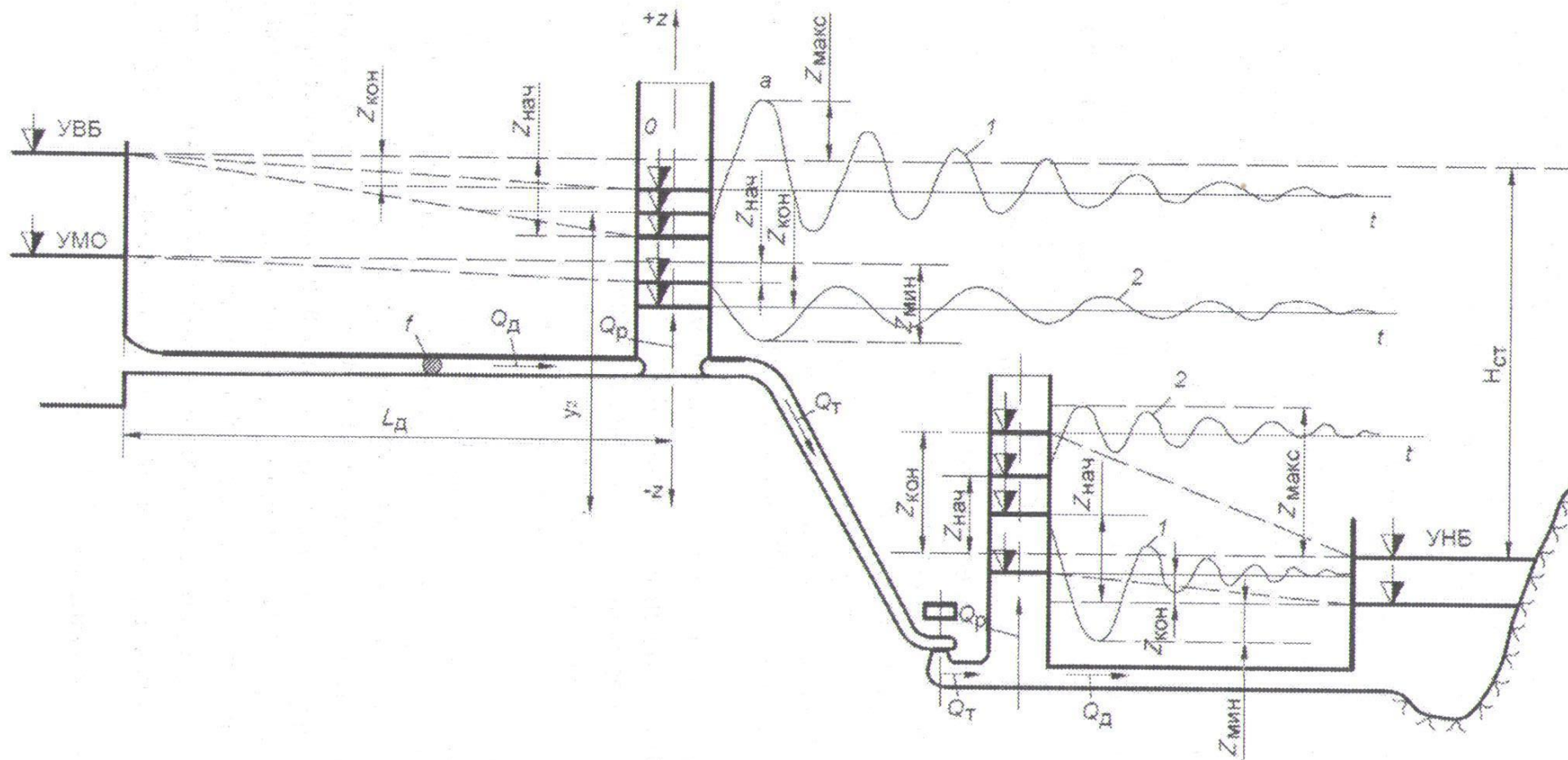


Рис. 2. Схема работы уравнительных резервуаров: 1, 2 — колебания уровня в резервуаре соответственно при уменьшении и при увеличении расхода турбин; L_d — длина деривации; Q_d и Q_T — расходы соответственно деривации и турбин; $Z_{нач}$ и $Z_{кон}$ — соответственно начальный и конечный уровни в резервуаре; $H_{ст}$ — статический напор

СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ КОЛЕБАНИЯ В НАПОРНОЙ СИСТЕМЕ В УР

$$\frac{dQ_D}{dt} = -\frac{gF_D}{L_D} \left(z + H_{WD} + H_{WP} + \frac{Q_D^2}{2gF_D^2} \right) \quad \text{Динамическое уравнение}$$

Член H_{WD} учитывает потери напора в деривационном водоводе, включая потери в водоприемнике, на местных сопротивлениях и по длине, а также потери скоростного напора. В общем виде эти потери определяются по формулам

$$H_{WD} = K_{WD} Q_D |Q_D| \quad K_{WD} = \left(\frac{2g L_D}{C^2 R} + \zeta_D + 1 \right) \frac{1}{2g F_D^2}$$

ζ_D – суммарный коэффициент местных гидравлических сопротивлений в деривации,

C – коэффициент Шези,

R – гидравлический радиус

Член H_{WP} учитывает потери напора в узле сопряжения уравнительного резервуара с водоводом. Сюда входят потери напора на диафрагме дополнительного сопротивления. Расчет этих потерь напора выполняется через расход в резервуаре и коэффициент местного сопротивления ζ_P

$$H_{WP} = K_{WP} (Q_D - Q_T) |Q_D - Q_T| \quad K_{WP} = \frac{\zeta_P}{2g F_D^2}$$

СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ КОЛЕБАНИЯ В НАПОРНОЙ СИСТЕМЕ В УР

$$\frac{dZ}{dt} = \frac{1}{F_p} (Q_d - Q_t)$$

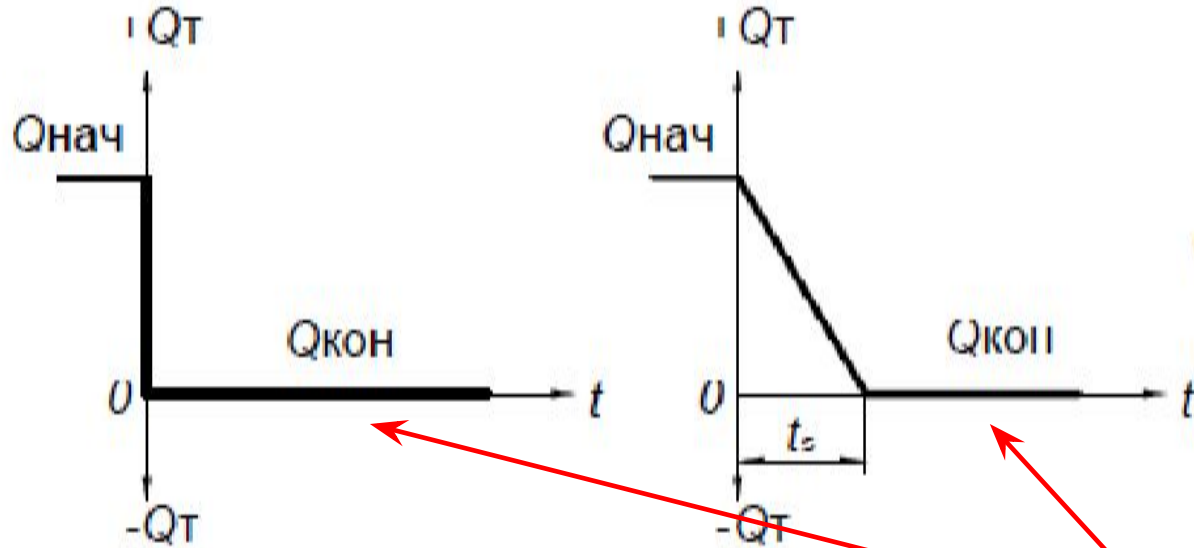
Уравнение неразрывности

Допущения:

