Институт гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии

Направление подготовки 08.04.01 Строительство

Банк заданий по специальной части вступительного испытания в магистратуру

Базовая часть

Задание №1 экзаменационного билета (8 баллов)

Задание 1.1 (ответ: 9,519 м)
Вычислите высоту точки В по результатам геометрического нивелирования по схеме «из середины». Высота точки А – 8,85 м, отсчёты по рейке для точки А – 1233, для точки В – 564, горизонт прибора 10083. Нарисуйте схему.

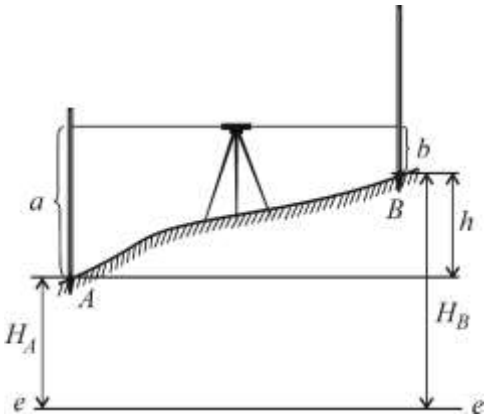
Задание 1.2
Вычислите превышение ПК1 над ПК0 по результатам геометрического нивелирования по схеме «вперёд». Нивелир стоит на ПК0, горизонт прибора 1290, отсчёт по рейке 1793. Высота ПК0 составляет 10,77 м. Нарисуйте схему.

Задание 1.3
Вычислите превышение ПК1 над ПК0 по результатам геометрического нивелирования по схеме «вперёд». Нивелир стоит на ПК0, горизонт прибора 1290, отсчёт по рейке 1793. Высота ПК0 составляет 10,77 м. Нарисуйте схему.

Задание 1.4
Вычислите превышение ПК1 над ПК0 по результатам геометрического нивелирования по схеме «вперёд». Нивелир стоит на ПК0, горизонт прибора 1093, отсчёт по рейке 2855. Высота ПК0 составляет 8,85 м. Нарисуйте схему.

Пример выполнения задания 1.1

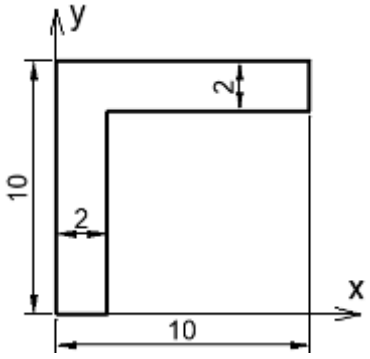
Решение
Схема нивелирования «из середины» показана на рис.1.



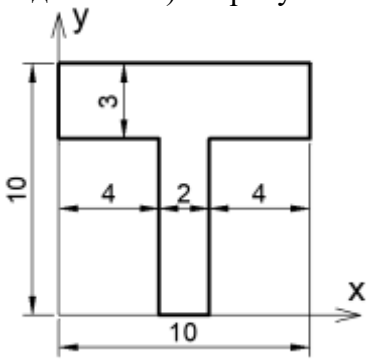
Превышение точки В над точкой А равно разнице отсчётов по рейкам $h = h_A - h_B$ = 1233 – 564 = 669 мм = 0,669 м.
Высота точки В вычисляется через высоту точки А:
$H_B = H_A + h$=8,850+0,669=9,519 м.

Задание №2 экзаменационного билета (8 баллов)

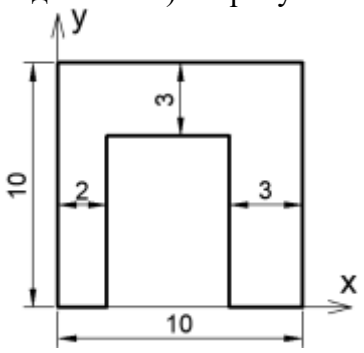
Задание 2.1 (ответ: 3,22 см, 6,78 см)
Рассчитайте координаты центра тяжести фигуры, изображённой на рисунке (размеры заданы в см). Нарисуйте схему.



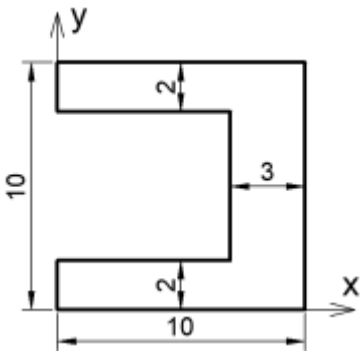
Задание 2.2
Рассчитайте координаты центра тяжести фигуры, изображённой на рисунке (размеры заданы в см). Нарисуйте схему.



Задание 2.3
Рассчитайте координаты центра тяжести фигуры, изображённой на рисунке (размеры заданы в см). Нарисуйте схему.



Задание 2.4
Рассчитайте координаты центра тяжести фигуры, изображённой на рисунке (размеры заданы в см). Нарисуйте схему.



Пример выполнения задания 2.1

Решение

Для определения положения центра тяжести представим сложную фигуру как разницу двух простых прямоугольников – №1 и №2 (рис.1,а, 1,б).

Площадь первой фигуры $A_1 = 10 \cdot 10 = 100$ см^2.

Площадь второй фигуры $A_2 = 8 \cdot 8 = 64$ см^2.

Площадь рассматриваемой фигуры $A = A_1 - A_2 = 100 - 64 = 36$ см^2.

Положение центра тяжести простых фигур известно, а положение общей фигуры находится через статический момент.

Статический момент первой фигуры относительно оси x

$S_{x1} = A_1 \cdot y_1 = 100 \cdot 5 = 500$ см^3.

Статический момент второй фигуры относительно оси x

$S_{x2} = A_2 \cdot y_2 = 64 \cdot 4 = 256$ см^3.

Суммарный статический момент фигуры относительно оси x

$S_x = S_{x1} - S_{x2} = 500 - 256 = 244$ см^3.

Статический момент первой фигуры относительно оси y

$S_{y1} = A_1 \cdot x_1 = 100 \cdot 5 = 500$ см^3.

Статический момент второй фигуры относительно оси y

$S_{y2} = A_2 \cdot x_2 = 64 \cdot 6 = 384$ см^3.

Суммарный статический момент фигуры относительно оси x

$S_y = S_{y1} - S_{y2} = 500 - 384 = 116$ см^3.

