Нижегородский государственный

архитектурно-строительный университет

Кафедра гидравлики

**Курсовая работа**

**Расчет нагрузок на элементы конструкции докового типа**

Выполнил студент гр.0620:

Шипов А.А.

Проверил: Сухов С.М.

Нижний Новгород 2008г.

**Содержание**

Введение

1. Цель работы
2. Определение гидростатической нагрузки на элементы рабочей

секции дока

4. Расчет гидростатических нагрузок на переходную секцию дока

5. Расчет гидростатической нагрузки на носовую секцию дока

6. Расчет гидростатических нагрузок и распределения ригелей на кормовую секцию дока

7. Расчет величины полезного груза, размещаемого в плавучем доке при частичном заполнении камеры водой

Литература

**Исходные данные**



Параметры конструкции:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Геометрические размеры, м | | | | | | | | Масса дока,  т | Число | |
| вари-  анта | a | c | L | R | T | Z1 | Z2 | k | секций,  m | ригелей, n |
| 2.7 | 5,8 | 3,5 | 55 | 1,3 | 5,8 | 0,6 | 0,4 | 2,5 | 900 | 4 | 3 |

**Цель работы**

Для заданной схемы плавучего дока выполняется определение гидростатических нагрузок на различные конструктивные элементы.

В заключение работы проверяется возможность транспортировки полезного груза внутри дока при частичном заполнении камеры водой.

**Определение гидростатической нагрузки на элементы рабочей секции дока**

Длина рабочей секции дока определяется по формуле:

LС= L/m, м

где L – длина дока по днищу, м

m – число секций

LС= 55/4 = 13,75 м

Рабочая секция дока имеет три поверхности: две боковые и одну донную.

Две боковые поверхности равнозагружены.

Гидростатическое давление p, действующее на две боковые поверхности днище рабочей секции дока определяются по формуле:

p = ρgh, Па

где ρ – плотность жидкости, кг/м,



g – ускорение свободного падения, м/с



h – заглубление рассматриваемой точки, м

Силу гидростатического давления Р, действующую на боковые поверхности рабочей секции дока в виде прямоугольников, находим по формуле:



Р = ρghС1 S1, Н



где hС1 – заглубление центра тяжести боковой поверхности, м



S1 – площадь смоченной боковой поверхности, м



hС1 = h/2 = (a-z1)/2

S1 = LСh = LС1 (a-z1)

Р1 = ρghС1S1 = [ρg(a-z)/2]·LС·(a-z);



Р1 = [1000·9,81·(5,8-0,6)/2]·13,75·(5,8-0,6) = 1823,68 кН

Центр давления силы Р находится как



ld1 = 2(l- l)/3(l- l), м



где l1 – координата заглубления верхней грани, м

l2 – координата заглубления нижней грани, м

l2 = h, l = 0



ld1 = 2(l- l)/3(l- l) = 2(h³-0³)/3(h²-0²) = 2(a-z)³/3(a-z)²;



ld1 = 2(5,8-0,6)³/3(5,8-0,6)² = 3,46 м

Сила гидростатического давления Р действует на днище рабочей секции дока в виде прямоугольника: Р = ρghC2S2, Н



где hC2 – заглубление центра тяжести днища, м

S – площадь поверхности днища, м



hC2 = h = a-z



S = LCТ



Р = ρghC2 S = ρg(a-z) LCТ;



Р = 1000·9,81·(5,8-0,6)·13,75·5.8 = 4068.21 кН



Центр приложения силы Р:



ld2 = h; ld2 = 5,8-0,6 = 5,2 м



Масштаб схемы 1см = 1м

Масштаб эпюр давления 1см = 25,506 кПа

Масштаб силы 1см = 1000 кН

Рис.1 – Расчетная схема к определению нагрузки на элемент рабочей секции дока.

**Расчет гидростатических нагрузок на переходную секцию дока**

Две боковые стенки переходной секции представляют собой трапеции. Для определения сил, действующих на стенки, разобьем их на прямоугольник и треугольник.

