

РЕШЕНИЯ

ВАРИАНТ 1

Задача 1.

1) Определим нагрузки, передаваемые плотиной на основание
Составим расчётную схему (см. рисунок). На плотину действуют следующие нагрузки: собственный вес, гидростатическое давление со стороны верхнего бьефа.

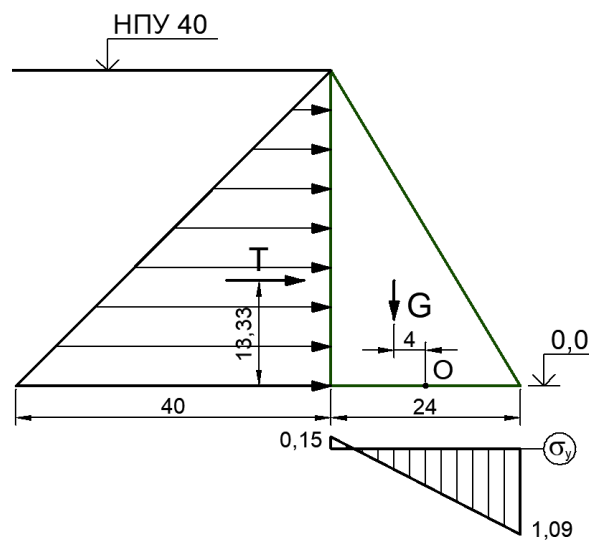


Рисунок. Расчётная схема нагрузок

Подсчитаем собственный вес плотины. Принимаем плотность бетона 2,4 т/м³.

$$G = \rho_6 \cdot g \cdot \frac{1}{2} \cdot B \cdot H = 2,4 \cdot 9,81 \cdot \frac{1}{2} \cdot 24 \cdot 40 = 11,30 \text{ МН}$$

Подсчитаем гидростатическое давление воды

$$T = \rho \cdot g \cdot \frac{1}{2} \cdot H^2 = 1 \cdot 9,81 \cdot \frac{1}{2} \cdot 40^2 = 7,85 \text{ МН}$$

Т.к. основание является абсолютно водонепроницаемым, то фильтрационное противодействие учитывать не надо.

Вертикальная сила V , передаваемая на основание, равна весу.

Горизонтальная сила T , передаваемая на основание, равна силе гидростатического давления.

2) Проверим устойчивость плотины на сдвиг.

Определим силу сопротивления сдвигу как сумму сил трения и сцепления

$$R = V \cdot \operatorname{tg} \varphi + c \cdot B = 11,3 \cdot 0,8 + 0,2 \cdot 24 = 9,04 + 4,8 = 13,84 \text{ МН}$$

Вычислим коэффициент устойчивости как отношение удерживающих сил к силам сдвигающим

$$k_{\text{уст}} = \frac{13,84}{7,86} = 1,76$$

Коэффициент устойчивости много больше нормативного для любого класса сооружения, значит устойчивость плотины обеспечена.

3) Определим напряжения на контакте плотины с основанием

Напряжения определим методом сопротивления материалов.

Подсчитаем моменты относительно середины подошвы.

Подсчитаем момент от собственного веса

$$M_G = G \cdot \frac{1}{6} \cdot B = 11,3 \cdot 4 = 45,2 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Подсчитаем момент от гидростатического давления

$$M_T = T \cdot \frac{1}{3} \cdot H = 7,85 \cdot \frac{1}{3} \cdot 40 = 104,6 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Суммарный момент равен

$$M = M_T + M_G = 104,6 - 45,2 = 59,4 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Он направлен из верхнего бьефа в нижний.

Напряжения определяются по формуле

$$\sigma = \frac{V}{A} \pm \frac{M}{W}$$

Площадь подошвы A равна её ширине, т.е. 24 м.

Момент сопротивления сечения подошвы W

$$W = \frac{1}{6} B^2 = \frac{1}{6} \cdot 24^2 = 96 \text{ м}^2$$

Напряжения на низовой грани

$$\sigma = \frac{V}{A} + \frac{M}{W} = \frac{11,3}{24} + \frac{59,4}{96} = 1,09 \text{ МПа}$$

Напряжения на верховой грани

$$\sigma = \frac{V}{A} - \frac{M}{W} = \frac{11,3}{24} - \frac{59,4}{96} = -0,15 \text{ МПа}$$

Т.к. на верховой грани возникают растягивающие напряжения, то прочность контакта «бетон-скала» не обеспечена. Следовательно, профиль плотины не удовлетворяет нормативным требованиям.