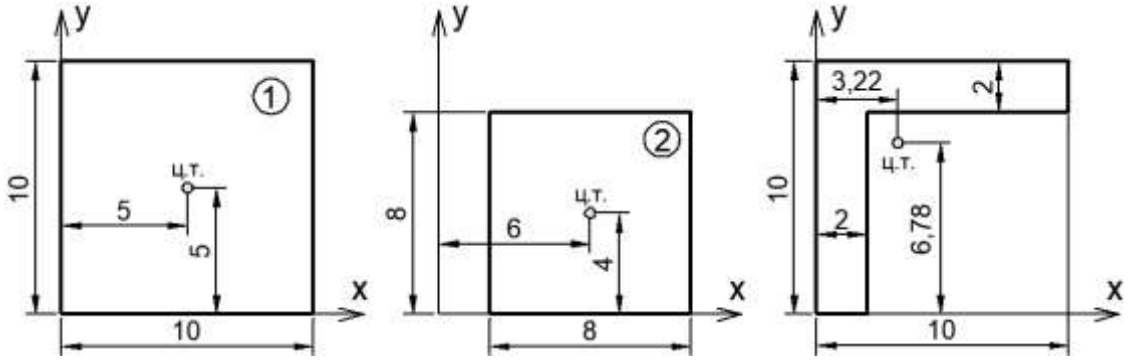
Расстояние от оси x до центра тяжести

$$x = \frac{S_y}{A} = \frac{116}{36} = 3{,}22 \text{ см.}$$

Расстояние от оси x до центра тяжести

$$y = \frac{S_x}{A} = \frac{244}{36} = 6{,}78 \text{ см.}$$

Положение центра тяжести фигуры отображаем на рис.1,в.



а) б) в)

Рис.1 Схемы к расчёту положения центра тяжести фигуры

Задание №3 экзаменационного билета (8 баллов)

Задание 3.1 (ответ: тугопластичный суглинок, пористость 0,36, коэффициент пористости 0,565)
Определите, согласно ГОСТ, разновидность глинистого грунта по числу пластичности и показателю текучести, а также пористость, коэффициент пористость грунта.
Дано: влажность границе раскатывания 30%, на границе раскатывания – 18%, естественная влажность – 22%, плотность частиц грунта – 2,74 т/м^3, плотность сухого грунта 1,75 т/м^3.

Задание 3.2
Определите, согласно ГОСТ, разновидность глинистого грунта по числу пластичности и показателю текучести, а также пористость, коэффициент пористость грунта.
Дано: влажность границе раскатывания 45%, на границе раскатывания – 21%, естественная влажность – 20%, плотность частиц грунта – 2,72 т/м^3, плотность сухого грунта 1,56 т/м^3.

Задание 3.3
Определите, согласно ГОСТ, разновидность глинистого грунта по числу пластичности и показателю текучести, а также пористость, коэффициент пористость грунта.
Дано: влажность границе раскатывания 16%, на границе раскатывания – 10%, естественная влажность – 22%, плотность частиц грунта – 2,72 т/м^3, плотность сухого грунта 1,75 т/м^3.

Задание 3.4
Определите, согласно ГОСТ, разновидность глинистого грунта по числу пластичности и показателю текучести, а также пористость, коэффициент пористость грунта.
Дано: влажность границе раскатывания 33%, на границе раскатывания – 19%, естественная влажность – 29%, плотность частиц грунта – 2,73 т/м^3, плотность сухого грунта 1,65 т/м^3.

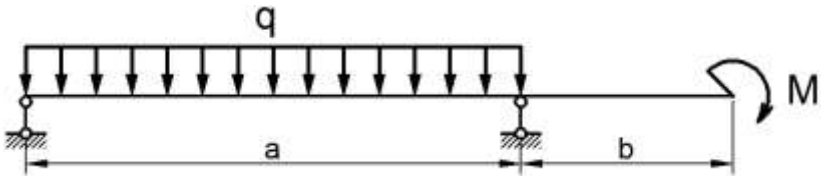
Пример выполнения задания 3.1

Решение
Число пластичности определяется по формуле
$I_p = W_L - W_p,$
где W_L – влажность на границе текучести,
W_p – влажность на границе раскатывания.
Показатель текучести определяется по формуле
$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p},$$
где W – естественная влажность.
Для рассматриваемого грунта число пластичности
$I_p = W_L - W_p = 30 - 18 = 12\% = 0{,}12.$
Грунт, у которого $0{,}07 < I_p \leq 0{,}17$ согласно ГОСТ 25100-2020 относится к суглинкам.
Для рассматриваемого грунта показатель текучести
$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p} = \frac{22 - 18}{12} = 0{,}33.$$
Суглинок, у которого $0{,}25 < I_L \leq 0{,}50$ согласно ГОСТ 25100-2020 относится к тугопластичным суглинкам.
Пористость грунта может быть определена по формуле
$$n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s},$$

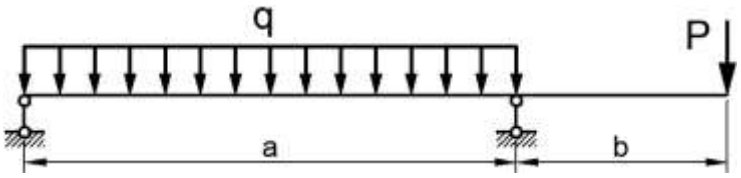
где ρ_d – плотность сухого грунта,
ρ_s – плотность частиц грунта.
Коэффициент пористости грунта может быть определена по формуле
$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1.$$
Для рассматриваемого грунта
$$n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} = 1 - \frac{1{,}75}{2{,}74} = 0{,}361.$$
$$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2{,}74}{1{,}75} - 1 = 0{,}565.$$

Задание №4 экзаменационного билета (16 баллов)

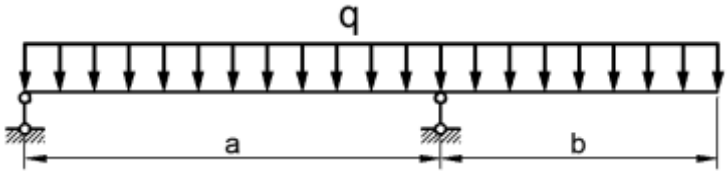
Задание 4.1 (ответ: прочность на изгиб не обеспечена)
Проверьте прочность на изгиб конструкцию шарнирно опёртой балки на двух опорах, изображённой на рисунке. Постройте эпюру изгибающих моментов.
Дано: Геометрические размеры балки: a=7 м, b=3 м. На балку приложены нагрузки: q=80 кН/м, M=140 кН·м. Балка выполнена из стального двутавра №50, момент сопротивления которого 1589 см^3. Сталь С255 имеет расчётное сопротивление при изгибе 250 МПа.



Задание 4.2
Проверьте прочность на изгиб конструкцию шарнирно опёртой балки на двух опорах, изображённой на рисунке. Постройте эпюру изгибающих моментов.
Дано: Геометрические размеры балки: a=7 м, b=3 м. На балку приложены нагрузки: q=80 кН/м, P=20 кН·м. Балка выполнена из стального двутавра №50, момент сопротивления которого 1589 см^3. Сталь С255 имеет расчётное сопротивление при изгибе 250 МПа.