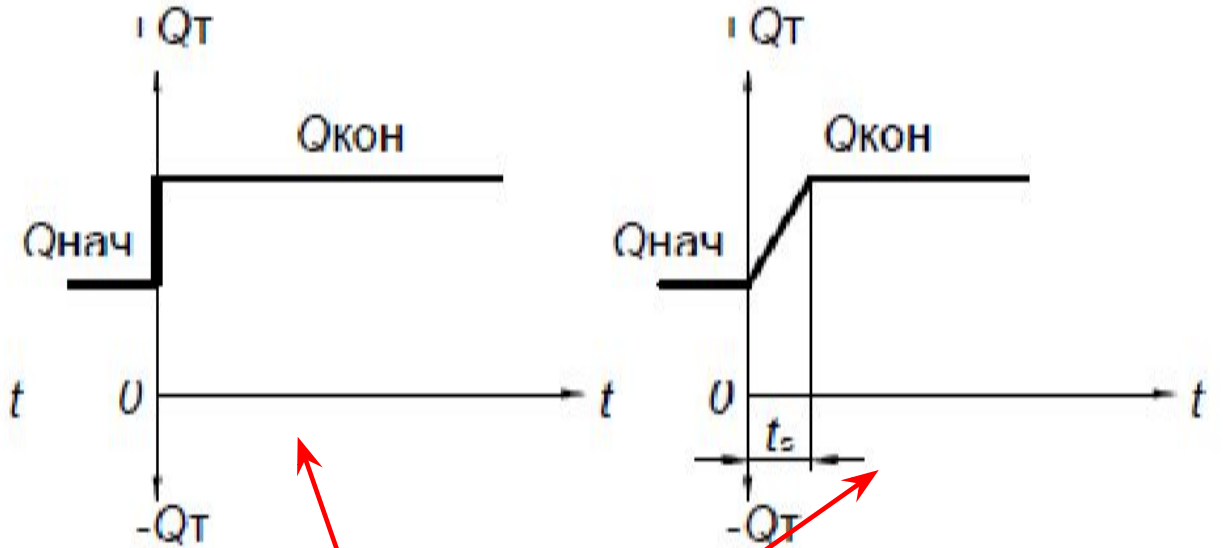
- при изменении давления вода не сжимается, облицовка водовода не деформируется (жесткая модель);
- давление на свободной поверхности в уравнительном резервуаре равно атмосферному;
- деривационный водовод на всей длине имеет постоянную площадь сечения.

ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ

Сброс нагрузки

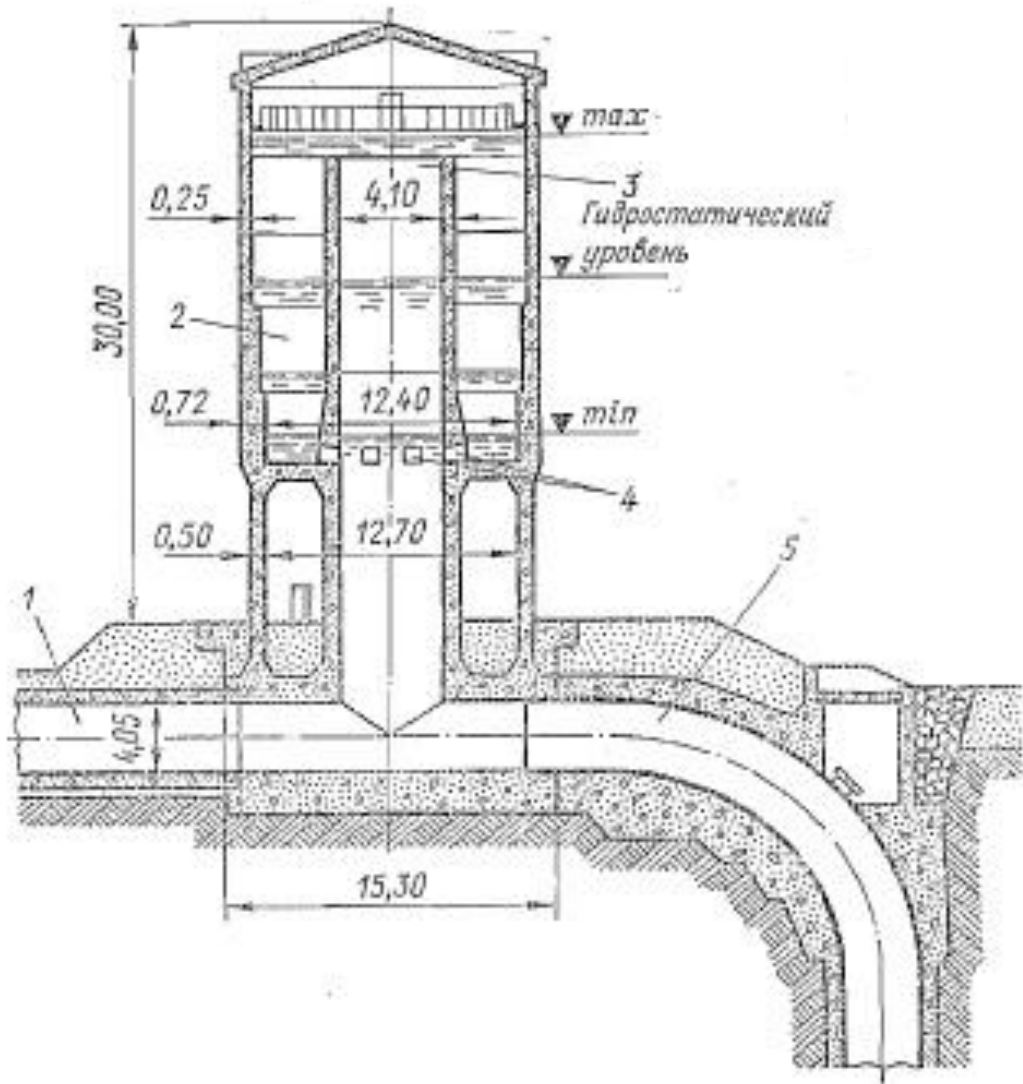


Набор нагрузки



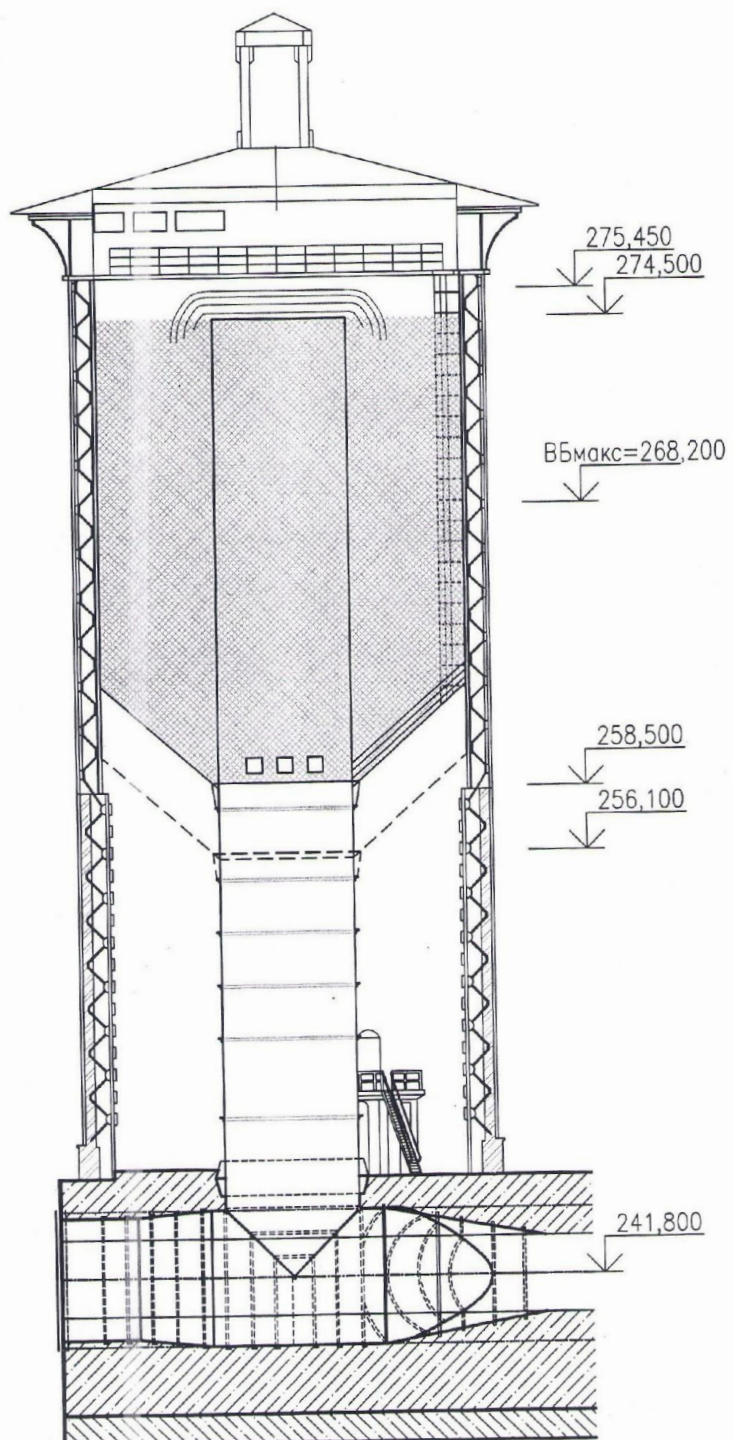
Изменение суммарного расхода турбинных водоводов во времени $Q_T = f(t)$ задается в качестве граничного условия. Простейшим граничным условием является **мгновенное изменение расхода** турбин от некоторого начального до конечного значения. Более точным является линейный закон изменения расхода турбин, в котором может учитываться **реальное время изменения расхода** при наборе или сбросе нагрузки