Эпюру давления на боковые стенки и наклонное днище переходной секции строим по формуле: p = ρgh, Па

h = 2R - z



h = a - z



p = ρgh,



гидростатическая нагрузка плавучий док

где h – заглубление нижней точки прямоугольника, м



p = ρgh = ρg(2R- z);



p = 1000·9,81·(2·1,3 - 0,6) = 19,62 кПа



p = ρgh = ρg(a-z);



p = 1000·9,81·(5,8-0,6) = 51,01 кПа



Сила давления на прямоугольный боковой элемент находится по формуле:

P = W, Н



где W – объем эпюры гидростатического давления, действующего на



прямоугольный боковой элемент.

W = Sb



где S – площадь эпюры гидростатического давления, м



b – ширина переходной секции, м

P = W = Sb = 0,5ρgh·h·c = 0,5ρg·(2R- z)²·c



P = 0,5·1000·9,81·(2·1,3-0,6)²·3,5 = 68,67 кН



Центр приложения силы Р3: ld3= 2(l- l)/3(l- l), м



где l– координата конца рассматриваемого участка, м



l – координата начала рассматриваемого участка, м



l = h = 2R- z



l = 0



ld3= 2·((2R- z)³-0³)/3·((2R- z)²-0²)



ld3= 2·(2·1,3-0,6)³/3·(2·1,3-0,6)² = 1,33 м

Сила Р4 действует на вертикальный треугольный боковой элемент и определяется по формуле:

Р4 = ρghC4·S4, Н

где hC4 – заглубление центра тяжести, м

S4 – площадь треугольного бокового элемента, м



h4 = h+x/3 = h+(a-2R)/3



S4 = x·c/2 = (a-2R)·c/2

h3 = 2R- z



h3 = 2·1,3-0,6 = 2 м

Р = ρg·( h+(a-2R)/3)·(a-2R)·c/2 ;



Р = 1000·9,81·(2+(5,8-2,6)/3)·(5,8-2,6)·3,5/2 = 168,47 кН



Центр приложения силы

Р: ld4 = lC4+I/(lC4·S4), м



где I – момент инерции треугольного бокового элемента, м



lC4 = hC4 = h+(a-2R)/3 = 2R-z+(a-2R)/3 ;



lC4 = 2,6-0,6 + (5,8-2,6)/3 = 3,06 м

I = bh³/36 = c·x³/36 = c·(a-2R)³/36 ;



I = 3,5·(5,8-2,6)³/36 = 3,19 м



S = (a-2R)·c/2 ;



S = (5,8-2,6)·3,5/2 = 5,6 м



ld4 = 3,06+3,19/(3,06·5,6) = 3,25 м

Определяем равнодействующую на всю боковую стенку переходной секции, как сумму сил Р3 и Р4 и точку ее приложения по теореме Вариньона:

R = P+ Р



R = 68,67+ 168,47 = 237,14 кН

l = (P·l+Р·l) / (P+Р) ;



l = (68,67·1,33+168,47·3,25) / 237,14 = 2,7 м



а = / R = (P·c/2 + Р·c/3) / R ;



а = (68,67·1,75 + 168,47·1,17) / 237,14 = 1,34 м



Силу давления P на наклонное прямоугольное днище будем искать по формуле:



P = ρgT·sinα·(l- l)/2, Па



где l – координата конца рассматриваемого участка, м



l – координата начала рассматриваемого участка, м



Координаты l и l ищем по формулам:



l = (a-z-x) / sinα ;



x=a-2R

x=5,8-2·1,3=3,2

α = arctg(x/c) = arctg((a-2R)/c) ;

α = arctg(3,2/3,5) = 42°

l = (5,8-0,6-3,2) / sin42° = 2,99 м



l = (a- z) / sinα ;



l = (5,8-0,6) / sin42° = 7,77 м



P = ρgT·sinα·(l- l)/2 ;



P = 1000·9,81·5,8·sin42°·(7,77² - 2,99²) / 2 = 979,08 кН



Центр приложения силы P: l = 2(l- l)/3(l- l), м



l = 2(l- l) / 3(l- l) ;



l = 2(7,77³ - 2,99³) / 3(7,77² - 2,99²) = 5,73 м



Масштаб схемы 1см = 1м

Масштаб эпюр давления 1см = 25,506 кПа

Масштаб силы 1см = 150 кН

Рис. 2 - Схема к расчету нагрузки на переходную секцию дока.