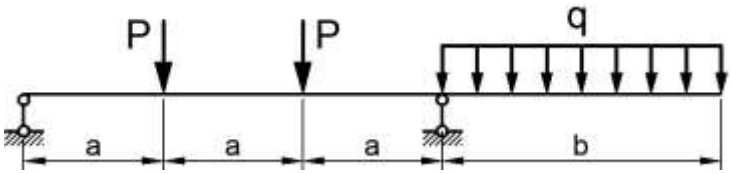
Задание 4.3
Проверьте прочность на изгиб конструкцию шарнирно опёртой балки на двух опорах, изображённой на рисунке. Постройте эпюру изгибающих моментов.
Дано: Геометрические размеры балки: a=6 м, b=4 м. На балку приложены нагрузки: q=80 кН/м. Балка выполнена из стального двутавра №50, момент сопротивления которого 1589 см^3. Сталь С255 имеет расчётное сопротивление при изгибе 250 МПа.



Задание 4.4

Проверьте прочность на изгиб конструкцию шарнирно опёртой балки на двух опорах, изображённой на рисунке. Постройте эпюру изгибающих моментов.

Дано: Геометрические размеры балки: a=6 м, b=4 м. На балку приложены нагрузки: q=80 кН/м, P=40 кН·м. Балка выполнена из стального двутавра №50, момент сопротивления которого 1589 см^3. Сталь С255 имеет расчётное сопротивление при изгибе 250 МПа.



Пример выполнения задания 4.1

Решение

Определим опорные реакции из условия равновесия моментов относительно шарнирных опор А и В.

Составим уравнение равновесия по моментам относительно точки А.

$$M_A = \frac{q \cdot a^2}{2} + M - R_B \cdot a = 0.$$

Отсюда выражаем величину вертикальной реакции в опоре В:

$$R_B = \frac{q \cdot a}{2} + \frac{M}{a} = \frac{80 \cdot 7}{2} + \frac{140}{7} = 300 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Составим уравнение равновесия по моментам относительно точки В.

$$M_B = -\frac{q \cdot a^2}{2} + M + R_\text{A} \cdot a = 0.$$

Отсюда выражаем величину вертикальной реакции в опоре А:

$$R_A = \frac{q \cdot a}{2} - \frac{M}{a} = \frac{80 \cdot 7}{2} - \frac{140}{7} = 260 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Проверим равновесие балки по вертикальным силам. Составим уравнение равновесия:

$R_A + R_B - q \cdot a = 0.$

$260 + 300 - 80 \cdot 7 = 0.$

Условие равновесия выполняется, значит опорные реакции найдены верно.

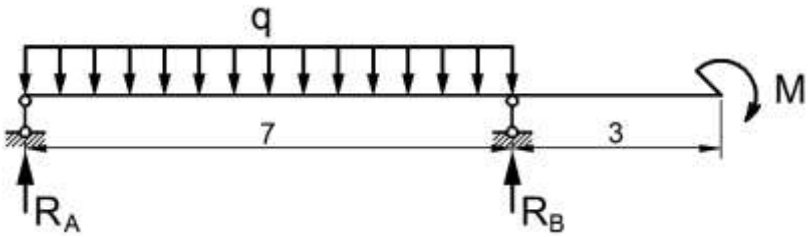


Рис.1. Расчётная схема балки

Для построения эпюры моментов найдём момент в пролёте между точками А и В (точка С), рассматривая нагрузки слева от сечения. Расстояние от левой опоры до сечения *x*=3,5 м.

$$M_C = R_A \cdot x - \frac{q \cdot x^2}{2} = 260 \cdot 3{,}5 - \frac{80 \cdot 3{,}5^2}{2} = 910 - 490 = 420 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Полученная эпюра моментов показана рис.2. Максимальный изгибающий момент наблюдается в районе середины пролёта между опорами (точки С). Этот изгибающий момент приводит к растяжению нижних волокон балок и сжатию верхних волокон.

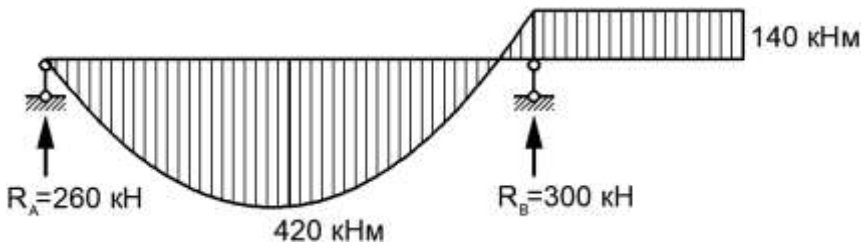


Рис.2 Эпюра изгибающих моментов

Для этого сечения подсчитаем нормальные напряжения на верхней и нижней гранях балки. Так как поперечное сечение балки – симметричное, момент сопротивления сечения двутавра №50 относительно горизонтальной центральной оси составляет $W_z = 1589$ см^3 $= 1{,}589 \cdot 10^{-3}$ м^3.

Нормальные напряжения при изгибе определяются по формуле

$$\sigma = \pm\frac{M}{W_z} = \pm\frac{420 \cdot 10^3}{1{,}589 \cdot 10^{-3}} = \pm 264 \text{ МПа}.$$

Указанное значение больше, чем расчётное сопротивление стали при изгибе (250 МПа). Это означает, что прочность конструкции не обеспечена.

Специальная часть

Задание №5 экзаменационного билета (10 баллов)

Задание 5.1 (ответ: 87,00 м)

Определите уровень воды перед неподтопленным водосливном практического профиля шириной 16 м, через который переливается расход 500 м^3/с. Влиянием скорости подхода и бокового сжатия пренебречь. Отметка порога (гребня) водослива составляет 81,18 м.

Задание 5.2

Определите уровень воды перед неподтопленным водосливном практического профиля шириной 18 м, через который переливается расход 700 м^3/с. Влиянием скорости подхода и бокового сжатия пренебречь. Отметка порога (гребня) водослива составляет 72,00 м.

Задание 5.3

Определите уровень воды перед неподтопленным водосливном практического профиля шириной 20 м, через который переливается расход 650 м^3/с. Влиянием скорости подхода и бокового сжатия пренебречь. Отметка порога (гребня) водослива составляет 63,00 м.

Задание 5.4

Определите уровень воды перед неподтопленным водосливном практического профиля шириной 14 м, через который переливается расход 400 м^3/с. Влиянием скорости подхода и бокового сжатия пренебречь. Отметка порога (гребня) водослива составляет 54,00 м.

Пример выполнения задания 5.1

Решение

Для пропуска расхода уровень воды в верхнем бьефе должен быть выше порога (гребня) водослива на напор на водосливе.