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ УРАВНИТЕЛЬНЫЙ РЕЗЕРВУАР



- 1-напорная подводящая деривация;
- 2 – уравнильный резервуар;
- 3 – внутренний стояк с водосливом на гребне;
- 4 – водопропускные окна в основании стояка;
- 5 – турбинный трубопровод

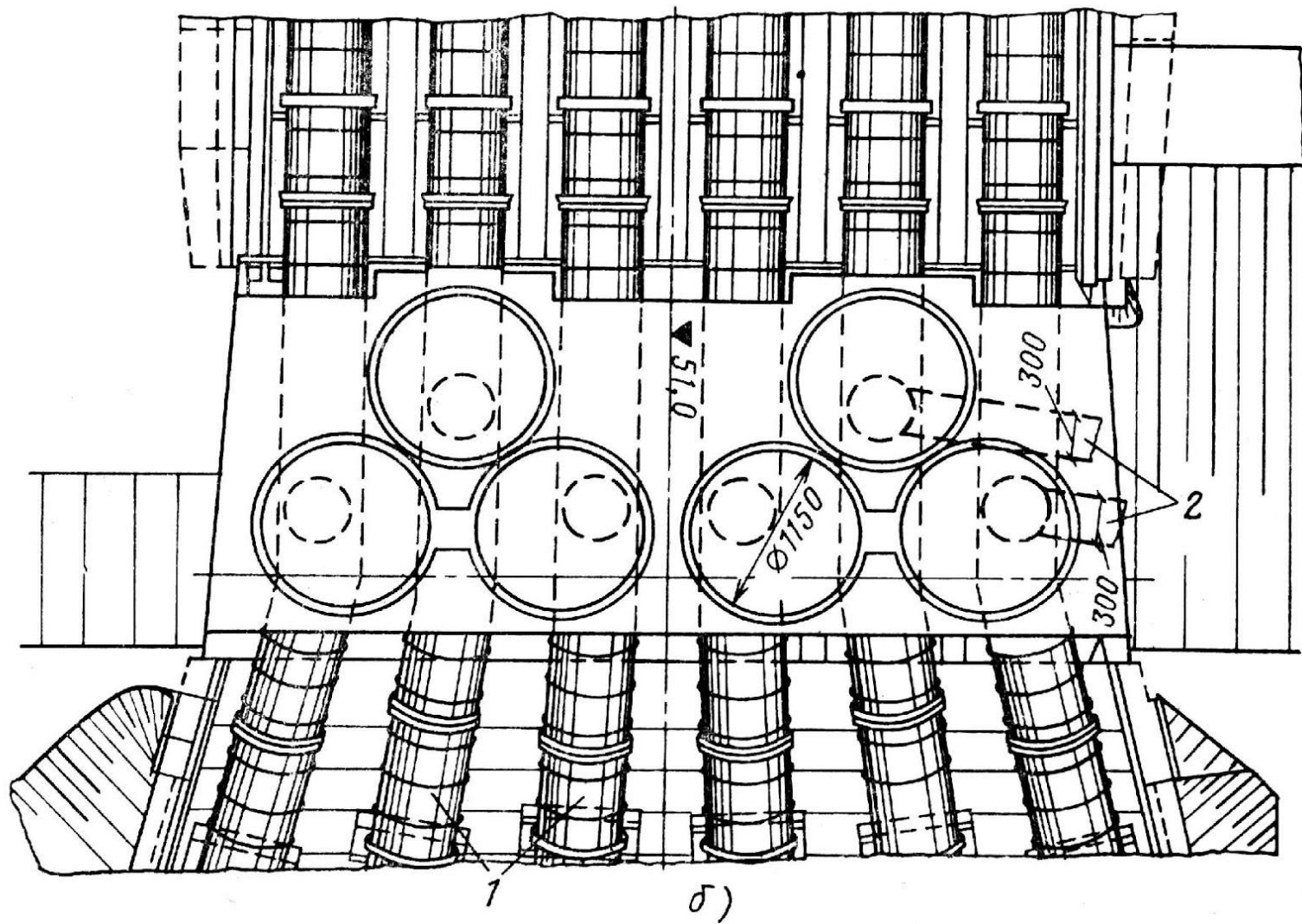
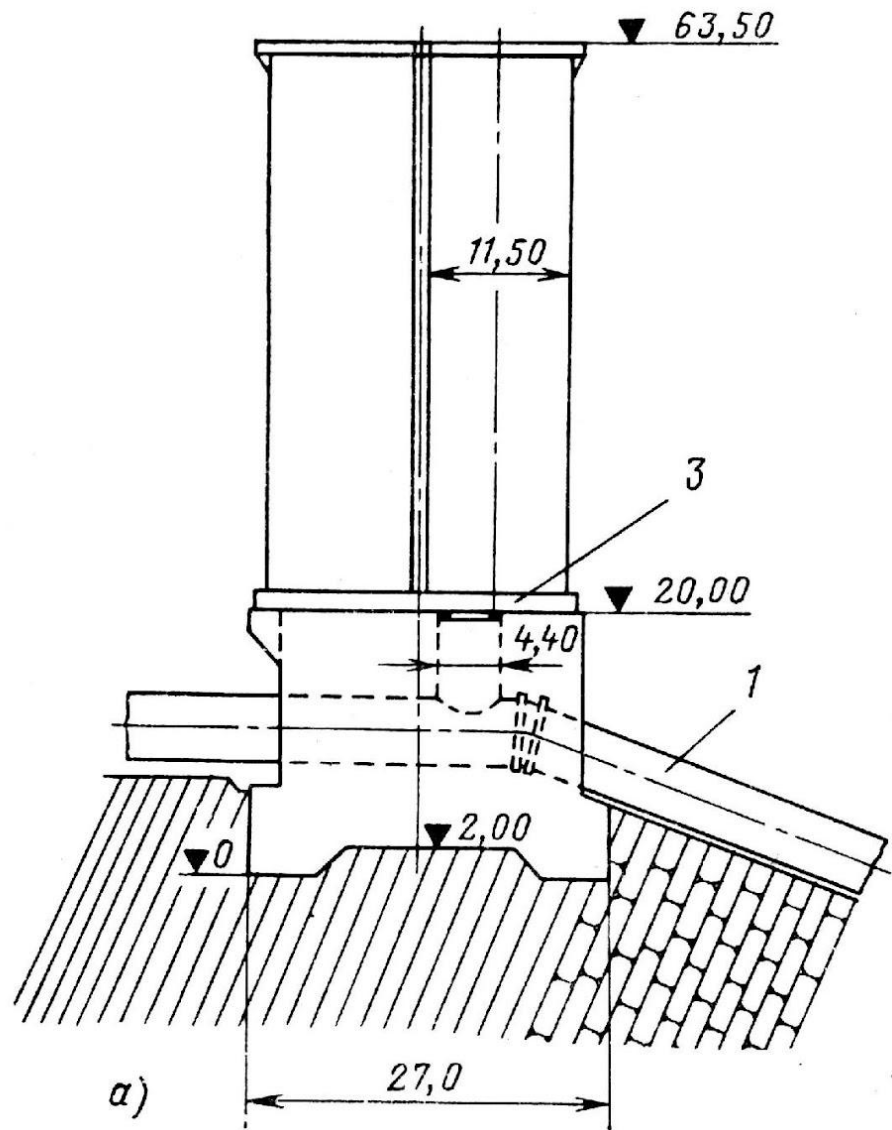
СЕНГИЛЕЕВСКАЯ ГЭС