**Расчет гидростатических нагрузок на носовую секцию дока**

Боковая поверхность носовой секции представляет собой фигуру произвольной формы. Боковой элемент носовой части разбивается по вертикали на ряд составляющих. Кривая аппроксимируется и заменяется прямыми. Определяем нагрузку от давления воды на каждый составляющий элемент по формуле:

P**i** = ρgb**i**·sinα·(l- l)/2 и центр давления гидростатических сил по формуле:



l**di** = 2(l- l)/3(l- l)



где l – координата конца рассматриваемого участка, м



l – координата начала рассматриваемого участка, м



b**i** –ширина рассматриваемого участка, м

Расчеты ведутся в таблице:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | № | b**i (м)** | l1 (м) | l2 (м) | P**i** (кН) | ldi (м) | | 1 | 2,30 | 0 | 0,4 | 1,8 | 0,26 | | 2 | 1,95 | 0,4 | 0,8 | 4,59 | 0,62 | | 3 | 1,85 | 0,8 | 1,2 | 7,26 | 1,01 | | 4 | 1,66 | 1,2 | 1,6 | 9,12 | 1,41 | | 5 | 1,0 | 1,6 | 2,0 | 7,06 | 1,81 | |

Положение равнодействующей R (координаты а и l) определяется теоремой Вариньона. Для определения l выбирают ось А-А по уровню воды, а для а - ось



В-В выбирают по вертикали.

R = P1 + P2 + P3 + P4 + P5 ;

R = 1,8 + 4,59 + 7,26 + 9,12 + 7,06 = 29,83 кН

Координаты равнодействующей:

а = (ΣМВ-В)/R = (ΣPi · yi/2)/R ;



а = (1,8 · 2,30/2 + 4,59 · 1,95/2 + 7,26 · 1,85/2 + 9,12 · 1,66/2 + 7,06 · 1,0/2) /



29,83 = 0,82 м

l = (ΣМA-A)/R = (ΣPi · ldi)/R ;



l = (1,8 · 0,26 + 4,59 · 0,62 + 7,26 · 1,01 + 9,12 · 1,41+ 7,06 · 1,81) / 29,83 = 1,22 м



Криволинейную лобовую поверхность заменяем вертикальной стенкой.

Гидростатическое давление на эту стенку будет определяться по формуле:

р = ρg(2R- z);



p = 1000 · 9,81 · (2,6 – 0,6) = 19,62 кПа



Сила Р6 действует на лобовую поверхность носовой секции, имеющей

цилиндрическую поверхность. Определяется:

Р6 = ;



где PХ – горизонтальная составляющая, Н

РУ – вертикальная составляющая, Н

РХ = ρghcS

hc = 2(R-z1)/3

hc = 2(1,3 – 0,6)/3 = 0,46

S = (R-z1)p1/2;

p1/p = (R-z1)/R ;

p1 = p(R-z1)/R

p1 = 19,62 · (1,3-0,6)/1,3 = 10,56 кПа

S = 10,56 · (1,3-0,6)/2 = 3,7 м2

PX1 = 1000 · 9,81 · 0,46 · 3,7 = 16,7 кН

lDX1 = 2(l- l)/3(l- l)



где l – координата конца рассматриваемого участка, м



l – координата начала рассматриваемого участка, м



l2 = h = (R-z1)

l2 = 1,3 – 0,6 = 0,7 м

l1 = 0

lDX1 = 2 · 0,73 / 3 · 0,72 = 0,46 м

РХ2 = Vэп = (p1 + p)hl· T / 2

где hl – заглубление центра тяжести

b – ширина рассматриваемого участка

hl = R

hl = 1,3 м

Т = 5,8 м

РХ2 = (10,56 + 19,62) · 1,3 · 5,8 / 2 = 113,77 кН

lDX2 = 2(l- l)/3(l- l);



l2 = 2R-z1

l2 = 2 · 1,3 – 0,6 = 2,0 м

l1 = R-z1 ;

l1 = 1,3 – 0,6 = 0,7 м

lDX2 = 2(23 – 0,73) / 3(2,02 – 0,72) = 1,45 м

РY = ρg · VТД , Н

VТД = SТД · T ;