Пропускная способность водослива определяется универсальной формулой расхода водослива

$$Q = m \cdot \varepsilon \cdot \sigma_{\text{п}} \cdot B \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{\frac{3}{2}},$$

где m – коэффициент расхода водослива,
ε – коэффициент, учитывающий боковое сжатие потока,
$\sigma_п$ – коэффициент бокового сжатия
B – ширина водослива,
H_0 – напор с учётом скорости подхода.
Если не учитывать влияние скорости подхода, то $H_0 = H$ и напор может быть определён из универсальной формулы расхода водослива

$$H = \sqrt[3]{\left(\frac{Q}{m \cdot B \cdot \varepsilon \cdot \sigma_п}\right)^2 \cdot \frac{1}{2g}}.$$

Для водослива практического профиля m=0,49. Если не учитывать влияние бокового сжатия, то ε=1. Если водослив не подтоплен, то $\sigma_п = 1$.
В рассматриваемом случае

$$H = \sqrt[3]{\left(\frac{Q}{m \cdot B \cdot \varepsilon \cdot \sigma_п}\right)^2 \cdot \frac{1}{2g}} = \sqrt[3]{\left(\frac{500}{0{,}49 \cdot 16 \cdot 1 \cdot 1}\right)^2 \cdot \frac{1}{2 \cdot 9{,}81}} = 5{,}92 \text{ м.}$$

Уровень верхнего бьефа составит
$УВ = \nabla_{пор} + H = 7 = 81{,}18 + 5{,}92 = 87{,}00$ м.

Задание №6 экзаменационного билета (10 баллов)

Задание 6.1 (ответ: 16,7°, 13 кПа)
Определите показатели сдвиговой прочности грунта (угол внутреннего трения, удельное сцепление) по результатам двух испытаний в сдвиговом приборе. При первом испытании сдвиг произошёл при нормальном напряжении 30 кПа и касательном напряжении 22 кПа. Во втором испытании сдвиг произошёл при нормальном напряжении 90 кПа и касательном напряжении 40 кПа.

Задание 6.2
Определите показатели сдвиговой прочности грунта (угол внутреннего трения, удельное сцепление) по результатам двух испытаний в сдвиговом приборе. При первом испытании сдвиг произошёл при нормальном напряжении 30 кПа и касательном напряжении 36 кПа. Во втором испытании сдвиг произошёл при нормальном напряжении 90 кПа и касательном напряжении 48 кПа.

Задание 6.3
Определите показатели сдвиговой прочности грунта (угол внутреннего трения, удельное сцепление) по результатам двух испытаний в сдвиговом приборе. При первом испытании сдвиг произошёл при нормальном напряжении 40 кПа и касательном напряжении 35 кПа. Во втором испытании сдвиг произошёл при нормальном напряжении 80 кПа и касательном напряжении 45 кПа.

Задание 6.4
Определите показатели сдвиговой прочности грунта (угол внутреннего трения, удельное сцепление) по результатам двух испытаний в сдвиговом приборе. При первом испытании сдвиг произошёл при нормальном напряжении 40 кПа и касательном напряжении 38 кПа. Во втором испытании сдвиг произошёл при нормальном напряжении 80 кПа и касательном напряжении 54 кПа.

Пример выполнения задания 6.1

Решение

Результаты испытаний отображаем на графике зависимости предельных касательных напряжений τ от нормальных напряжений σ (рис.1). Соединяя точки, получаем прямую, которая соответствует потере сдвиговой прочности.

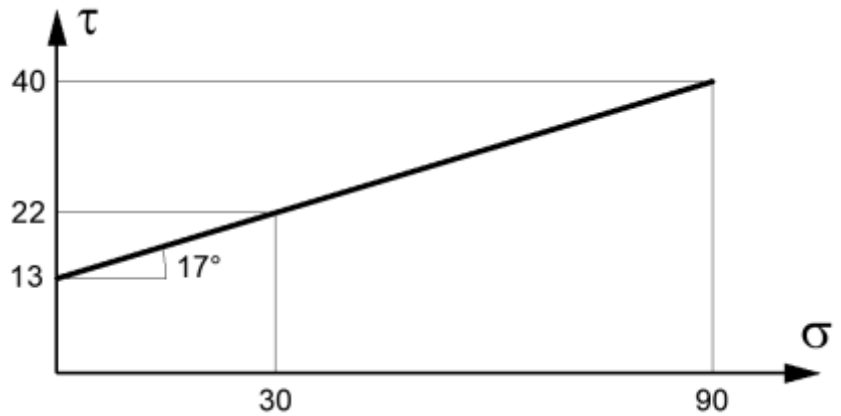


Рис.1 Схема к определению показателей сдвиговой прочности грунта

Сопротивление грунтов сдвигу описывается уравнением Кулона:

$\tau_{lim} = \sigma \cdot tg\varphi + c,$

где τ_{lim} – предельные касательные напряжения.

σ – нормальное напряжение,

c – удельное сцепление,

φ – угол внутреннего трения.

Угол внутреннего трения определяем исходя из наклона

$$tg\varphi = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\sigma_2 - \sigma_1} = \frac{40 - 22}{90 - 30} = 0{,}3.$$

Угол внутреннего трения φ=16,7°.

Удельное сцепление можно определить графически из графика. Определим его из уравнения Кулона-Мора, поставляя в него результаты одного из испытаний и найденный угол φ.

$c = \tau_{lim} - \sigma \cdot tg\varphi = 22 - 30 \cdot 0{,}3 = 13$ кПа.

Задание №7 экзаменационного билета (10 баллов)

Задание 7.1 (ответ: $1{,}18 \cdot 10^{-6}$ м^3/с)

Подсчитайте фильтрационный расход в проницаемом слое основания по результатам измерения уровней воды в пьезометрах и глубин до водоупора. Коэффициент фильтрации грунта составляет $1 \cdot 10^{-3}$ см/с. Разница уровней грунтовых вод между двумя пьезометрами составляет 1 м, расстояние между пьезометрами – 20 м. В створе первого пьезометра глубина до водоупора составляет 7 м, в створе второго – 8 м.

Задание 7.2

Подсчитайте фильтрационный расход в проницаемом слое основания по результатам измерения уровней воды в пьезометрах и глубин до водоупора. Коэффициент фильтрации грунта составляет $2 \cdot 10^{-4}$ см/с. Разница уровней грунтовых вод между двумя пьезометрами составляет 0,5 м, расстояние между пьезометрами – 20 м. В створе первого пьезометра глубина до водоупора составляет 8 м, в створе второго – 10 м.

Задание 7.3

Подсчитайте фильтрационный расход в проницаемом слое основания по результатам измерения уровней воды в пьезометрах и глубин до водоупора. Коэффициент фильтрации

грунта составляет $4 \cdot 10^{-4}$ см/с. Разница уровней грунтовых вод между двумя пьезометрами составляет 0,8 м, расстояние между пьезометрами – 8 м. В створе первого пьезометра глубина до водоупора составляет 5 м, в створе второго – 6 м.