Задача 2.

Условием общей фильтрационной прочности имеет вид:

$$\gamma_{ic} \cdot J_{est,m} \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot J_{cr,m},$$

где $J_{cr,m}$ – расчетный критический градиент напора,

$J_{est,m}$ – осредненный градиент напора.

В нашем случае критический градиент напора задан равным 0,4.

Осредненный градиент напора определим по методу удлиненной контурной линии

$$J_{est,m} = \frac{H}{L},$$

где H – фильтрационный напор,

L – длина пути фильтрации вдоль подземного контура.

Фильтрационный напор в данном случае равен превышению уровня верхнего бьефа над уровнем выхода фильтрационных вод (отметка 13,5 м).

$$H = 44,4 - 13,5 = 30,9 \text{ м}$$

Длина подземного контура включает уступ понура (0,5 м), длину понура (25 м), уступ плотины (2,5 м), расстояние до шпунта (3 м), ход вдоль шпунта (20 м), расстояние от шпунта до выхода в дренаж (8 м). Его общая длина составляет 59 м.

Таким образом $J_{est,m} = \frac{30,9}{59} = 0,52$.

$$0,52 > \frac{1}{1,25} \cdot 0,4,$$

Таким образом, расчётный градиент много больше критического, это означает, что фильтрационная прочность грунта основания не обеспечена.

Задача 3.

Можно выделить следующие ошибки:

- 1) Низовой откос имеет наклон больше, чем угол естественного откоса песка, что вызовет его обрушение.
- 2) Ширина гребня плотины меньше допустимой по СП, что затруднит ремонт сооружения.
- 3) Верх дренажа расположен недостаточно высоко над депрессионной кривой, что повлечёт за собой промерзание грунтов.
- 4) Верховой откос не имеет крепления ниже отметки 13, берма на верховом откосе расположена выше УСВ, что повлечёт за собой размыв верхового откоса от волнового воздействия.
- 5) Низовой откос не имеет крепления выше наклонного дренажа, что приведёт к его эрозии от атмосферных осадков.
- 6) Под железобетонными плитами крепления не предусмотрен обратный фильтр, что может вызвать фильтрационные деформации грунтов под плитами.

Задача 4.

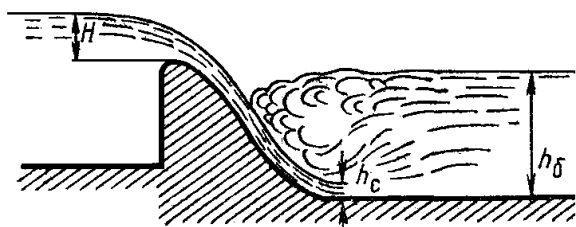
Различают следующие формы сопряжения бьефов:

- Сопряжение бьефов донным гидравлическим прыжком,
- Сопряжение бьефов поверхностным и поверхностно-донным режимом,
- Сопряжение бьефов свободно падающей струёй,
- Сопряжение бьефов отброшенной струёй.

Рассмотрим особенности, преимущества и недостатки форм сопряжения бьефов.

- 1) *Сопряжение бьефов донным гидравлическим прыжком*

В донном гидравлическом прыжке гашение энергии производится за счёт внутреннего трения жидкости. Если прыжок находится в надвинутом состоянии, то большая часть энергии гасится на длине прыжка.

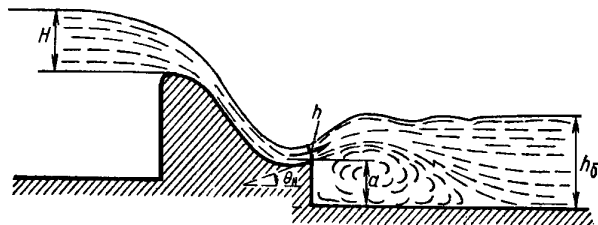


Преимущества: эффективное гашение энергии.