МИНГЕЧАУРСКАЯ ГЭС



МИНГЕЧАУРСКАЯ ГЭС



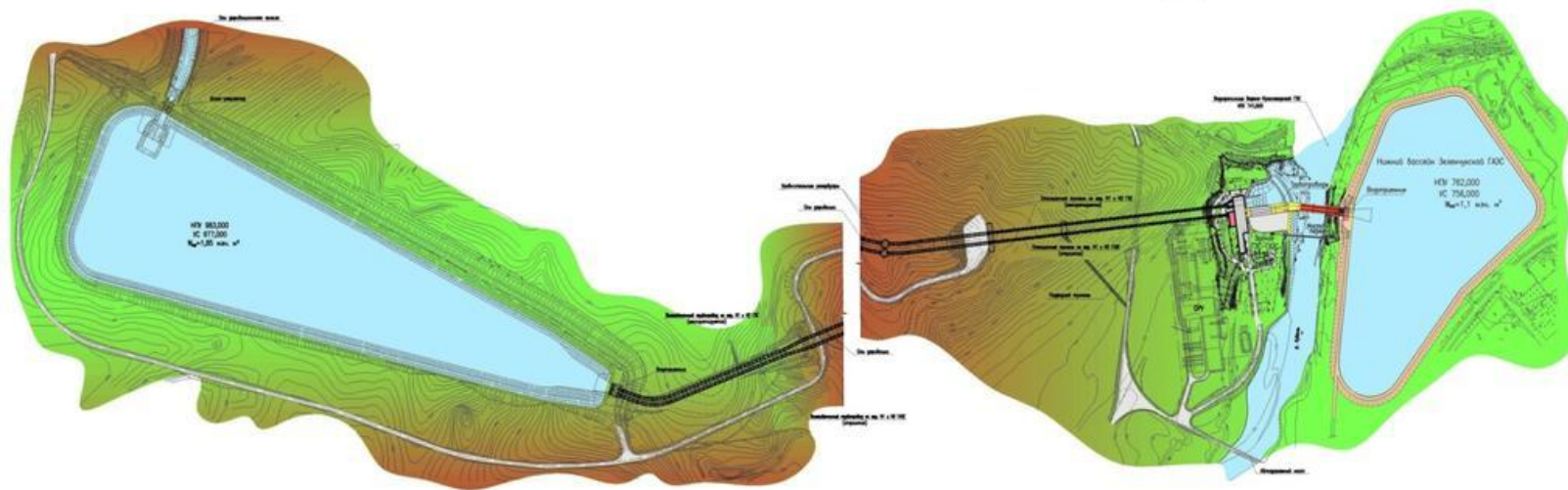
МИНГЕЧАУРСКАЯ ГЭС



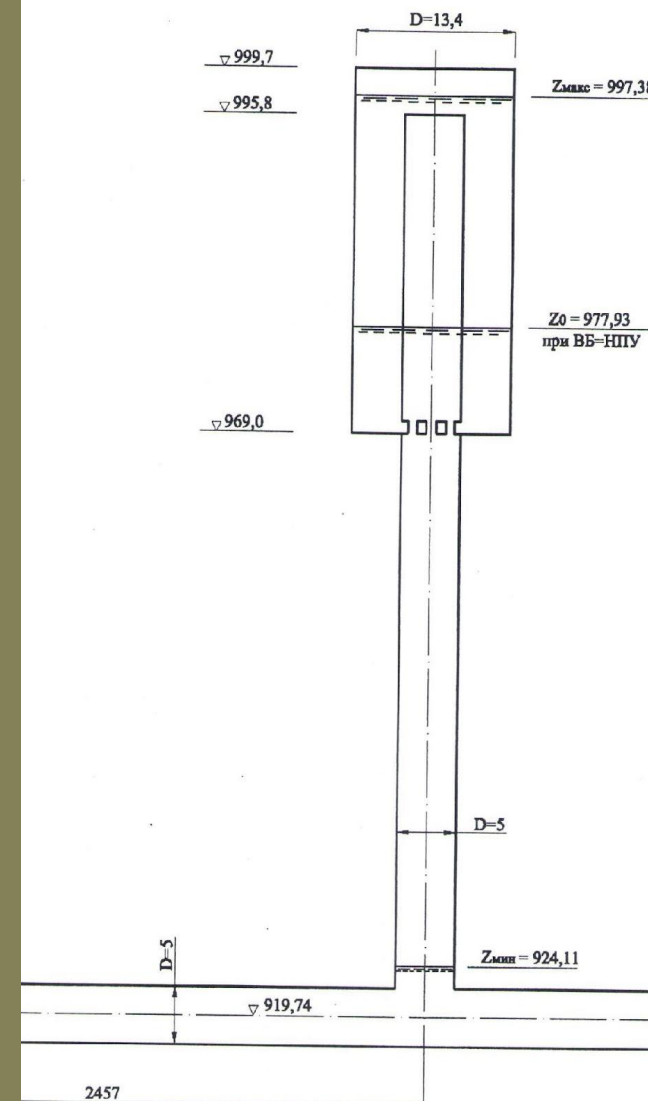
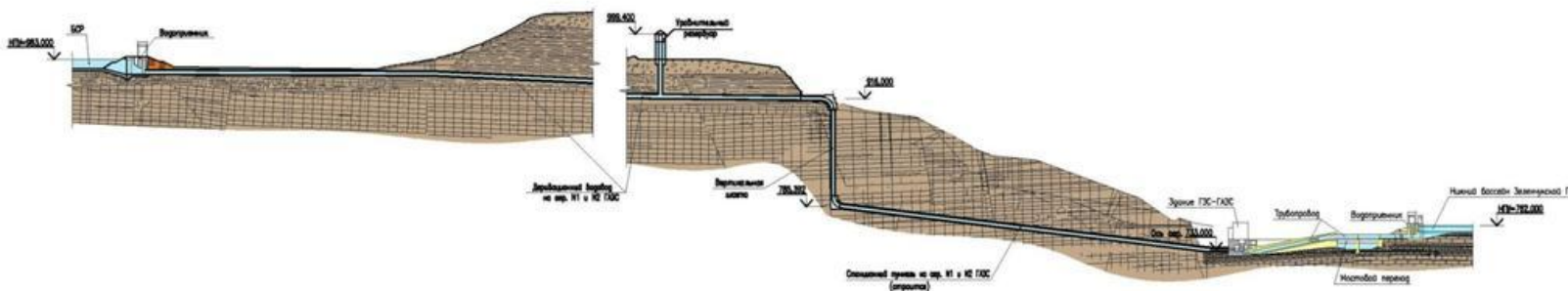
ЗЕЛЕНЧУКСКАЯ ГЭС ГАЭС



План станционного узла Зеленчукской ГЭС-ГАЭС



Продольный разрез по водоводу



СВИСТУХИНСКАЯ ГЭС