Задание 7.4
Подсчитайте фильтрационный расход в проницаемом слое основания по результатам измерения уровней воды в пьезометрах и глубин до водоупора. Коэффициент фильтрации грунта составляет $2 \cdot 10^{-3}$ см/с. Разница уровней грунтовых вод между двумя пьезометрами составляет 2 м, расстояние между пьезометрами – 10 м. В створе первого пьезометра глубина до водоупора составляет 5 м, в створе второго – 4 м.

Пример выполнения задания 7.1

Решение
Расчётная схема, составленная на основании исходных данных, показана на рис.1.

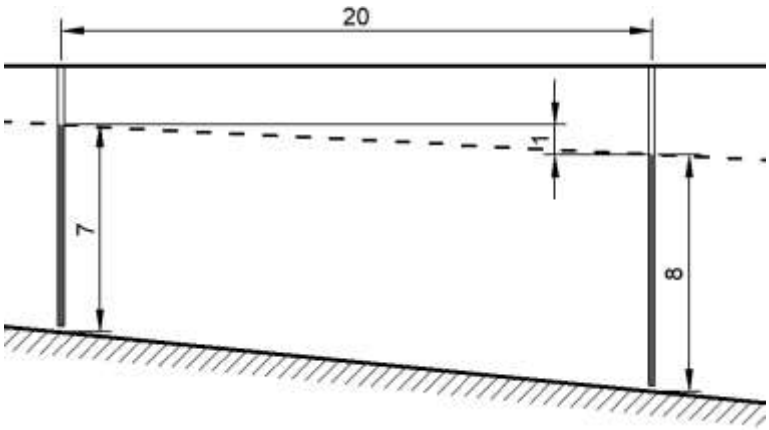


Рис.1. Схема к расчёту

Исходя из закона Дарси формула для определения фильтрационного расхода имеет вид:
$Q = k_ф \cdot I \cdot \omega,$
где $k_ф$ – коэффициент фильтрации грунта,
I – фильтрационный градиент (градиент напора),
ω – площадь поперечного сечения.
Фильтрационный градиент равен отношению фильтрационного напора ΔH к длине пути фильтрации.
$$I = \frac{\Delta H}{L} = \frac{1}{20} = 0{,}05.$$
Площадь поперечного сечения рационально определить через среднюю глубину потока
$$\omega = b \cdot \frac{H_1 + H_2}{2} = 1 \cdot \frac{7+8}{2} = 3{,}75 \text{ м}^2.$$
Вычислим фильтрационный расход
$$Q = 1 \cdot 10^{-5} \cdot 0{,}05 \cdot 3{,}75 = 1{,}88 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 0{,}016 \ \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}.$$

Задание №8 экзаменационного билета (14 баллов)

Задание 8.1 (ответ: 3,11)
Подсчитайте коэффициент устойчивости бетонной гравитационной плотины на сдвиг по горизонтальному сечению. Нарисуйте схему действующих нагрузок.

Схема профиля плотины показана на рис.1. Сечение расположено на отметке 100 м. Показатели сдвиговой прочности укатанного бетона принять следующими: удельное сцепление 1 МПа, угол внутреннего трения 45°.

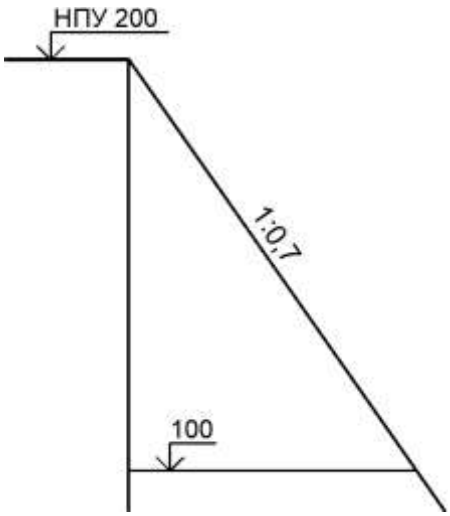


Рис.1 Схема профиля бетонной гравитационной плотины

Задание 8.2

Подсчитайте коэффициент устойчивости бетонной гравитационной плотины на сдвиг по горизонтальному сечению. Нарисуйте схему действующих нагрузок.

Схема профиля плотины показана на рис.1. Сечение расположено на отметке 100 м. Показатели сдвиговой прочности укатанного бетона принять следующими: удельное сцепление 1 МПа, угол внутреннего трения 45°.

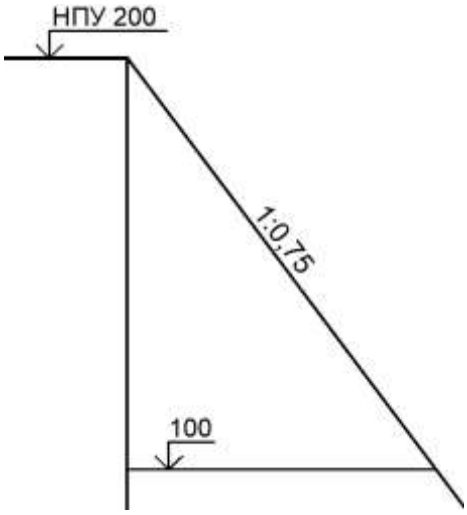


Рис.1 Схема профиля бетонной гравитационной плотины

Задание 8.3

Подсчитайте коэффициент устойчивости бетонной гравитационной плотины на сдвиг по горизонтальному сечению. Нарисуйте схему действующих нагрузок.

Схема профиля плотины показана на рис.1. Сечение расположено на отметке 100 м. Показатели сдвиговой прочности укатанного бетона принять следующими: удельное сцепление 1 МПа, угол внутреннего трения 45°.

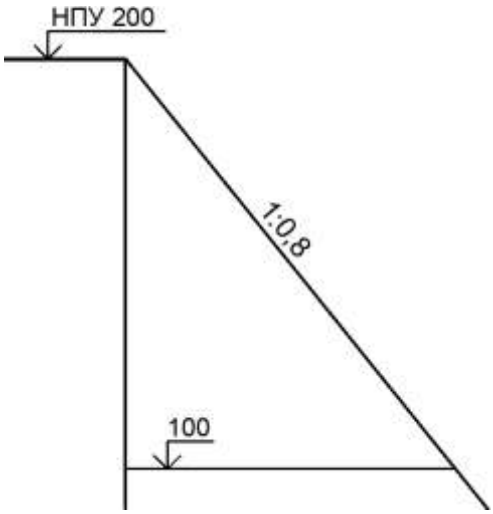


Рис.1 Схема профиля бетонной гравитационной плотины

Задание 8.4
Подсчитайте коэффициент устойчивости бетонной гравитационной плотины на сдвиг по горизонтальному сечению. Нарисуйте схему действующих нагрузок.
Схема профиля плотины показана на рис.1. Сечение расположено на отметке 100 м. Показатели сдвиговой прочности укатанного бетона принять следующими: удельное сцепление 1 МПа, угол внутреннего трения 45°.