Недостатки: требуется дорогое крепление русла на длину прыжка и длину послепрыжкового участка.

Область применения: водосбросы на нескальном основании с большими удельными расходами и водосбросы при напорах примерно до 100 м.

2) Сопряжение бьефов поверхностным и поверхностно-донным режимом.

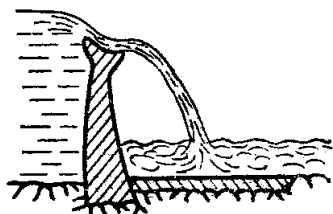


Преимущества: позволяет безопасно сбрасывать лёд через плотину.

Недостатки: волнообразование в нижнем бьефе на значительную длину (мешающее судоходству), нестабильность режима при колебаниях уровня нижнего бьефа.

Область применения: водосбросы с небольшими напорами и удельными расходами.

3) Сопряжение бьефов свободно падающей струёй

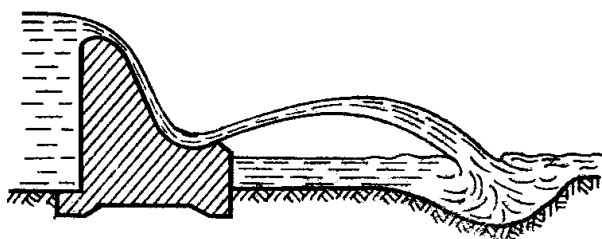


Преимущества: не требуется дорогого крепления нижнего бьефа.

Недостатки: возможно образование ямы размыва в непосредственной близости от плотины, что может угрожать безопасности плотины,

Область применения: водосбросы с небольшими удельными расходами (до 20 м³/(с пог.м), водосбросы в арочных плотинах.

4) Сопряжение бьефов отброшенной струёй



Преимущества: не требуется дорогого крепления нижнего бьефа, яма размыва находится далеко от плотины, поэтому можно осуществлять сброс с большими удельными расходами.

Недостатки: возможно применение только при прочном основании и при высоких напорах.

Область применения: высоконапорные водосбросы на скальных основаниях.

Задача 5.

В отличие от плоского сегментный затвор помимо пролётного строения имеет портал, закреплённый на неподвижных шарнирах (рисунок). Его подъём и опускание производится за счёт поворота вокруг этих шарниров. За счёт этого в сегментном затворе подъёмное усилие всегда меньше его собственного веса. Это является его основным преимуществом перед плоским.

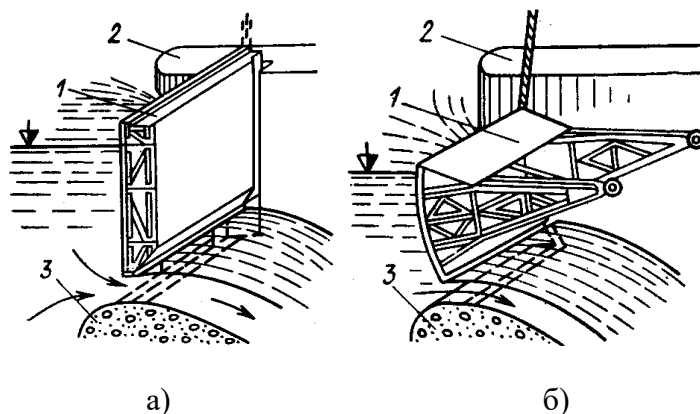


Рисунок. Схемы размещения и устройства затворов

а – плоский затвор, б – сегментный затвор. 1 – затвор, 2 – бык, 3 – водосливной порог

Кроме того, к *преимуществам сегментного затвора относятся:*

- 1) бóльшая жёсткость затвора за счёт появления дополнительных связей в виде портала, возможность перекрывать бóльшие по площади отверстия,
- 2) простота и надёжность маневрирования затвором (большая скорость подъёма и отсутствие перекоса),
- 3) возможность отказа от устройства пазов в быках.

К недостаткам сегментного затвора относятся:

- 1) сложность конструкции затвора,
- 2) бóльший расход металла для изготовления затвора,
- 3) усложнение технологии монтажных работ по установке затвора, а также ремонтных работ,
- 4) необходимость усиления быков для восприятия сил горизонтального распора.