РY1 = ρg · VТД1 ;

VТД1 = SТД1 · T ;

SТД1 = [(R2 – πR2 / 4) / 2 – z1(R - R)] · T ;



SТД1 = [(1,32 – 3,14 · 1,32/4) / 2 – 0,6 ·(1,3 - 1,3)] · 5,8 = 0,82 м2



VТД1 = 0,82 · 5,8 = 4,76 м3

РY1 = 1000 · 9,81· 4,76 = 46,7 кН

РY2 = ρg · VТД2 ;

VТД2 = SТД2 · T + R(R-z1) · T

SТД2 = πR2 / 4 + R(R-z1)

SТД2 = 3,14 · 1,32 /4 + 1,3 · (1,3-0,6) = 2,24 м2

VТД2 = 2,24 · 5,8 + 1,3(1,3 – 0,6) = 18,27 м3

РY2 = 1000 · 9,81· 18,27 = 179,23 кН

Р6 I = ;



Р6 I = = 49,6 кН



Р6 II = ;



Р6 II = = 212,28 кН



αI = arctg (РY1/ РХ1) ;

αI = arctg (46,7/16,7) = 10°

αII = arctg (РY2/ РХ2) ;

αII = arctg (179,23/113,77) = 58°



Масштаб 1см = 0,5м

Масштаб эпюр давления 1см = 10 кПа

Масштаб силы 1см = 200 кН

Рис.4 - Расчетная схема к определению нагрузки на лобовую поверхность.

**Расчет гидростатических нагрузок на кормовую секцию дока**

Расчет расстановки ригелей на заднюю стенку дока.

Торцевая стенка дока шириной Т = 6,4 м перекрыта ригелями. Необходимо распределить 4 ригеля из условия равнозагруженности. Высота воды перед стенкой

h = a-z1 ;

h = 5,8 – 0,6 = 5,2 м

а угол наклона равен tgβ = a / k ;

tgβ = 5,8 / 2,5 = 2,32 = 67°

Ригели рассчитываются графическим способ:

1) Определяем гидростатическое давление

р = ρgh = ρg(a-z1) ;

p = 1000 · 9,81 · (5,8 – 0,6) = 51 кПа

Строим эпюру давления на стенку.

2) Построим кривую зависимости давления от высоты р = f(h). Для этого

определяем силу суммарного давления при разной глубине.

Р = WЭП = SЭП · T = ρg · h · T · h / 2sinβ , Н

Результаты заносим в таблицу:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| h (м) | 0 | 0,65 | 1,30 | 1,95 | 2,60 | 3,25 | 3,90 | 4,55 | 5,20 |
| Р (кН) | 0 | 13,06 | 52,23 | 117,52 | 208,92 | 326,44 | 470,08 | 639,83 | 835,69 |

3) Отрезок MN делим на 4 равные части, из полученных точек восстанавливаем перпендикуляры до пересечения с кривой. Затем проводим линии на уровне полученных точек , которые поделят эпюру гидростатического давления на равные площади. Сила давления равна объему полученных равновеликих площадей и составляет:

Рриг = Pмах / n , кН

где n – количество ригелей

Рриг = 835,7 / 3 = 278,6 кН

4) Определяем точки приложения силы Рриг :

а) глубина погружения центра давления на верхний элемент эпюры в виде треугольника определяется как центр пересечения медиан;

б) положение центра давления на остальные затворы определяется графически:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| i | 1 | 2 | 3 |
| lDi (м) | 2,19 | 4,04 | 5,24 |
| bDi (м) | 2,05 | 3,78 | 4,90 |

Расчет нагрузки на боковую стенку и днище кормовой секции:

Сила давления определяется по формуле: Р7 = ρghc7 S7 , Н

где h7 – заглубление центра тяжести кормовой секции, м

S7 – площадь рассматриваемого элемента, м2

hС7 = (h/3) · (2k + z1/tg β) / (k + z1/tg β) ;

h = a – z1

h = 5,8 – 0,6 = 5,2

hС7 = (a – z1)/3 · (2k + z1/tg β) / (k + z1/tg β) ;

hС7 = (5,8-0,6)/3 · (2 · 2,5 + 0,6 / tg 67°) / (2,5 + 0,6 / tg 67°) = 3,3 м

S7 = (k + z1/tg β) · h/2 ;