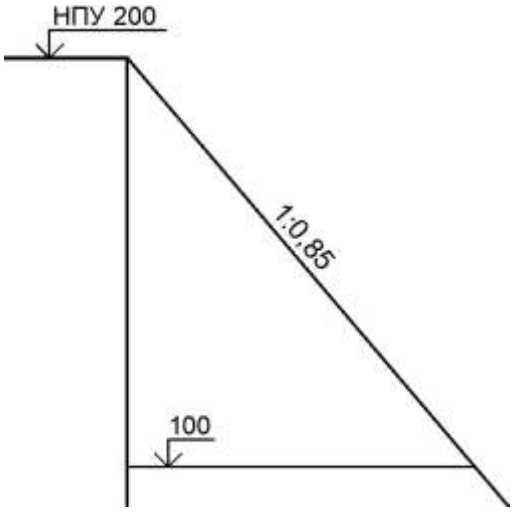


Рис.1 Схема профиля бетонной гравитационной плотины

Пример выполнения задания 8.1

Решение
Сопротивление сдвигу обусловлено силами трения и сцепления. Коэффициент устойчивости определяется по формуле

$$k_{\text{уст}} = \frac{N \cdot tg\,\varphi + c \cdot A}{T},$$

где N – сила реакции опоры,
φ – угол внутреннего трения,
с – удельное сцепление,
A – площадь сечения.
Если считать на 1 погонный метр плотины, площадь сечения равна ширине профиля.
Так как сечение горизонтальное, то N равна сумме вертикальных сил.

На профиль плотины действует всего две силы – собственный вес и сила гидростатического давления (рис.2).
При заложении 0,7, ширина сечения равна 70 м. Глубина воды составляет 100 м.

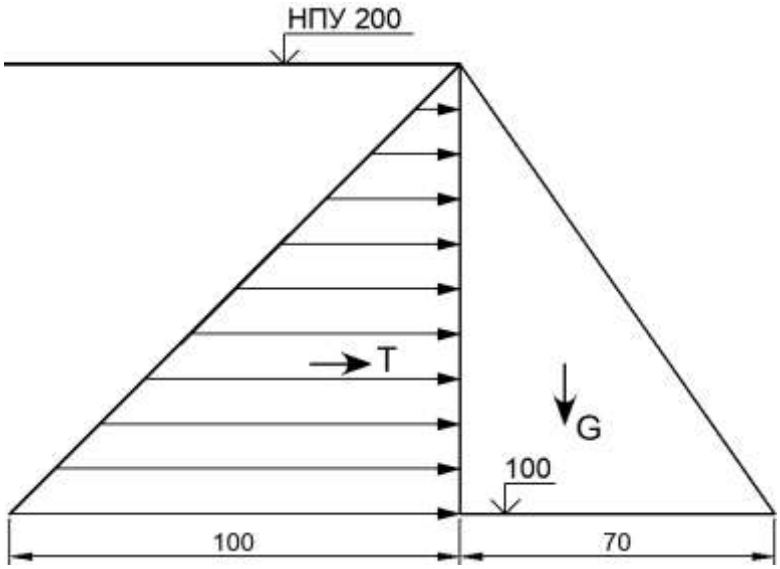
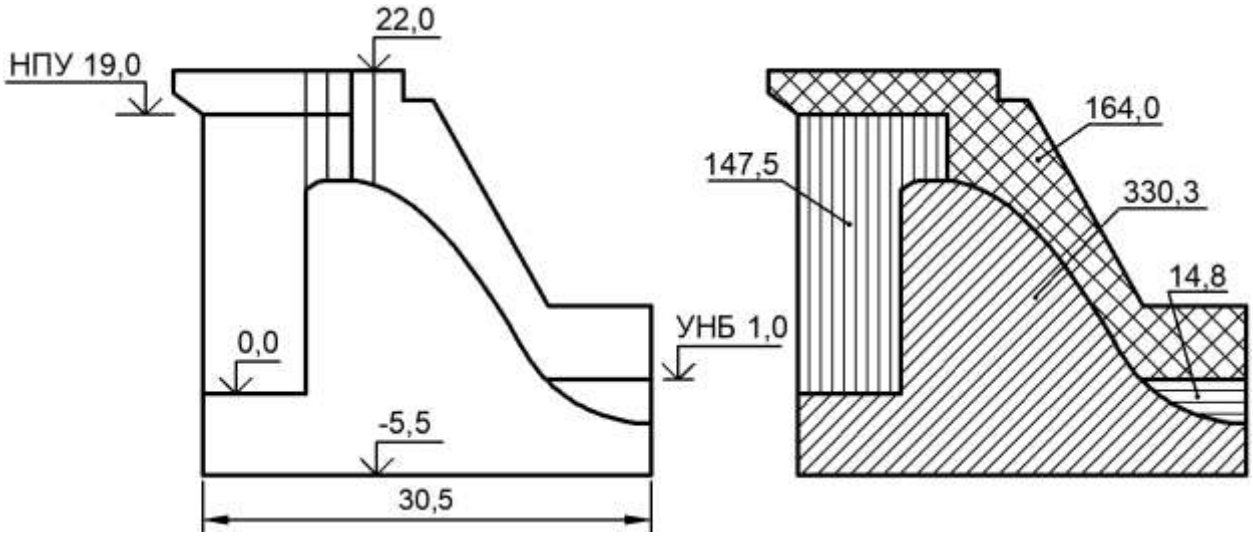


Рис.2. Схема действующих нагрузок на профиль плотины

Вес плотины считаем по формуле
$G_{бет} = \rho_б \cdot g \cdot S \cdot t,$
где $\rho_б$ – плотность бетона,
g – ускорение свободного падения,
S – площадь сечения,
t=1 м – толщина.
Расчётное значение плотности бетона принимаем 2,4 т/м^3.
$G_{бет} = \rho_б \cdot g \cdot S = 2{,}4 \cdot 9{,}81 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 70\right) = 82{,}4$ МН.
Горизонтальную силу гидростатического давления считаем по формуле
$T = \rho_в \cdot g \cdot \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot t,$
где $\rho_в$ – плотность воды,
Н – глубина воды.
$T = \rho_в \cdot g \cdot \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot t = 1 \cdot 9{,}81 \cdot \frac{1}{2} \cdot 100^2 \cdot 1 = 49{,}0$ МН.
Подсчитаем коэффициент устойчивости
$k_{уст} = \frac{N \cdot tg\,\varphi + c \cdot A}{T} = \frac{82{,}4 \cdot tg\,45° + 1 \cdot 70}{49} = \frac{82{,}4 + 70}{49} = 3{,}11.$
Устойчивость обеспечена с большим запасом.

Задание №9 экзаменационного билета (14 баллов)

Задание 9.1 (ответ: 172,7 МН, 0,283 МПа)
Подсчитайте вертикальную силу, которую бетонная плотина передаёт на основание, а также среднее вертикальное напряжение на контакте плотины и основания. Нарисуйте схему действующих вертикальных нагрузок. Фильтрационное противодавление на подошву плотины не учитывать.
Дано: Схема конструкции бетонной водосливной плотины и уровни воды (рис.1,а), площади фигур (рис.1,б). Секция плотины включает пролёт шириной 16 м и два полубыка толщиной по 2 м.



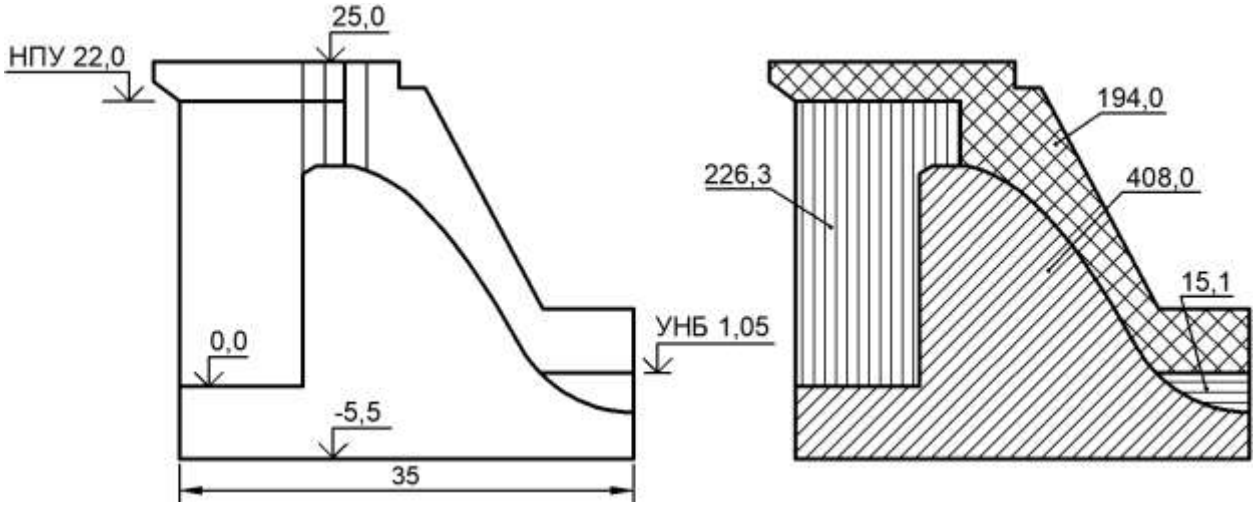
а) б)

Рис.1. Исходные данные к расчёту нагрузок на бетонную водосливную плотину

Задание 9.2

Подсчитайте вертикальную силу, которую бетонная плотина передаёт на основание, а также среднее вертикальное напряжение на контакте плотины и основания. Нарисуйте схему действующих вертикальных нагрузок. Фильтрационное противодавление на подошву плотины не учитывать.

Дано: Схема конструкции бетонной водосливной плотины и уровни воды (рис.1,а), площади фигур (рис.1,б). Секция плотины включает пролёт шириной 16 м и два полубыка толщиной по 2 м.



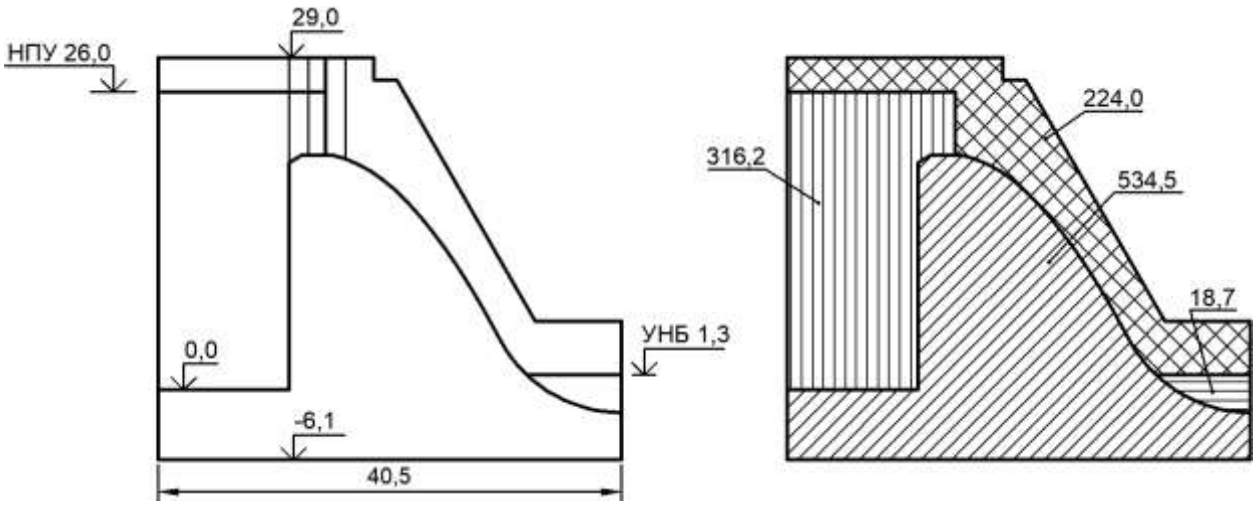
а) б)

Рис.1. Исходные данные к расчёту нагрузок на бетонную водосливную плотину

Задание 9.3

Подсчитайте вертикальную силу, которую бетонная плотина передаёт на основание, а также среднее вертикальное напряжение на контакте плотины и основания. Нарисуйте схему действующих вертикальных нагрузок. Фильтрационное противодавление на подошву плотины не учитывать.

Дано: Схема конструкции бетонной водосливной плотины и уровни воды (рис.1,а), площади фигур (рис.1,б). Секция плотины включает пролёт шириной 18 м и два полубыка толщиной по 2,25 м.