S7 = (2,5 + 0,6 / tg 67°) · 5,2/2 = 7,16 м2

Р7 = ρg · hС7 ·S7

Р7 = 1000 · 9,81 · 3,3 · 7,16 = 231,79 кН

Центр давления силы Р7 : lD7 = lC7 + IТР / lC7 · S7 ;

где ITP - момент инерции рассматриваемого элемента, м4

lC7 = hC7;

lC7 = 3,3 м

ITP = h3 · [(z1/tg β)2 + k2 +k · 4z1/tg β] / 36 · (k + z1/tg β)

ITP = 5,23 · [(0,6 / tg 67°)2 + 2,52 +2,5 · 4 · 0,6 /tg 67°] / 36 · (2,5 + 0,6 / tg 67°) = 95,3 м4

lD7 = lC7 + IТР /( lC7 · S7);

lD7 = 3,3 + 95,3 / (3,3 · 7,16) = 7,3 м

Определяем силу Р8 , приложенную к днищу кормовой секции:

Р8 = ρg · hС8 ·S8 , Н

hC8 = h = a – z1

hC8 = 5,8 – 0,6 = 5,2 м2

S8 = T · k ;

S8 = 5,4 · 2,5 = 13,5 м2

Р8 = 1000 · 9,81 · 5,2 · 13,5 = 688,7 кН

Центр давления силы Р8 :

lD8 = h

lD8 = 5,2 м



**Расчет величины полезного груза, размещаемого в плавучем доке при частичном заполнении камеры водой:**

Грузоподъемность – максимальная масса груза, который поднимает док. Вес поднимаемого полезного груза определяется по формуле:

Р = Р-G, Н



где Р = ρgV;



G = mg

где Р – выталкивающая сила, равная весу воды, вытесненной пустой камерой



дока, Н

G – собственный вес дока, кг

V – объем вытесненной воды, м



Объем погруженной в воду части дока определяется по формуле:

V = ST, м



S = S+S+S+S



где S – площадь кормовой части дока, м²



S – площадь рабочей секции дока, м²



S – площадь переходной секции дока, м²



S – площадь носовой секции дока, м²



S = [k- (z/tgβ) + z/tgβ] · z/2



z = a-z-z ;



z = 5,8-0,6-0,4 = 4,8 м

S = [2,5- 0,4/tg67°+0,6/tg67°] · 4,8/2 = 6,2 м²



S = z·L ;



S = 4,8·55 = 264 м²



S = z·c-[(a- z-2R)/2] · (a- z-2R)/tgα ;



S = 4,8·3,5-[(5,8-0,4-2·1,3)/2] · (5,8-0,4-2·1,3)/tg42° = 14,3 м²



S = (πR²/4)+R(R-z)+[(R²- πR²/4)/2]- z·(R·z-R)/2 ;



S = (3,14·1,3²/4)+1,3·(1,3-0,6)+[(1,3²-3,14·1,3²/4)/2]-0,6·(1,3·4,8-1,3)/2 = 3,21 м²



S = 6,20+264+14,3+3,21 = 287,71 м²

V = 287,71·5,8 = 1668,72 м³



G = 900000·9,81 = 8829 кН

Р = 1000·9,81·1668,72 = 16370,14 кН



Р = 16370,14 – 8829 = 7541,14 кН



MГР = Pтр / g

MГР = 7541,14 / 9,81 = 768,72 кг.

M 1:500



**Литература**

1. «Расчет нагрузок на элементы конструкции докового типа»

метод. Указание, Н.Н., ННГАСУ

2. Р.Р. Чугаев «Гидравлика» - Л. Энергоиздательство 1982г. – 572стр.

3. СТП ННГАСУ 1 – 1 – 98 Основные надписи

4. СТП ННГАСУ 1 – 2 – 98 Титульный лист

5. СТП ННГАСУ 1 – 4 – 98 Пояснительная записка

6. СТП ННГАСУ 1 – 6 – 98 Расчет