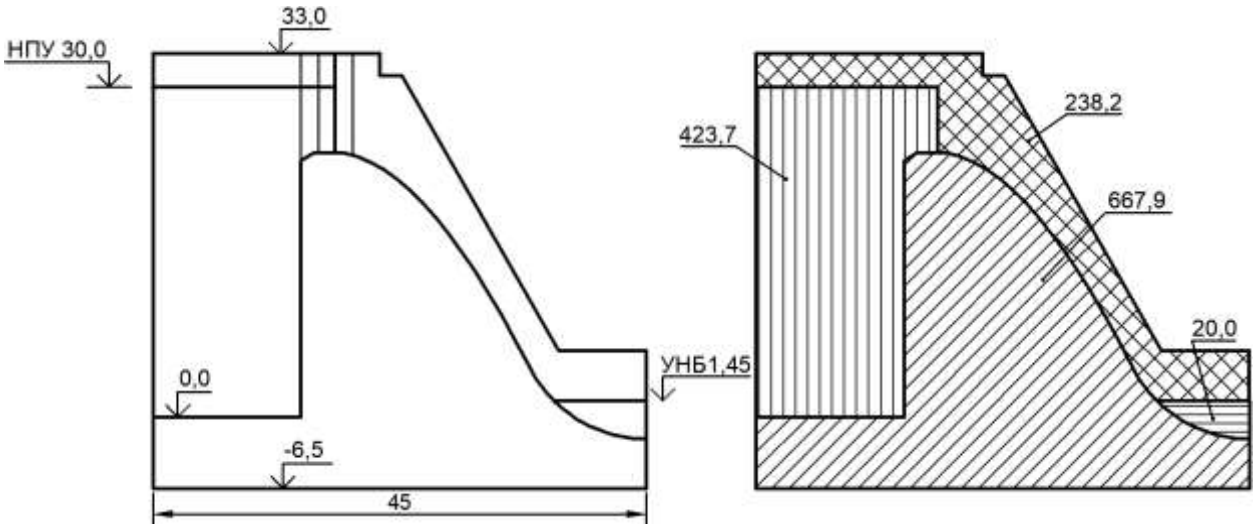
а) б)

Рис.1. Исходные данные к расчёту нагрузок на бетонную водосливную плотину

Задание 9.4

Подсчитайте вертикальную силу, которую бетонная плотина передаёт на основание, а также среднее вертикальное напряжение на контакте плотины и основания. Нарисуйте схему действующих вертикальных нагрузок. Фильтрационное противодавление на подошву плотины не учитывать.

Дано: Схема конструкции бетонной водосливной плотины и уровни воды (рис.1,а), площади фигур (рис.1,б). Секция плотины включает пролёт шириной 18 м и два полубыка толщиной по 2,25 м.



а) б)

Рис.1. Исходные данные к расчёту нагрузок на бетонную водосливную плотину

Пример выполнения задания 9.1

Решение

Ширина секции включает ширину водосливного пролёта и толщину двух полубыков, т.е составляет *Bc*=20 м.

На секцию плотины действуют следующие вертикальные нагрузки: вес плотины (вес водосливной части Gв/с и вес выступающего быка Gб), вес пригрузки водой со стороны верхнего бьефа Gвб, со стороны нижнего бьефа Gнб), а также взвешивающее противодавление Wвзв. Расчётная схема показана рис.2.

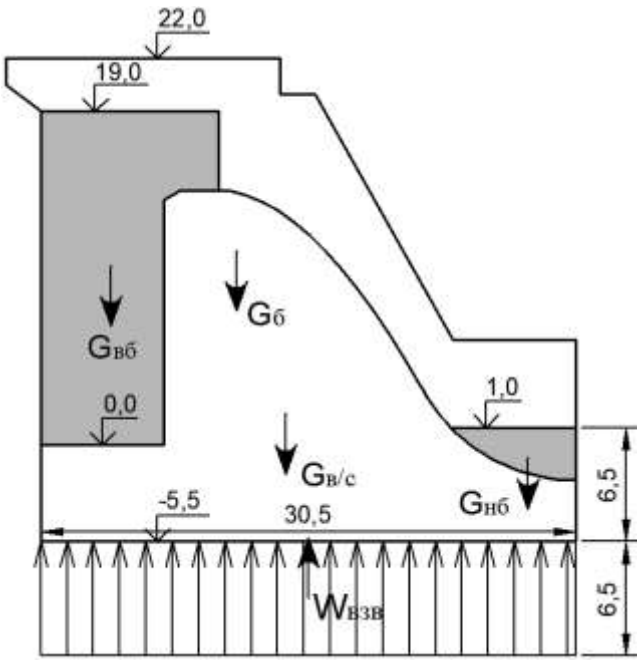


Рис.2 Схема вертикальных нагрузок на сечение плотины

Вес плотины считаем по формуле
$G_{бет} = \rho_б \cdot g \cdot S \cdot t,$
где $\rho_б$ – плотность бетона,
g – ускорение свободного падения,
S – площадь сечения,
t – толщина.
Расчётное значение плотности бетона принимаем 2,4 т/м^3.
Для водосливной части толщина равна ширине секции. Вес водосливной части
$G_{в/с} = \rho_б \cdot g \cdot S \cdot t = 2{,}4 \cdot 9{,}81 \cdot 330{,}3 \cdot 20 = 155{,}5$ МН.
Вес быков
$G_б = \rho_б \cdot g \cdot S \cdot t = 2{,}4 \cdot 9{,}81 \cdot (164 + 147{,}5 + 14{,}8) \cdot 4 = 30{,}7$ МН.
Вес пригрузки водой считаем по формуле
$G_{воды} = \rho_в \cdot g \cdot S \cdot t,$
где $\rho_в$ – плотность воды.
Толщина соответствует ширине пролёта.
Вес пригрузки водой со стороны верхнего бьефа
$G_{вб} = \rho_в \cdot g \cdot S \cdot t = 1 \cdot 9{,}81 \cdot 147{,}5 \cdot 16 = 23{,}1$ МН.
Вес пригрузки водой со стороны нижнего бьефа
$G_{нб} = \rho_в \cdot g \cdot S \cdot t = 1 \cdot 9{,}81 \cdot 14{,}8 \cdot 16 = 2{,}3$ МН.
Эпюра взвешивающего противодавления имеет форму прямоугольника, т.к. подошва – горизонтальная.
Сила взвешивающего противодавления определяется по формуле
$W_{взв} = \rho_в \cdot g \cdot h_{взв} \cdot B_ф \cdot B_c,$
где $h_{взв}$ – ордината эпюры взвешивающего противодавления,
$B_ф$ – ширина подошвы вдоль потока.
Ордината эпюры равна заглублению подошвы под уровень нижнего бьефа, т.е. 6,5 м.
$W_{взв} = \rho_в \cdot g \cdot h_{взв} \cdot B_ф \cdot B_c = 1 \cdot 9{,}81 \cdot 6{,}5 \cdot 30{,}5 \cdot 20 = 38{,}9$ МН.
Суммарная вертикальная сила, передаваемая плотиной на основание равна
$V = G_{в/с} + G_б + G_{вб} + G_{нб} - W_{взв} = 155{,}5 + 30{,}7 + 23{,}1 + 2{,}3 - 38{,}9 = 172{,}7$ МН.
Среднее нормальное напряжение под подошвой плотины

$$\sigma = \frac{V}{B_{\text{ф}} \cdot B_c} = \frac{172{,}7}{30{,}5 \cdot 20} = 0{,}283 \text{ МПа}.$$